

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

**Gidravlika
fanidan laboratoriya ishlari bo‘yicha
USLUBIY KO‘RSATMA**



**5310100 – ENERGETIKA (“Gidroenergetika”)
Ta‘lim yo‘nalishi uchun**

Toshkent 2017

Tuzuvchi: Nizamov O.X., Shodibekova F.T.

“Gidravlika” fanidan laboratoriya ishlari bo‘yicha uslubiy ko‘rsatma.- Toshkent; ToshDTU, 2017. 62 b.

Bu uslubiy ko‘rsatma talabalarga gidravlikaning asosiy qonunlarini tushunishga, hamda “Gidravlika” kursidan olgan nazariy bilimlarini mustahkamlashga yordam beradi.

Uslubiy ko‘rsatma–Energetika (“Gidroenergetika”) ta’lim yo‘nalishidagi talabalariga hamda boshqa ixtisosliklar uchun “Gidravlika va gidromashinalar”, “Gidroenergetik inshootlar” fanini o‘rganadigan talabalariga ham mo‘ljallangan.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar: S.X.Maxkamov- Toshkent arxitektura qurilish instituti dotsenti, t.f.n.

Q.S.Djarayev -Toshkent davlat texnika universiteti
“Gidravlika va gidroenergetika” kaf.

1 - Laboratoriya ishi

Pyezometr va to'liq bosim chizig'ini chizish

Ishning maqsadi.

- 1 Tajribada potensial va kinetik energiyalarining Bernulli tenglamasi asosida o'zgarishini tekshirish.
- 2 Pyezometr va to'liq bosim chizig'ini chizish.
- 3 Bosim yo'qolish h_w kattaligini topish.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Bernulli tenglamasi barqaror suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonuni ko'rsatadi. Suyuqliklarning barqaror harakati fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim o'zgarmaganda kuzatiladi. Bernulli tenglamasi ixtiyoriy ikki kesim uchun solishtirma holat, potentsial va kinetik energiyalarining o'zgarishini ko'rsatadi va quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}}$$

Solishtirma energiya deb bir og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiya miqdoriga aytiladi.

Bernulli tenglamasining har bir hadi geometrik va energetik mazmunlarga ega.

Energetika mazmuni:

Z_1 va Z_2 – birinchi va ikkinchi kesim uchun tegishli og'irlik bilan ifodalanuvchi solishtirma holat energiyasi;

$\frac{P_1}{\rho g}$ va $\frac{P_2}{\rho g}$ – ikkala kesimga tegishli bosim bilan ifodalanuvchi solishtirma energiya;

$\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}$ va $\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$ – ikkala kesimga tegishli solishtirma kinenik energiya;

α_1 va α_2 – Koriolis ko'effitsiyenti yoki birinchi va ikkinchi kesimlarda tezlikning notekis tarqalganini hisobga oluvchi ko'effitsiyentlar;

h_w – Shu ikki kesimda bosim yo'qolishi.

Real suyuqliklarning barqaror harakatida uchta solishtirma energiyalarning yig'indisi to'liq solishtirma energiyaga teng va E_t bilan belgilanadi:

$$E_t = Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot V^2}{2g}$$

Geometrik mazmuni:

Z_1 va Z_2 – geometrik balandlik – ikkala kesim og'irlik markazi qiyoslash tekisligi ("0 - 0") dan qancha balandlikda turishini ko'rsatadi;

$\frac{P_1}{\rho g}$ va $\frac{P_2}{\rho g}$ – ikkala kesimdagi pyezometrik balandliklar;

$\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}$ va $\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$ - suyuqlikning tegishli kesimlardagi tezlik bosimi balandligi.

Bernulli tenglamasida bu uchta balandlik yig'indisi suyuqlikning to'liq bosimi deyiladi va H bilan balandligi:

$$H_t = Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot V^2}{2g}$$

Real suyuqliklar harakat qilayotganda ikki ishqalanish kuchi ta'sirida gidravlik qarshilik mavjud bo'ladi. Bu gidravlik qarshilikni engish uchun ma'lum miqdorda suyuqlik o'z energiyasini yo'qotadi. Birinchi va ikkinchi kesimlar oralig'ida yo'qotilgan energiya (bosim) to'liq solishtirma energiyalar (bosimlar) ayirmasiga teng.

$$h_{w1-2} = E_1 - E_2 \text{ yoki } h_{w1-2} = H_1 - H_2$$

To'liq solishtirma energiya harakat o'qi bo'yicha o'zgarishini to'liq bosim chizig'i orqali ifodalanadi. Bu chiziq uchta solishtirma energiya yig'indisi orqali quriladi:

$$E_t = Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot V^2}{2g}$$

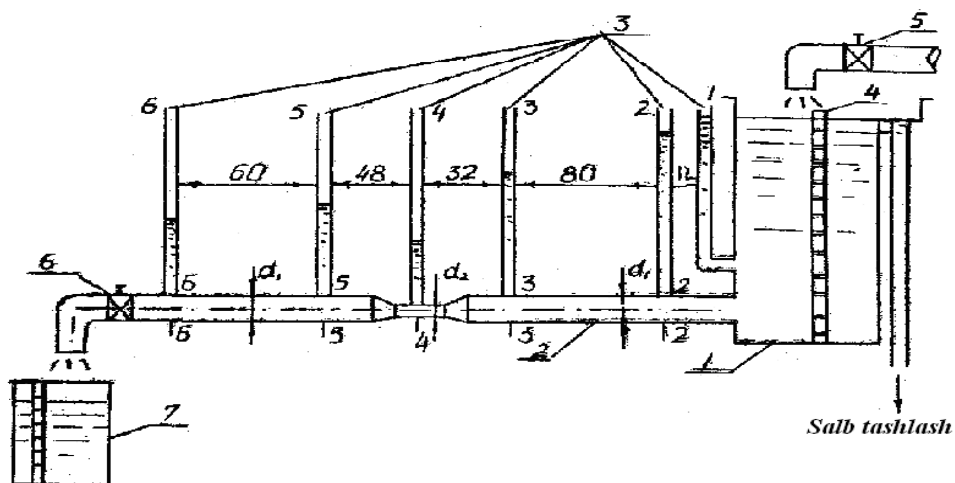
Pyezometr chizig'i Bernulli tenglamasining ikki hadi yig'indisi orqali quriladi va solishtirma potentsial energiya o'zgarishini ko'rsatadi:

$$H_{pot} = Z + P/\rho g$$

Gidravlikaning eng muhim tenglamalaridan biri Bernulli tenglamasi bo'lib, u gidravlikaning ko'pgina amaliy masalalarini yechishda qo'llaniladi.

Laboratoriya qurilmasining tasviri (1.1-rasm).

Qurilma bosimli bak (1) va har xil kesimli trubadan (2) iborat. Bak (1) tashqi trubadan jo'mrak (5) orqali to'ldiriladi. Oqova nav (4) yordamida -bakdagi suvning trubada barqaror harakat qilishini ta'minlaydi. 2-trubada suv sarfi Q o'zgarishi 6-jo'mrak orqali rostlanadi. 1-bakka va 2-trubaga pyezometrlar (3) ulangan. Pyezometrlarning "O" nuqtasi 2 trubaning o'q kesimiga to'g'rilangan. Suvning sarfini hajmiy usulda, maxsus darajalangan idish (7) yordamida sekundomer orqali o'lchanadi.



1.1-rasm. Pyezometr va to'liq bosim chizig'ini aniqlovchi sxemasi

Tajribani bajarish tartibi

Ishni bajarish uchun 5-jo'mrak ochilib bak (1) to'ldiriladi. 6-jo'mrak yordamida trubada (2) suvning barqaror harakatiga erishiladi. Bu pyezometrlarda suv sathining o'zgarmasligi orqali amalga oshiriladi. Keyin darajalangan idishga (7) tushayotgan suv hajmi W ma'lum vaqt t orqali aniqlanadi. Shu vaqt ichida pyezometrlarning ko'rsatkichi ham yozib olinadi. O'lchash natijalari 1.1- jadvalga yoziladi.

Qiyosiy tekislik (0-0) uchun stolning gorizontal tekisligini qabul qilish mumkin. Solishtirma holat energiyasi Z – trubaning oqidan stol tekisligigacha bo'gan balandlikka teng bo'ladi.

1.1-jadval.

Tajr. №	Pyezometrlarning ko'rsatishi						Hajm	Vaqt	Sarf
	$\frac{P_1}{\rho g}$	$\frac{P_2}{\rho g}$	$\frac{P_3}{\rho g}$	$\frac{P_4}{\rho g}$	$\frac{P_5}{\rho g}$	$\frac{P_6}{\rho g}$	W	t	Q
	sm	sm	sm	sm	sm	sm	sm	s	sm $_{\frac{3}{5}}$
1.									
2.									

Tajriba natijalarini hisoblash

1. Har bir tajriba uchun suv sarfi Q darajalangan idish hajmi W va vaqti t orqali topiladi.

$$Q = \frac{W}{t}$$

2. Suv harakatining trubadan oqishdagi o'rtacha tezligi oqim kesimi uchun W hisoblanadi:

$$V = \frac{Q}{w}$$

3. Har bir oqim kesimi uchun solishtirma potentsial va kinetik energiyalar topiladi.

$$H_{\text{pot}} = Z + \frac{p}{\rho g}; \quad \text{va} \quad H_{\text{kin}} = \frac{\alpha \cdot V^2}{2g}.$$

4. To'liq solishtirma energiyaning kattaligi solishtirma potentsial va kinetik energiyasiga teng:

$$E_t = Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot V^2}{2g}$$

Biron tajriba asosida hisoblash natijasiga ko'ra truba uzunligi bo'yicha pyezometr va to'liq bosim chizig'i ko'riladi.

Gidravlik yo'qotish h_w har bir harakat kesimi uchun to'liq solishtirma energiyalarning farqi ko'rinishida aniqlanadi:

$$hw_i = E_1 - E_i,$$

bunda E_1 – 1-harakat kesimidagi to'liq solishtirma energiya;

E_i – i – ta harakat kesimidagi to'liq solishtirma energiya ($i=2\dots6$).

Hisoblash natijalari 1.2- jadvalga yoziladi

№	Hisoblash kattaliklari	O'l chov birligi	Harakat kesimining soni					
			1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Truba dia-metri , D	sm	-	5,2	5,2	2,6	5,2	5,2
2	Kesim yuzasi, ω	sm ²						
3	O'rtacha tezlik, V	sm/s	1					
4	Solishtirma kinetik energiya E_k	sm	1 2					
5	Solishtirma potentsial energiya E_{nom}	sm	1 2					
6	To'liq solishtirma energiya E_t	sm	1 2					
7	Gidravlik yo'qotish h_w	sm	1 2					

Nazorat savollar

1. Bernulli tenglamasining geometrik mazmuni nimani bildiradi?
2. Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi qanday yoziladi?
3. Pyezometr va napor chiziqlari qanday chiziladi (ko'riladi)?
4. Suyuqlik sarfi va uning o'rtacha tezligi qanday topiladi?

2 - LABORATORIYA ISHI

VENTURI SUV O'LCHAGICHI

Ishning maqsadi

1. Tajribada Venturi suv o'lchagichining doimiysini topish
2. Suv o'lchagichning tajribada tarirovka grafigini ko'rish

Qisqacha nazariy ma'lumot

Hozirgi davrda suyuqlik sarfini va tezligini o'lchashning ko'p xillari mavjud. Hajmiy va og'irlik usuli. Venturi suv o'lchagichi, suv o'lchagich shaybalar, parrak, Pito naychasi va boshqalar. bu o'lchov

asboblarning ishlashi Bernulli tenglamasining amalda tadbiq qilinishiga asoslangan.

Venturi suv o'lchagichi maxsus trubadan suv o'tishiga asoslangan bo'lib, tuzilishi sodda. U ikkita bir xil diametrli $d_1 = 5,2$ sm trubadan tashkil topgan bo'lib toraygan va kengaygan diffusion hamda kichik diametrli d_2 patrubok orqali tutashtirilgan. Konussimon tarayib boruvchi trubaning kichik diametrik truba bilan tutashgan joyda qarshilikni kamaytirish uchun silliq tutashtiriladi.

Butunlay tutashtirilgan trubalar soplo deyiladi va har xil bosim hosil qilish uchun xizmat qiladi.

Pyezometrik naychalar trubaga va kichik diametrli patrubka ulanib, shu kesimlardagi bosimlar farqini ko'rsatadi. Gorizontal joylashgan trubalar uchun $Z_1=Z_2$. Unda pyezometrlar ulangan kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozib quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{P_3}{\rho g} + \frac{V_3^2}{2g} = \frac{P_4}{\rho g} + \frac{V_4^2}{2g}, \quad \text{yoki} \quad \frac{P_3}{\rho g} + \frac{P_4}{\rho g} = \frac{V_4^2}{2g} + \frac{V_3^2}{2g},$$

lekin
$$h = \frac{P_3}{\rho g} - \frac{P_4}{\rho g}, \quad \text{unda} \quad h = \frac{V_4^2}{2g} - \frac{V_3^2}{2g}.$$

Uzluksizlik tenglamasiga asosan:

$$V_3 = V_4 \cdot \frac{W_4}{W_3},$$

bu holda
$$h = \frac{V_4^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{W_4}{W_3} \right)^2 \right],$$

Bunda 4-4 kesimdagi tezlikni topamiz:

$$V_4 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{W_4}{W_3} \right)^2}}.$$

Unda suyuqlik sarfini quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = V_4 \cdot W_4 = W_4 \cdot \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{W_4}{W_3} \right)^2}}$$

Bu formula ideal suyuqlik uchun chiqarilgan. Real suyuqliklar uchun bu formulaga tuzatuvchi koeffitsiyent m kiritiladi:

$$Q = m_4 \cdot w_4 \cdot \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{W_4}{W_3} \right)^2}}$$

m – koeffitsiyenti turli suv o‘lchagichlar uchun turlicha bo‘ladi.

Hisoblashlarda suv sarfi odatda ushbu soddalashgan formulalardan topiladi:

$$Q = c \cdot \sqrt{h},$$

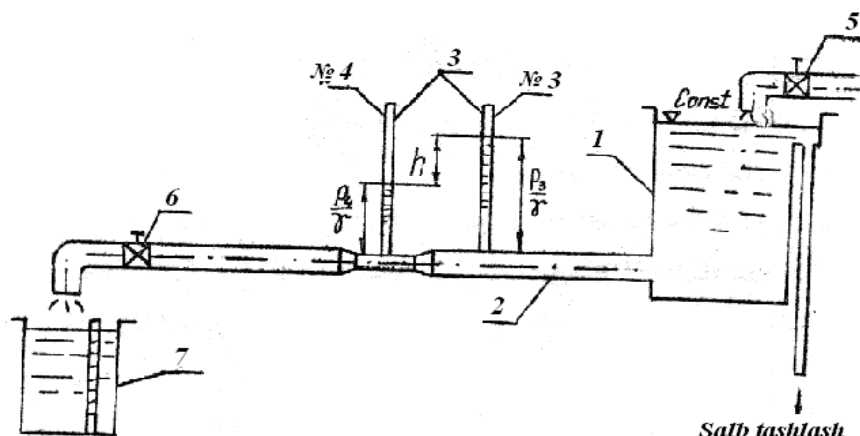
bunda c – suv o‘lchagichning doimiysi deb ataladi va uning kattaligi har bir suv o‘lchagich uchun ushbu formuladan topiladi

$$C = Q / \sqrt{h},$$

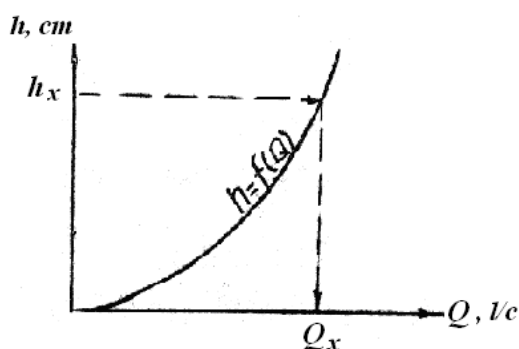
Standart tayyorlangan suv o‘lchagichlari uchun C koeffitsiyenti qo‘llanmalarda beriladi. Ularni tajribada tarirovka qilish yo‘li bilan topiladi.

Laboratoriya qurilmasining tasviri (2.1-rasm)

Qurilma bak (1) va trubadan (5) tashkil topgan. Trubaning oxirigi 6-jo‘mrak o‘rnatilgan. Trubaning o‘rta qismiga Venturi suv o‘lchagichi ulangan. Truba va o‘lchagichning 3-3 va 4-4 kesimlariga 3 va 4 pyezometr naychalari ulangan. Rasmda darajalangan idish (7) tashqi trubaning jo‘mragi (9) ko‘rsatilgan.



2.1-rasm. Laboratoriya qurilmasining tasviri



2.2-rasm. $h = f(Q)$ egri chizig‘i

Tajribani bajarish tartibi

1. Bak (1) to'ldiriladi.
2. Jo'mrak (6) ochiladi va ma'lum suv sarfi uchun pyezometrlardagi bosim $P_{3/\rho g}$ va $P_{4/\rho g}$ yozib olinadi. Tajriba 5....6 marta har xil suv sarfi uchun bajariladi.
3. Suv sarfi – darajalangan idishga (7) ma'lum vaqt t ichida oqib tushgan suv hajmi W orqali topiladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

1. Suv sarfi topiladi: $Q = w/t$
 2. Pyezometr naychalaridagi (3 va 4) bosimlar farqi aniqlanadi.

$$h = P_{3/\rho g} - P_{4/\rho g}$$
 3. Suv o'lchagichning doimiysi C hisoblanadi: $C = Q/\sqrt{h}$.
- Tajribadagi o'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

2.1-jadval

№	O'lchashlar				Hisoblashlar			
	W	t	$P_{3/\rho g}$	$P_{4/\rho g}$	Q	h	C	$C_{o'rt}$
	sm	s	s	sm	sm^3/c	sm	$sm^{0.5}/c$	$sm^{0.5}/c$

Tajriba natijalariga ko'ra Vodomerning tarirovka grafigi $Q = f(h)$ quriladi

Nazorat savollar

1. Venturi suv o'lchagichi nimadan iborat?
2. Hidravlikaning qanday tenglamalari orqali suv sarfi Venturi suv o'lchagichi uchun chiqarilgan?
3. Tajribada suv o'lchagichning doimiysi qanday hisoblanadi?
4. Nima maqsadda vodomerni uchun tarirovka grafigi quriladi?

3- LABORATORIYA ISHI

SUYUQLIKLAR OQIMI HARAKATINI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi

1. (Yumaloq) trubada oqayotgan suyuqlikning laminar va turbulent harakatini kuzatish.
2. Laminar va turbulent harakatlarni farqlaydigan Reynoldo sonini tajribada aniqlash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Oqim tezligining katta-kichikligiga qarab suyuqlik zarrachalari tartibli yoki tartibsiz harakat qiladi. Bu harakatlar asosan ikki xil bo'ladi: laminar va turbulent harakat. Suyuqlik oqimi laminar harakat vaqtida qavat-qavat bo'lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi. Shuning uchun laminar harakatning bunday tartibi parallel oqimchali yoki tinch harakat deb ham ataladi. Bu harakat oqim tezligi kichik va kesim yuzasi unga katta bo'lmagan hollarda, hamda katta qovushqoqlikka ega suyuqlik (neft, mazut, yog' va boshqalar) oqimida kuzatiladi.

Agar suyuqlikning tezligini oshirib borilsa, laminar harakat tartibi o'zgaradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o'tgandan keyin ko'ndalang yo'nalishda ham harakat qila boshlaydi. Oqimning tezligi juda oshib ketsa suyuqlik zarrachalari bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Suyuqlikning bunday oqimi turbulent harakat deyiladi. Amaliy injenerlik ishlarida bu harakatga suvning oqimi va kam qovushqoqlikka ega suyuqliklar (kerosin, benzin, spirt va boshqalar) ning harakati misol bo'la oladi.

Suyuqliklar harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O.Reynoldo tajribada tekshirgan va 1883 yil tajriba natijalarini e'lon qilgan.

Suyuqlikning harakati o'lchovsiz miqdor – Reynoldo soni Re bilan topilgan. Buson suyuqliklar uchun oqim tezligi bilan tuba diametri d (agar silindrik tuba bo'lsa) ko'paytmasining qovushqoqlik koeffitsiyentiga ν nisbatidan iborat bo'ladi.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu},$$

Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishi Reynolde sonining ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va Reynolds kritik soni Re_{kp} deb ataladi. Agar oqimni juda silliq trubalarda har qanday turtki va tebranishlardan xoli bo'lgan sharoitda tekshirilsa, silindrik trubalar uchun $Re_{kp}=2320$ bo'ladi.

Tajriba qurilmasining tasviri. (rasm-3.1)

Tajriba qurilmasi bakdan (1) va shisha truba (5) dan iborat. Bakka tashqi vodoprovod tarmog'idan (2) suv to'ldiriladi. Oqova nov

(4) hamda tinchlantiradigan panjara (3) yordamida bakda suvning sathi bir tekisda ushlab turiladi $V=const$ va bu trubada oqimning barqaror bo'lishini ta'minlaydi. Shisha truba (5) ning oxirgi qismiga jo'mrak yordamida suvning oqim tezligi rostlanadi.

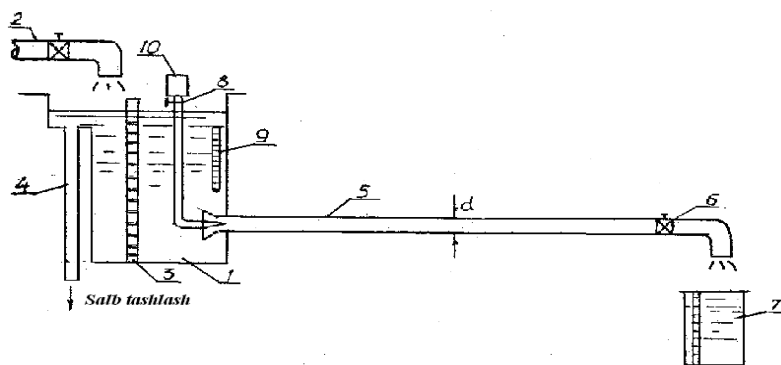
Undan tashqari, tajriba qurilmasi qo'shimcha rangli suyuqlik solingan idishga ega. Tajribani bajarish vaqtida rangli suyuqlik harakati jo'mrak (8) orqali rostlanadi va trubaga quyiladi. Bakda suvning temperaturasi aniqlash uchun termometr (9) joylashtirilgan. Suv sarfi Q tajriba o'tkazish vaqtida darajalangan bak (7) orqali o'lchanadi.

Tajribani bajarish tartibi

Bakdagi (1) suv sathi o'zgarmas bo'lganda tajriba o'tkazishga kirishiladi. Buning uchun jo'mrak (6) ochiladi, trubada kichik oqim tezligiga erishiladi va 8-jo'mrak yordamida rangli suyuqlik trubadagi suvga uyboriladi. Suyuqlik oqim tezligi kichik bo'lgani uchun rangli suyuqlik ingichka chiziq bo'lib, suv bilan aralashmasdan harakat qiladi. Bu holda oqimni laminar harakat deyish mumkin.

Agar jo'mrakni (6) kattaroq ochilsa, oqim tezligi oshadi va suyuqlik o'zgara boshlaydi. Oldiniga rangli suyuqlik egri-bugri chiziq bo'yicha harakatlanib, laminar harakat beqaror bo'ladi. Oqim tezligi yanada oshirilsa, rangli suyuqlikni ko'rish qiyinlashadi, chunki bu holda laminar harakat butunlay turbulent harakatga o'tadi.

Har bir harakat uchun tajriba davomida suvning temperaturasi: darajalangan bakdagi suvning hajmi W va unga ketgan vaqt t o'lchanadi.



3.1-rasm. Tajriba qurilmasining tasviri

Tajriba narijalarini hisoblash

1. Suvning qovushqoqlik kinematik koeffitsiyenti ν temperaturaga bog‘liq holda quyidagi empirik formula yordamida topiladi:

$$\nu = \frac{0,0178}{1 + 0,00337 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2},$$

yoki 3.1- jadvaldan olinadi

3.1-jadval

Temperatur a t °C	0	5	10	15	20	25
$\nu \text{ cm}^2/\text{c}$	0,01 73	0,015	0,01 31	0,01 14	0,010 2	0,00 90

2. Suv sarfi hisoblanadi

$$Q = w/t$$

W – darajalangan bakdagi suv hajmi;

t – darajalangan bakdagi suv hajmiga ketgan vaqt.

3. Suv oqimining o‘rtacha tezligi

$$v = \frac{Q}{W}, \quad W = \frac{\pi d^2}{4} \cdot$$

W – trubaning kesim yuzasi;

d – trubaning diometri.

4. Har bir tajriba uchun Reynolds soni Re topiladi.

Tajribadagi o‘rtacha va hisoblash natijalari quyidagi 3.2- jadval- ga yoziladi.

3.2-jadval

	O'lchashlar		Hisoblashlar				O'zgarma kattaliklar
	Suv hajm	Vaqt	suv sarfi	o'rtach a	Re	Oqim harakati	
№	sm ³	s	sm ³ /c	sm/c	-	-	
1	2	3	4	5	6	7	8
1							d=2,6 sm
2							

Nazorat savollar

1. Suyuqliklarning laminar va turbulent harakatini gapirib bering?
2. Qanday kritik son orqali suyuqlik harakatlari aniqlanadi?
3. Suyuqliklarning qovushqoqligi nimalarga bog'liq bo'ladi?
4. Tajribada suv hajmi va tezlikni topishni tushuntiring?

4 - LABORATORIYA ISHI

GIDRAVLIK YO'QOTISH KOEFFITSIYENTINI TRUBA UZUNLIGI BO'YICHA ANIQLASH

Ishning maqsadi

1. Tajribada gidravlik yo'qotish koeffitsiyentini topish.
2. Suvning oqim harakatini va qarshiliklar sohasini aniqlash; Har bir qarshiliklar sohasi ushun gidravlik yo'qotish koeffitsiyentini hisoblash.
3. Gidravlik yo'qotish koeffitsiyentining tajriba va nazariy kattaliklarini taqqoslash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Gidrodinamikaning asosiy masalalaridan biri real suyuqliklar uchun bosimning kamayishini aniqlashdir. Trubalardan suyuqlik oqqanda bosimning kamayishi ishqalanish qarshiligi va mahalliy qarshilikka bog'liq bo'ladi. Trubada suyuqlik barqaror harakatlanganda bosim kamayishi Darsi-Beysbax formulasidan topiladi:

$$h_e = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g},$$

bunda h_e – uzunlik bo'yicha yo'qotilgan bosim;

l – trubaning uzunligi;

d – trubaning diametri;

v – suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi;

λ – truba uzunligida gidravlik yo'qotish koeffitsiyenti.

Ishqalanish qarshiligi real suyuqliklar ichki qarshiligiga bog'liq va trubalarning butun uzunligi bo'yicha ta'sir qiladi.

Truba uzunligi bo'yicha bosim yo'qotilishi suyuqlikning laminar va turbulent harakatiga, trubaning materialiga bog'liq bo'ladi. Laminar harakat vaqtida truba devorlarining g'adir-budirlik bosim yo'qotilish kattaligiga ta'sir qilmaydi.

Suyuqlikning turbulent harakatida truba devori yaqinida laminar oqim qavati hosil bo'ladi. Bu laminar qavat Reynolds soniga bog'liq va uning ortishi bilan kamayadi. Laminar qavat bilan o'tkinchi zona birgalikda chegara qavat beyiladi. Laminar qavat qalinligi millimetrlarda o'lchanadi va δ bilan belgilanadi hamda Reynolds soniga bog'liq bo'ladi.

G'adir-budirlikni xarakterlash uchun truba devoridagi do'nliklarning o'rtacha balandligi qabul qilingan, u absolyut g'adir-budurlik deb ataladi va Δ bilan belgilanadi. Agar absolyut g'adir-budurlik laminar chegara qavatning qalinligidan kichik bo'lsa, ya'ni $\Delta < \delta$ bunday trubalar deyiladi. Agar Δ laminar chegara qavat qalinligi δ dan katta bo'lsa, ya'ni $\Delta > \delta$ bu trubalarga g'adir-budur trubalar deyiladi.

Reynolds sonining kichikroq qiymatlarida gidravlik silliq trubalarni Re – ning ortishi bilan “g'adir-budur” truba sifatida qaraladi. U holda absolyut g'adir-budurlik truba devorining oqimi harakatiga ta'sirini to'liq ifodalay olmaydi. Bularni hisobga olish maqsadida o'xshashlik qonunlarini qanoatlantiradigan va oqim gidravlikasiga g'adir-budurlikning ta'sirini to'laroq ifodalaydigan nisbiy g'adir-budurlik tushunchasi kiritiladi va u quyidagicha aniqlanadi.

$$\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{d}$$

bunda d – trurba diametri.

4.1-rasmda gidravlik yo'qotish koeffitsiyenti “g'adir-budurlik” va Reynolds soni Re – ga bog'liqligi tabiiy g'adir-budurlikli trubalar uchun keltirilgan.

Bu grafikda (jadvalda) bizning va xorijiy mamlakatlar olimlarning tajriba natijalari umumlashtirilgan, hamda $\bar{\Delta} = 0,050 \dots 0,000005$ va $Re = 3,5 \cdot 10^7$. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, λ va Re bog‘lanishi sohasida uchta zona mavjud.

1. Birinchi zona laminar tartib zonasi – I chiziq (4.1-rasm).
2. Ikkinchi zona turbulent tartibga to‘g‘ri keladi – II to‘g‘ri chiziq (4.1-rasm).
3. Uchinchi zona I va II to‘g‘ri chiziqlar oralig‘ida joylashgan bo‘lib o‘tkinchi zona deyiladi.

Bu grafikka asosan turbulent tartib uchta qarshilik zonasiga bo‘linadi.

1. Gidravlik silliq truba zonasi – II chiziq

Bu zonaning yuqori chegarasi Reynoldsning birinchi darajali sonidan topiladi:

$$Re > Re' = \frac{10}{\Delta}$$

Bu zonada:

- a) h_e – o‘rtacha tezlikka ($v^{1,75}$) truba uzunligi bo‘yicha to‘g‘ri proportsional;
- b) h_e – uzunluk bo‘yicha g‘adir-budurlikka bog‘liq emas, chunki $\delta > \Delta$
- v) λ – Reynolds soniga bog‘liq va Blazius formulasidan topiladi:

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$$

2. Oldingi kvadrat qarshilik zonasi

Grafikda (4.1-rasm) bu zona II va III chiziqlar oralig‘ida joylashgan va quyidagi shart bo‘yicha aniqlanadi.

$$Re' < Re < Re'' = 500/\bar{\Delta}.$$

Bu zonada

- a) h_l – uzunlik bo‘yicha oqimning o‘rtacha tezligi $1,75 \dots 2$ ko‘rsatkichiga to‘g‘ri proportsional/ $v^{1,75-2}$
- b) h_l – uzunluk bo‘yicha “g‘adir-budurlikka” va Reynolds soniga bog‘liq

$$\delta > \Delta$$

- v) λ – ni hisoblash uchun ko‘proq Altshul A.D. formulasi qo‘llaniladi:

$$\lambda = 0,11 \left(\bar{\Delta} + \frac{6B}{Re} \right)^{0,25}$$

3. Kvadrat qarshilik sohasi

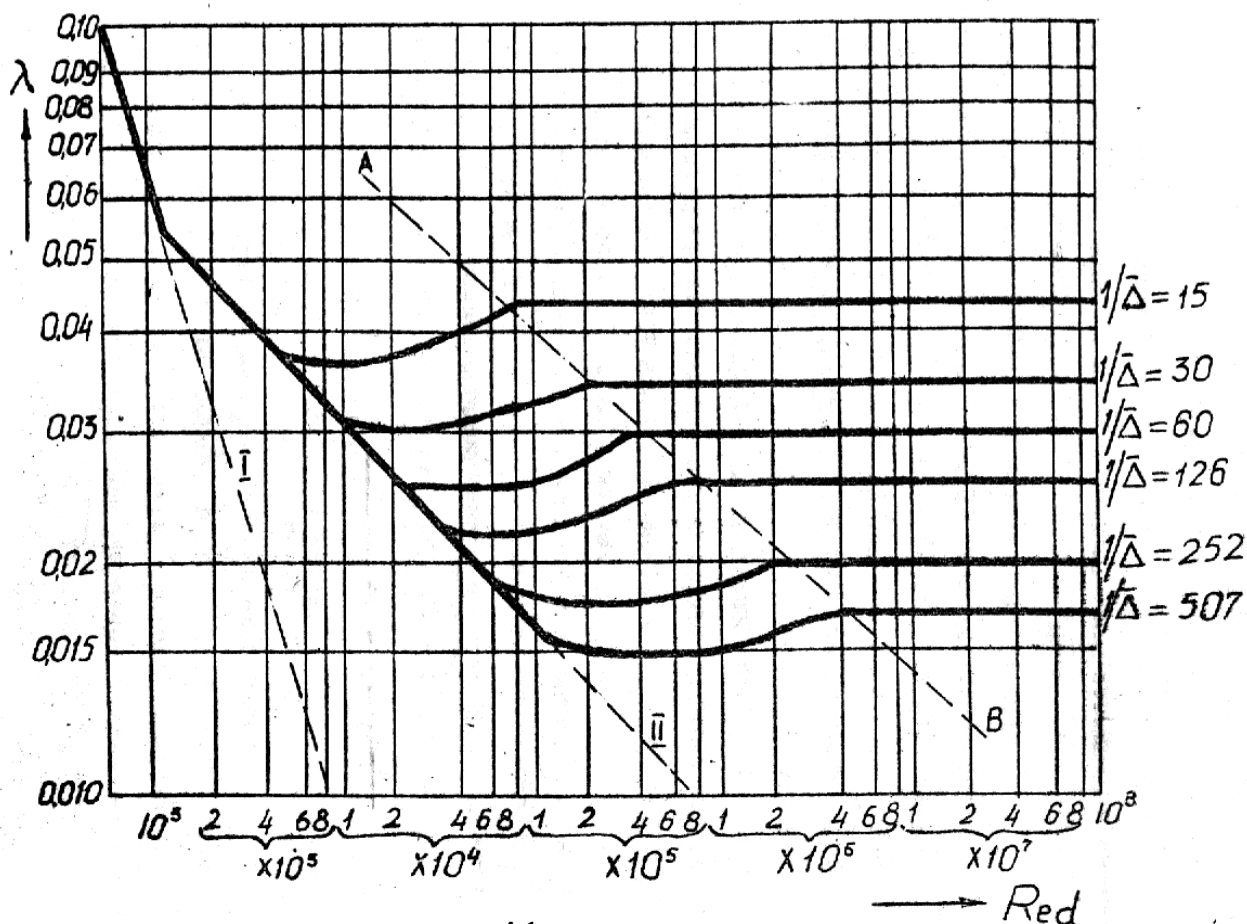
Grafikda bu zona III chiziqlarning o'ng tomonidan joylashgan va $Re > Re^{II}$ shart bajariladi.

Bu zonasida:

a) h_l – uzunlik bo'yicha V_{cp}^2 – ga to'g'ri proportsional;

b) λ – Reynolds soniga bog'liq emas;

$$\delta > \Delta$$



4.1 -rasm.

v) λ – faqat nisbiy g'adir-budurlikka bog'liq va Shifrinson formulasidan topiladi:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{\Delta} \right)^{0,25}$$

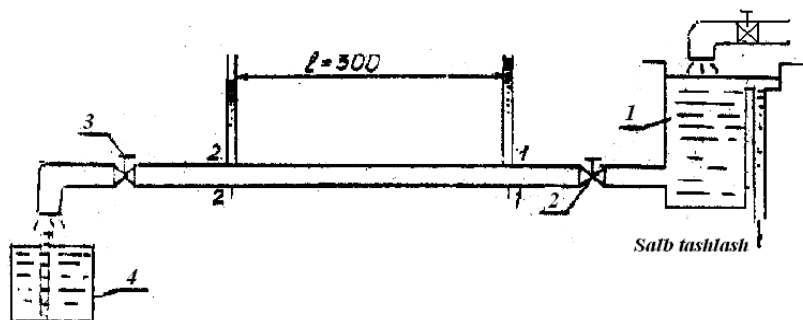
Tajriba qurilmasining tasviri (4.2-rasm)

Tajriba qurilmasi bakdan (1) va unga ulangan trubadan (5) iborat. Trubaning to'g'ri joyining uzunligi $l = 175$ sm. Shu to'g'ri joyining boshlanish va oxirgi qismiga pyezometrlar ulangan. Bakda oqova nov

qilingan va sathi bir tekisda ushlab, turiladi $\nabla = \text{const}$. Trubaning oxirgi qismida darajalangan bak (4) o'rnatilgan. Suv sarfini trubada rostlash uchun ikkita jo'mrak (2) va (3) o'rnatilgan.

Tajribani bajarish tartibi

Tajriba boshlashda jo'mrak (2) ixtiyoriy ravishda ma'lum kattalikka ochiladi. 3-jo'mrakning ochilishiga qarab, biz suyuqlikning trubada o'rtacha tezligini o'zgartiramiz. Bu tajribada har-xil Reynolds sonini kuzatishga (olishga) yordam beradi. Trubada suyuqlikning barqaror harakatiga erisholganda, pyezometrlarning ko'rsatkichlari yozib olinadi va 4-bakdagi suv hajmi vaqtga qarab o'lchanadi. Bundan tashqari suvning temperaturasi ham aniqlanishi kerak. Tajriba kamida uch marta o'tkazilishi kerak – bunda 3-jo'mrak har xil kattalikda ochiladi.



4.2-rasm. Qurilma sxemasi

Tajriba natijalarini hisoblash.

Bosim yo'qotilishini aniqlashda ikkala kesim uchun 1-1 va 2-2 Bernulli tenglamasidan foydalaniladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2y} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_2^2}{2y} + h_{w_{1-2}},$$

agar $Z_1 = Z_2$ va $V_1 = V_2$ bo'lsa,

$$h_{w_{1-2}} = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{P_2}{\rho g}$$

Qiyoslash tekisligi 0-0 ni trubaning o'qidan o'tgan deb faraz qilamiz.

2. Trubadagi suv sarfi Q va oqimning o'rtacha tezligi hisoblanadi.

$$Q = \frac{w}{t}, \quad V = \frac{Q}{w}.$$

3. Tajriba natijalariga ko‘ra Veysbax-Darsi formulasi bo‘yicha λ topiladi:

$$\lambda = h_e \frac{d}{l} \cdot \frac{2g}{v^2}$$

4. Qarshiliklar zonasini aniqlash uchun Reynolds soni hisoblab topiladi:

$$Re = v \cdot d / \nu; Re' = 20 / \bar{\Delta}; Re'' = 500 / \bar{\Delta}$$

5. λ – ning nazariy qiymatini topish uchun har bir qarshiliklar zonasiga to‘g‘ri keladigan formulalar aniqlanadi.

6. Tajribadagi o‘lchash va hisoblash natijalari 4.1-jadvalga yoziladi.

4.1-jadval

№	O‘lchashlar				Hisoblashlar						O‘zgarma kattalik	
	P/γ	P/γ	W	t	h _e	Q	v	λ	Re	Qarshilik zonası	λ naz	Ilova
	sm	sm	sm ³	s	sm	sm ³ /s	sm/s	-	-	-	-	
1												d=4sm
2												l=1,75 m

Nazorat savollar

1. Suyuqliklar harakatining qarshiliklar zonasini tushuntiring?
2. Qanday trubalar “silliq” yoki “g‘adir-budur” trubalar deyiladi?
3. Gidravlik yo‘qotish he tajribada va nazariy yo‘l bilan qanday topiladi?
4. Darsi koeffitsiyenti λ qanday topiladi?
5. Suv sarfi va tezlikni topish formulalarini yozing?

5 - LABORATORIYA ISHI

MAHALLIY QARSHILIKLARNI O‘RGANISH ISHNING MAQSADI

1. Tajribada mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining ξ_m kattaligini aniqlash.
2. Nazariy va tajriba yo‘li bilan topilgan mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentini o‘zaro taqqoslash.

Qisqacha nazariy ma'lumot

Mahalliy qarshilik suyuqlik harakat qilayotgan truba shaklining o'zgarishiga bog'liq bo'lib, tezlikning o'zgarishida paydo bo'ladi. Har qanday gidravlik tarmoqlarda (sistemada) mahalliy qarshiliklar uchraydi. Masalan: trubalarning kengayishi va torayishi, tirsaklar, oqim yo'nalishiga ta'sir ko'rsatadigan qurilmalar (kran, ventil va h.k.) lar bunga misol bo'la oladi.

Mahalliy qarshiliklar bosimning yo'qolishiga sabab bo'ladi va quyidagi formuladan hisoblanadi.

$$h_m = \xi_m \frac{v^2}{2g},$$

bunda: h_m – bosimning mahalliy qarshilikda yo'qolishi;

ξ_m – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti;

V – mahalliy qarshilik kesimidan keyingi oqimning o'rtacha tezligi

ξ_m – ning kattaligi mahalliy qarshiliklar xiliga, uning geometrik formalariga, nisbiy g'adir-budurlikka va Reynolds soniga bog'liq bo'ladi. Tajribalarning ko'rsatishicha ξ_m – ning Re bog'liqligi suyuqliklarning laminar harakatida kuzatilar ekan. Bu bog'liqlik

turbulent harakatda unchalik sezilarli emas, shuning uchun amaliy hisoblashlarda ξ_m – ning kattaligi bitta mahalliy qarshilik uchun o'zgarmas deb qabul qilinadi.

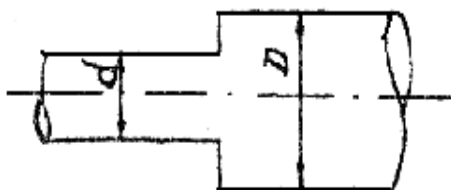
Mahalliy qarshilikning ayrim xillarini ko'rib chiqamiz:

1. Probkali (tqinli) kran. ξ_{kp} – kranning tashqi ko'rinishiga (shakliga), ochilish kattaligiga va tuzilishiga bog'liq bo'ladi. 5.1- jadvalda probkali kran ochilish burchagiga ξ_{kp} – ning bog'liqligi keltirilgan.

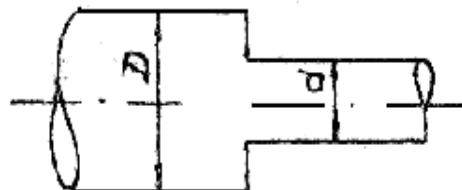
5.1-jadval

Ochilish burchagi	5^0	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	65^0
ξ_{kp}	0,05	0,029	1,56	5,47	17,3	52,6	206	485

2. Keskin kengayish (rasm- 5.1). Mahalliy qarshilikning bu turida $\xi_{k.k.}$ – koeffitsiyent kesimlarning o'zgarishiga bog'liq bo'lib kesimlar nisbati Ω/w qancha kichik bo'lsa, $\xi_{k.k.}$ shuncha katta bo'ladi.



5.1 -rasm.



5.2 -rasm.

Keskin kengayish vaqtida $\xi_{k.k}$ – nazariy qiymati quyidagi bog‘lanishdan topilishi mumkin.

$$\xi_{k.k} = \left(\frac{\Omega}{w} - 1 \right)^2,$$

bunda w – keskin kengayishgacha bo‘lgan kesim yuzasi;

Ω – kengayishdan keyingi yuza.

3. Keskin torayish (5.2-rasm)

Bu holda mahalliy qarshilik ko‘effitsiyenti $\xi_{k.t}$ – kesimlar o‘zgarishiga bog‘liq bo‘ladi va w/Ω ortishi bilan ortadi.

Keskin torayish uchun $\xi_{k.t}$ ushbu nazariy bog‘lanishdan hisoblanadi.

$$\xi_{k.t} = 0,5 \left(1 - \frac{w}{\Omega} \right)$$

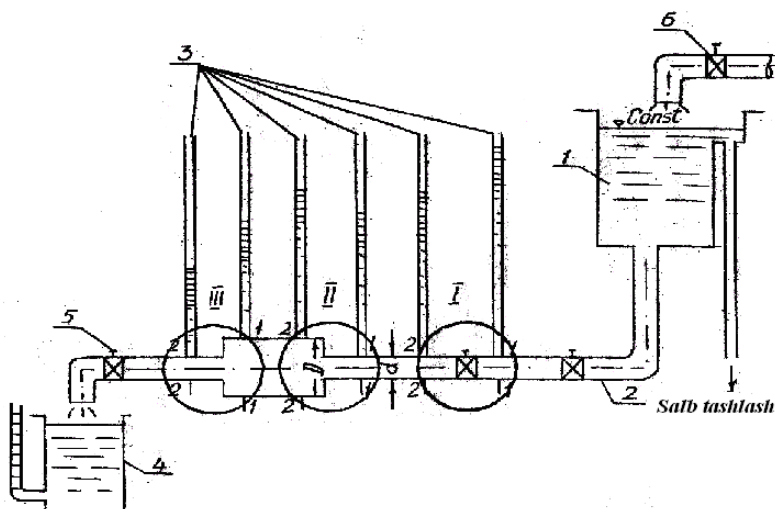
Tajriba qurilmasining tasviri (5.3rasm)

Qurilma bakdan (1) va trubadan (2) iborat. Bakdagi suv sathi oqova nov yordamida $\nabla = \text{const}$ da ushlab turiladi. Trubada kran (I), keskin kengayish (II) va keskin torayish (III) kabi mahalliy qarshiliklar bor. Har bir mahalliy qarshilik oldidan va undan keyin pyezometr naychalari (3) ulangan. Trubaning oxirgi tomonida darajalangan bak (4) o‘rnatilgan.

Tajribani bajarish tartibi

Trubada (2) ma‘lum miqdordagi suv sarfi jo‘mrak (5) yordamida qo‘yiladi. Trubada barqaror suyuqlik oqimi o‘rnatiladi. Keyin pyezometrlar ko‘rsatgichlari hamda ma‘lum vaqt t ichida darajalangan bakka (4) oqib tushayotgan suv hajmi W o‘lchanadi. Tajribada o‘lchash

natijalari 5.1-jadvalga yoziladi. Tajribani kamida uch marta kranning (5) har xil ochilishi bo'yicha o'tkaziladi.



5.3-rasm. Tajriba qurilmasining tasviri

Tajriba natijalarini hisoblash

1. Suv sarfi hisoblanadi: $Q = \frac{w}{t}$.

2. O'rtacha tezlik $v_b = \frac{Q}{\omega}$, $v_D = \frac{Q}{\Omega}$;

bu yerda d – trubaning kengayishgacha bo'lgan diametri;

D - trubaning kengayishdan keyingi diametrik.

3. Bosim kamayishini h_w har bir mahalliy qarshilik uchun Bernulli tenglamasi asosida topiladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}}$$

Bundan truba gorizontall joylashgani uchun $Z_1=Z_2$, u holda

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}}$$

Mahalliy qarshilik joylashgan trubaning ikkinchi qismida, bosimning kamayishi uzunlik bo'yicha juda ham oz, shuning uchun $h_{w_{1-2}} = h_m$ deb qabul qilish mumkin.

Unda
$$h_m = \left(\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} \right);$$

bu yerda $\alpha_1 = \alpha_2 = 1,0$,

yoki $h_v = E_1 - E_2$

[illegible]

Jo‘mrakning mahalliy qarshiligini topish

5.3-jadval

N_0	Q	V_d	h_{kp}	$\xi_{k,p}$	ξ_{cnpab}	
	$sm^{3/s}$	sm/s	sm	—	—	
1	2	3	4	5	6	7
1 2						

Keskin kengayishda mahalliy qarshilik koeffitsiyentini topish

5.4-jadval

N_0	Q	V_d	$\frac{\alpha V_D^2}{2g}$	V_D	$\frac{\alpha V_D^2}{2g}$	E_3	E_4	$h_{k,k}$	ξ_{kk}	$\xi_{k,k}^{o'rt}$	$\xi_{k,k}^{naz}$
	$sm^{3/s}$	sm/s	sm	sm/s	sm	s m	sm	sm	—	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 2											

Keskin torayishda mahalliy qarshilik koeffitsiyentini topish

5.5-jadval

N_0 N_0	Q	V_d	$\frac{\alpha \cdot v_D^2}{2g}$	V_D	$\frac{\alpha \cdot v_d^2}{2g}$	E_5	E_6	$h_{k,t}$	$\xi_{k,t}$	$\xi_{k,t}^{o'rt}$	$\xi_{k,t}^{naz}$
	$sm^{3/s}$	sm/s	sm	sm/s	sm	sm	sm	sm	—	—	—
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 2											

Nazorat savollar

1. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ_m nimalarga bog‘liq bo‘ladi?
2. Tarjimaga bosim yo‘qolishini har bir mahalliy qarshilik uchun aniqlashni tushuntiring?
3. Mahalliy qarshilikning amaliy kattaligini hisoblab toping?
4. Tajribadagi mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining nazariy formulalarini yozing?

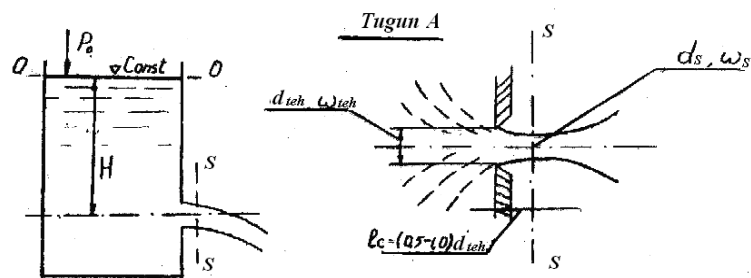
6 - LABORATORIYA ISHI

Yupqa devorli kichik teshikdan suyuqlik oqimini tekshirish

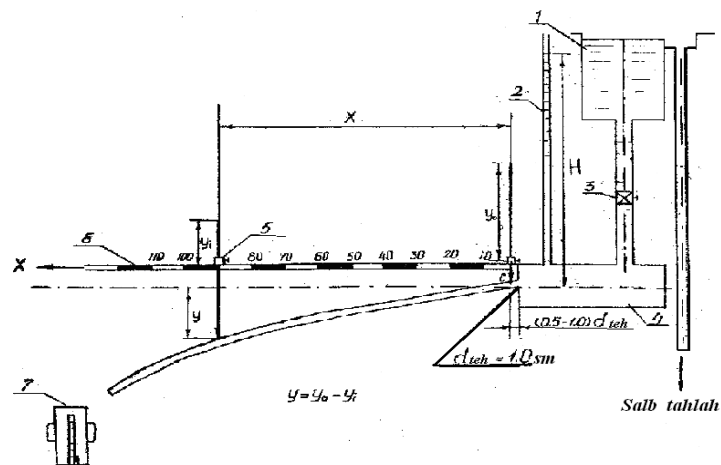
Ishning maqsadi

1. Tajribada suyuqlik yupqa devorli kichik teshikdan oqayotganda siqilish ε , tezlik φ , sarf μ hamda mahalliy qarshilik ko'effitsiyentini topish (6.1-rasm).

Agar idish qalinligi kichik teshikning ikkilangan diametridan kam bo'lsa ($\delta < 2d$) yupqa devorli idish deyiladi.



6.1- rasm. Teshik sxemasi



6.2-rasm. Suyuqlikning kichik teshikdan oqishi.

Suyuqlik teshikka uning atrofidagi hajmdan har tomonlama oqib kelgani uchun tezlik oshib boradi. Suyuqlik oqimi teshikka yaqinlashgan sari torayib boradi va bu jarayon suyuqlik teshikdan o'tgandan keyin ham inersiya kuchi ta'sirida ma'lum masofagacha davom etadi. So'ngra torayish to'xtab, oqim o'zgarmas kesimli shaklda harakat qiladi.

Oqimchaning torayishi taxminan $0,5 \dots 1,0 \cdot d_r$ masofada to'xtaydi (6.2-rasm). Oqimchaning torayishini hisoblash uchun siqilish koeffitsiyenti ε kiritiladi:

$$\varepsilon = \frac{\omega_s}{\omega_t}$$

bu yerda ω_s – oqimcha kesim yuzasi;

ω_t - teshik yuzasi.

Oqimcha tezligi toraygan kesimda ushbu formuladan topiladi.

$$V = \varphi \sqrt{2g \cdot H}$$

bu yerda $\varphi = \sqrt{1\mu + \xi_H}$ tezlik koeffitsiyenti bo'lib, amaliy va nazariy tezlik farqini ko'rsatadi.

Nazariy tezlik $V_{naz} = \sqrt{2g \cdot H}$ formuladan topiladi yoki

$$\varphi = V/V_{naz}$$

ξ_M – mahalliy qarshilik koeffitsiyenti. Tajriba yo'li bilan amaliy tezlikni topishda oqimchaning tushishi yo'li tenglamasidan ham foydalaniladi.

$$V = X \cdot \sqrt{\frac{g}{2Y}}$$

bunda “X” va “U” toraygan kesim yuzasiga to'g'ri keladigan va koordinata boshidan hisoblanadigan oqimchaning tekislikda ixtiyoriy nuqtasi uchun harakat yo'li.

Tezlik koeffitsiyenti φ bilgan holda mahalliy qarshilik koeffitsiyentini topish mumkin.

$$\xi_M = \frac{1}{\varphi^2} - 1$$

Yupqa devorli kichik teshikdan oqayotgan suv sarfi Q quyidagi formuladan topiladi.

$$Q = \mu \cdot \omega_r \cdot \sqrt{2gH}$$

bu yerda μ - sarf koeffitsiyenti, bu koeffitsiyent amaliy sarfning nazariy sarfga nisbatini ko'rsatadi, bunda qarshilik va siqilish koeffitsiyenti hisobga olinmaydi.

$$\mu = Q / Q_{naz} , \quad Q_{naz} = \omega_r \sqrt{2gH}$$

Tajribani bajarish tartibi

Pyezometr /2/ daraja ko'rsatkichiga qarab jo'mrak /3/ yordamida ixtiyoriy bosim hosil qilinadi. Shtangensirkul yordamida siqilgan oqimcha diametrik o'lchanadi. Darajalangan idishdagi suv hajmi W vaqtga t qarab aniqlanadi. Amaliy tezlikni hisoblash uchun “X” va

“U” koordinatalar topiladi. “X” koordinata shpitsenmasshtabning gorizontal reykadagi /6/ holatiga qarab olinadi. Gorizontal reyka “U” koordinata o‘qiga nisbatan “U₀” kattalikka siljigan, bu kattalik oqimchaning siqilgan kesimi o‘qidan hisoblanadi. Oqimchaning tik koordinata “U” bo‘yicha tushishi ham shpitsenmasshtab orqali aniqlanadi.

O‘lchash natijalari 6.1, 6.2 va 6.3- jadvallariga yoziladi.

Tajriba natijalarini hisoblash

1.Oqimchaning diametrik orqali siqilgan oqimcha kesimi yuzasi topiladi; $\omega_0 = \pi d_0^2 / 4$.

2.Siqilish koeffitsiyenti oqimchaning siqilish kesimi yuzasining kichik teshik kesimi yuzasiga nisbati orqali aniqlanadi: $\varepsilon = \omega_0 / \omega$.

3.Amaliy suv sarfi yupqa devorli kichik teshik uchun quyidagi formuladan topiladi: $Q = W/t$, m³/s.

4.Nazariy suv sarfi

$$Q_{naz} = \omega_T \cdot \sqrt{2gH}$$

5. Sarf koeffitsiyenti

$$\mu = \frac{Q}{Q_{naz}}$$

6.“y” koordinatasining haqiqiy qiymati ushbu formuladan topiladi

$$y = y_0 - y_i$$

bunda y₀ – oqimchaning koordinatasi, tajriba vaqtida o‘zgarmaydi.

7. Amaliy tezlikni topishda quyidagi formuladan foydalaniladi

$$V = X \sqrt{\frac{g}{2y}}$$

nazariy tezlik $V_{naz} = \sqrt{2gH}$

7. Tezlik koeffitsiyenti

$$\varphi = \frac{V}{V_{naz}}$$

8. Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti

$$\xi_H = \frac{1}{\varphi^2} - 1$$

Oqimchanning siqilish ko'effitsiyentini topish

6.1-jadval

N _o	d _c	W _c	E	E _{o'rt}	O'zgarmas kattalik
	sm	sm ²	-	-	
1	2	3	4	5	6
1 2					d _t = 1,1 sm

Sarf ko'effitsiyentini hisoblash

6.2-jadval

N _o	H	W	t	Q	Q _{naz}	μ	μ _{o'rt}	
	sm	sm ³	s	sm ³ /s	sm ³ /s	-	-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 2								

Tezlik va mahalliy qarshilik ko'effitsiyentini hisoblash

6.3-

jadval

N _o	H	X	U ₀	U _i	V	V _{naz}	φ	φ _{o'rt}	ξ _M
	sm	sm	sm	sm	sm ³ /s	sm ³ /s	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 2									

Nazorat savollar

- 1.Yupqa devor va kichik teshikni tushuntiring?
- 2.Siqilish, tezlik, sarf va mahalliy qarshilik ko'effitsiyentlari qanday topiladi?
- 3.Kichik teshikdagi oqimcha uchun amaliy va nazariy tezliklarni hisoblab ko'rsating?
- 4.Kichik teshikdan oqayotgan suyuqlik sarfining amaliy va nazariy kattaligini hisoblang?

II-QISIM

SUV O'TKAZUVCHI TO'SIQLAR

Umumiy ko'rsatmalar

Tabiiy daryo o'zanlarida, kanallarda, novlarda va boshqa yerlardagi suv yo'nalishiga ko'ndalang ravishda to'siq qo'yilsa, u holda suv shu to'siq oldida yig'ila boshlaydi. Natijada suv to'siq sathi bilan tenglashadi va uni ustidan oshib tusha boshlaydi. Ba'zi hollarda suv to'siqlarda qilingan maxsus teshiklar orqali o'tishi mumkin. Bunday inshootlar **suv o'tkazuvchi to'siqlar deyiladi**. Agar to'siq ustidan suv maxsus teshikcha orqali naporsiz oqib o'tsa, u holda bunday suv o'tkazuvchi to'siq teshikli suv o'tkazuvchi to'siq deyiladi.

To'siq oldida yig'ilgan suv oqimi bo'lagiga – yuqorigi byef, undan keyingi suv oqimi bo'lagiga – pastki byef deyiladi.

Suv o'tkazuvchi to'siqlar har xil belgilari bilan bir-biridan ajralib turadi, ya'ni:

- teshikchaning geometrik shakli bilan;
- ko'ndalang qirqimli o'lchami bilan;
- to'siq orqali o'tayotgan suv oqimiga, to'siqning pastki byefidagi suvning ta'sir qilishi va h.k.

Suv o'tkazuvchi to'siq teshigining geometrik shakliga qarab (1-rasm):

- a) to'g'ri burchakli,
- b) trapetsiyali,
- c) uchburchakli,
- d) doira shaklida,
- e) paraboloyik,
- f) qiya qirrali bo'ladi.

Ko'ndalang qirqimining o'lchamiga qarab:

$$a) \delta \leq (0,1 \div 0,5)H \quad \text{bo'lganda} \quad (1)$$

yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siq deyiladi (2,a- rasm),

$$b) 2H \leq \delta \leq 8H \quad \text{bo'lganda} \quad (2)$$

keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siq deyiladi (2,b –rasm),

Bunday to'siqlarning balandligi ixtiyoriy bo'lib, uning qirrasi gorizontal bo'ladi.

Agar to'siq devorining qalinligi $\delta > 8H$ bo'lsa, unda suv o'tkazuvchi to'siq bo'lmasdan balki, tagi gorizontal bo'lgan qisqa kanal bo'ladi. Keng ostonali to'siqning uzunasi bo'yicha yo'qotilgan napor kichik

bo'lgani uchun u hisobga olinmaydi va ostona tepasidagi suvning erkin yuzasi gorizontal hisoblanadi.

Amaliy profilli suv o'tkazuvchi to'siqlarga (1) va (2) talabga javob bermaydigan hamma qolgan to'siqlar kiradi (3-rasm).

Suv o'tkazuvchi to'siqlardan oqib tushayotgan suvga to'siqdan keyingi, pastki byefdagi suvning ta'sir qilishga qarab:

a) Q va H lar pastki byef chuqurligiga (h_p) bog'liq bo'lmaganda, cho'ktirilmagan suv o'tkazuvchi to'siqlarga;

b) Q va H lar pastki byef chuqurligiga (h_p) bog'liq bo'lmaganda, cho'ktirilgan suv o'tkazuvchi to'siqlarga bo'linadi.

To'g'ri burchakli o'zan eni B ning, suv o'tkazuvchi to'siq devorining eni b ga bo'lgan nisbatiga qarab:

a) $B=b$ bo'lsa, suv o'tkazuvchi to'siq yon tomonidan siqilmagan bo'ladi;

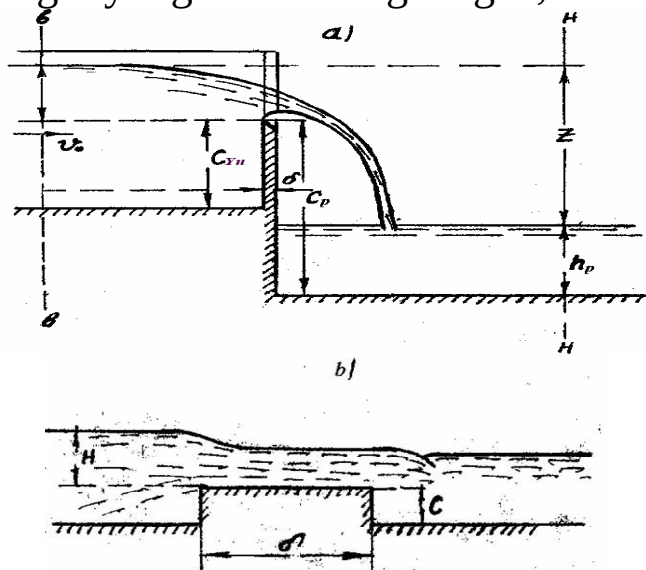
b) qachon $B>b$ bo'lsa, suv o'tkazuvchi to'siq yon tomonidan siqilgan bo'ladi.

Yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siqlar ko'pincha gidrometrik ishlarda va gidravlik laboratoriyalarda suv o'lchagich bo'lib xizmat qiladi. Ulardan gidrotexnik inshootlarda yassi tirqichlar, shandorlar va boshqa xizmatlarda foydalanish mumkin.

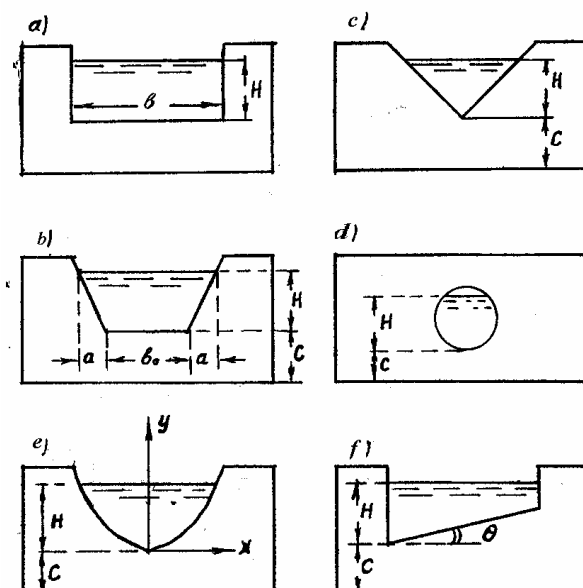
Talablar bilan o'tkaziladigan laboratoriya ishlari ikki xil suv o'tkazuvchi to'siq modelida bajariladi, ya'ni yupqa devorli va keng ostonali.

Amaliy ishlarda quyidagi shartli belgilardan foydalaniladi:

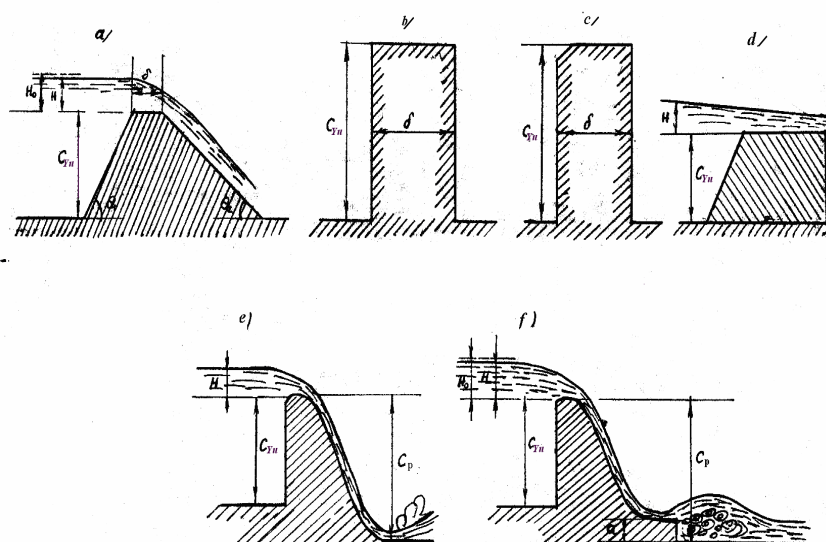
▽ YuBG – yuqorigi byef gorizontining belgisi,



1-rasm To'siqlar turi



2-rasm. To'siqlarning geomerik shakli



3-rasm. Keng ostonali to'siqlar

- ▽ PBG – pastki byef gorizontining belgisi,
- ▽ qr – suv o'tkazuvchi to'siq qirrasining belgisi,
- ▽ YuBT – yuqorigi byefning tagi,
- ▽ PBT – pastki byefning tagi,
- C_{yu} – suv o'tkazuvchi to'siq devorining yuqorigi byef tomonidagi balandligi,
- C_p – suv o'tkazuvchi to'siq devorining pastki byef tomonidagi balandligi,
- H – suv o'tkazuvchi to'siq ustidagi geometrik napor,
- H_0 – suvning yaqinlashish V_0 tezligini hisobga oluvchi to'siq ustidagi napor,

h_p – pastki suv sathining chuqurligi,
 h_{ch} – suv o'tkazuvchi to'siqni cho'ktiruvchi chuqurligi,
 Z – yuqorigi byefga nisbatan pastki byefning pasayish balandligi,
 B – oynali suv novining eni,
 b – suv o'tkazuvchi to'siq teshigining eni va boshqalar.

TAJIRIBA O'TKAZILADIGAN QURILMANING TUZILISHI VA UNI ISHLATISH TARTIBI

Laboratoriya ishlari eni $B = 0,45$ m, uzunligi $L = 4,55$ m bo'lgan kichkina oynali novda bajariladi (3-rasm). Suvni nasos stansiyasidan tinchlantiradigan naporli idish (2) ga xaydaladi, keyin esa u nov (10) ga haydaladi. Idishga kelayotgan suv sarfi quvurga o'rnatilgan jo'mrak (1) bilan boshqariladi.

Oynali novdan o'tayotgan suv o'lchov idishiga tushadi, keyin esa suv nasos stansiyasida joylashgan hovuzga oqiziladi, natijada hovuzdagi suv qaytadan nasos yordamida novga haydaladi. Bu jarayon tajriba tamom bo'lguncha davom etadi.

Oynali nov oxirida suv sathini tartibga solib turuvchi zatvor (4) qo'yilgan bo'lgan, uni ko'tarish va tushirish orqali novdan tashlanayotgan suvni ko'paytirish yoki kamaytirish mumkin.

Novning gorizontal asosiga yupqa devorli yoki keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siq mahkamlab qo'yiladi va u orqali suv o'tkaziladi. Nov orqali o'tayotgan suv sathi vertikal yo'nalishda ignali o'lchagich bilan o'lchanadi va olingan kattaliklar kerakli jadvallarga yoziladi.

SUV O'TKAZUVCHI TO'SIQLARNI HISOBLASHDA ISHLATILADIGAN FORMULALAR

Yon tomonidan siqilmagan yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siqning suv sarfi quyidagi formuladan topiladi:

$$Q = m_0 B \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (1)$$

bu yerda m_0 – to'siqdan o'tayotgan suv sarfi koeffitsiyenti, uni quyidagi formulalar orqali topish mumkin:

1. Bazen formulasi bo'yicha:

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{H}{H + C_{yu}} \right)^2 \right] \quad (2)$$

2. SNG TSh va NM formulasi bo'yicha (agar H 1 m bo'lsa):

$$m_0 = 0,4,2 + 0,054 \frac{H}{C_{yu}} \quad (3)$$

b– to'siq eni, m;

H – to'siq ustidagi geometrik napor yoki to'siq qirrasidan YuB gacha bo'lgan masofa, m.

Agar yupqa devorli yon tomonidan siqilmagan suv o'tkazgich cho'ktirilgan bo'lsa, u holda suv sarfi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q = \sigma_\tau \cdot m_0 b \sqrt{2gH}^{3/2} \quad (4)$$

bu yerda: m_0 – (2) va (3) formulalar orqali topiladi.

σ_τ - cho'ktirilganlik koeffisienti, uni Bazening empirik formulasi orqali topish mumkin, ya'ni

$$\sigma_\tau = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_{ch}}{C_{yu}} \right) \sqrt{\frac{Z}{H}} \quad (5)$$

bu yerda h_{ch} – suv o'tkazuvchi to'siqning cho'kkanlik chuqurligi

$$h_{ch} = \nabla \text{ YuBT} - \nabla \text{ qr} \quad (6)$$

II. Yon tomonidan siqilmagan keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siqning cho'ktirilmagan holati uchun suv sarfi quyidagi formuladan topiladi:

$$Q = m \cdot b \sqrt{2gH}^{3/2} \quad (7)$$

bu yerda m – yaqinlashish tezligini hisobga olmagan suv to'sig'idan o'tayotgan oqim sarfi koeffitsiyenti, agar to'siq qirrasini:

a) yumaloq bo'lmasa, quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$m = 0,36 + 0,01 \frac{3 - \frac{C_{eu}}{H}}{0,45 + 0,75 \frac{C_{yu}}{H}}, \quad (8)$$

b) yumaloq bo'lsa quyidagi formuladan topiladi

$$m = 0,36 + 0,01 \frac{3 - \frac{C_{yu}}{H}}{1,2 + 1,5 \frac{C_{yu}}{H}}, \quad (9)$$

b – to'siq eni, m;

H_0 – yaqinlashish V_0 – tezligini hisobga olgan to'la napor, to'g'ri burchakli suv keltiruvchi kanal (nov) uchun teng bo'ladi

$$H_0 = H + \frac{Q}{2g} \cdot \frac{1}{b[(H+C_{yu})]^2} \quad (10)$$

bu yerda C_{yu} – suv o'tkazuvchi to'siq devorining yuqori byef tomonidagi balandligi.

Cho'ktirilmagan suv o'tkazuvchi keng ostonali to'siqni umuman ikkita og'ish balandliklari Z_{yu} va Z_p xarakterlash mumkin (6-rasm).

Agar $Z < H - h_{kr}$ shart bajarilsa, u holda suv o'tkazuvchi to'siq cho'ktirilgan hisoblanadi, ya'ni

$$h_{ch} > h_{kr}$$

bu yerda h_{kr} – kritik chuqurlik, ya'ni tirik qirqim yuzasiga to'g'ri kelgan eng kichik solishtirma chuqurlik (7-rasm), to'g'ri burchakli qirqim yuzasi uchun uni quyidagi formuladan topish mumkin

$$h_{kr} = \sqrt{\frac{\alpha}{g} \cdot \frac{Q^2}{b^2}} \quad (11)$$

Yon tomondan siqilmagan, cho'ktirilgan keng ostonali to'siqning suv sarfi quyidagi formuladan topiladi:

$$Q_{ch} = m_{ch} \cdot b \sqrt{2gH}^{3/2} \quad (12)$$

bu yerda m_{ch} - cho'ktirilgan keng ostonali to'siqni suv sarfi ko'effitsiyenti, uni quyidagicha topish mumkin

$$m_{ch} = \sigma_{ch} \cdot m \quad (13)$$

bu yerda m – (8) va (9) formulalar orqali aniqlanadi

σ_{ch} – cho'ktirilganlik ko'effitsiyenti, uni hisoblash yo'li bilan, N.N. Pavlovskiy, D.I. Kumina va boshqalar formulalari orqali topish mumkin.

1-jadvalda keltirilgan kattaliklardan laboratoriya ishini bajarishda foydalanish mumkin

Keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siq uchun cho'ktirilganlik - σ_2 ko'effitsiyenti qiymatlari (akad. N.N. Pavlovskiy tavsiyasi bo'yicha)

1-jadval

$\frac{h_{ch}}{H_0}$	σ_{ch}	$\frac{h_{ch}}{H_0}$	σ_{ch}	$\frac{h_{ch}}{H_0}$	σ_{ch}
0,70 gacha	1,000	0,90	0,739	0,980	0,360
0,80	0,928	0,94	0,598	0,990	0,082
0,85	0,855	0,95	0,552	0,990	0,082

1-LABORATORIYA ISHI

TO‘G‘RI BURCHAKLI, YUPQA DEVORLI, YON TOMONIDAN SIQILMAGAN, CHO‘KTIRILMAGAN SUV O‘TKAZGICH DAN O‘TAYOTGAN OQIM SARFI KOEFFISIYENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi. 1. Tajriba orqali to‘g‘ri burchakli, yupqa devorli yon tomonidan siqilmagan, cho‘ktirilmagan suv o‘tkazgichdan o‘tayotgan oqim sarfi koefitsiyentini aniqlash va uni

(3) empirik formula orqali topilgan kattalik bilan solishtirish.

2. Suv o‘tkazuvchi to‘siqda erkin, siqilgan, cho‘ktirilgan va yopishgan struyka turlarini kuzatish.

Ishning bajarilish tartibi

1. Oynali novda tekshirilmoqchi bo‘lgan yupqa devorli suv o‘tkazuvchi to‘siq modeli o‘rnatiladi (4-rasm). Ko‘rilayotgan model atrofidan suv oqmasligi uchun novga tegib turgan to‘siqni perimetri bo‘yicha yopishqoq modda surkaladi.

2. Naporli quvurdagi T jo‘mrak (4-rasm) ochiladi va novga tajriba uchun yetarli bo‘lgan suv oqiziladi.

3. Chizg‘ich bilan novning eni – B va suv o‘tkazuvchi to‘siq eni – b o‘lchanadi.

4. Nov oxiriga o‘rnatilgan yassi zatvor (4) orqali suv o‘tkazuvchi to‘siq cho‘kmasligi uchun undan oshib o‘tayotgan suvni pastki byef tomonidan boshqarib turiladi.

5. Ignali o‘lchagich (6) orqali quyidagi sath belgilarining kattaliklari aniqlanadi:

▽ YuBT – yuqorigi byefning tagi;

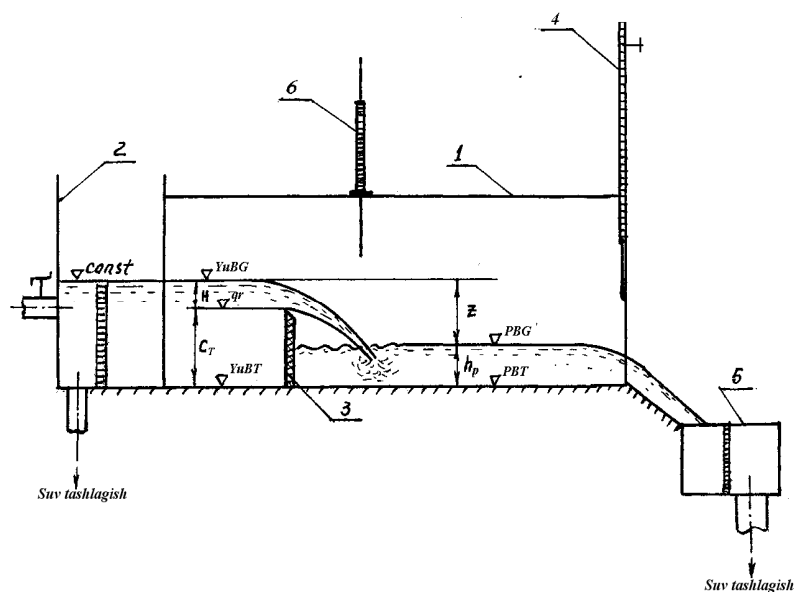
▽ PBT – pastki byefning tagi;

▽ qr – suv o‘tkazuvchi to‘siqning qirrasining belgisi;

▽ YuBG – yuqorigi byef gorizontining belgisi;

▽ PBG – pastki byef gorizontining belgisi.

6. Suv o‘lchagich idishda (B) suvning hajmini W , sm^3 va idishni to‘ldirishga ketgan vaqtni t , sek., o‘lchanadi.



4-rasm. Yupqa devorli to'siqdan suvni oqib tushishi

7. Hamma olingan kattaliklar 2-jadvalga kiritiladi

Xuddi shu tartibda har xil oqim sarfi uchun ketma-ket 2-3 ta tajriba o'tkaziladi.

8. Suv o'tkazuvchi to'siqdan suvning oqib tushishida har xil struykalarni (erkin, siqilgan, cho'ktirilgan va yopishgan) kuzatish uchun ctroyka tagidagi havoni shiysha naycha bilan so'rib olinadi.

Tajribada olingan malumotlarni qayta ishlash

1. Quyidagi kattaliklar hisoblanadi:

- to'siq ustidagi geometrik napor

$$H = \nabla_{YuBG} + \nabla_{qr}$$

- suv o'tkazuvchi to'siq devorini yuqorigi byef tomonidan balandligi

$$C_{yu} = \nabla_{qr} - \nabla_{YuBT}$$

-pastki byefning chuqurligi

$$h_n = \nabla_{PBG} - \nabla_{PBT}$$

1.3-jadval

Tajriba T/r	To'siq ustidagi geometrik napor, H	Suv o'tkazuvchi to'siqning Balandligi, C_{yu}	Suvning byefini chuqurligi, h_p	Og'ish Balandligi, Z	Cho'ktiril- ganlik shartlari,
-	sm	sm	sm	sm	
1	2	3	4	5	6
1.					
2.					

1.4-jadval

Tajriba T/r	Suv o'tkazuvchi to'siqning sarf koeffitsiyentini aniqlash		Chetlanganlik , % Δm
	tenglama bo'yicha $m_{on}=0,402+ 0,054$ H/C_{yu}	tajriba bo'yicha $m_{oh} = Q/B\sqrt{2g}$ $H^{3/2}$	
1	2	3	4
1			
2			
3			

Nazorat savollar

1. To'g'ri burchakli, yupqa devorli yon tomonidan siqilmagan, cho'ktirilmagan suv o'tkazgich deb nimaga aytiladi ?
2. To'g'ri burchakli, yupqa devorli yon tomonidan siqilmagan, cho'ktirilmagan suv o'tkazgichlar qayerlarda ishlatiladi?
3. To'siq ustidagi geometrik naporni toping.
4. Suv o'tkazuvchi to'siqning cho'ktirilganlik shartini aytib bering.

2-LABORATORIYA ISHI

TO‘G‘RI BURCHAKLI, YUPQA DEVORLI, YON TOMONIDAN SIQILMAGAN, CHO‘KTIRILMAGAN SUV O‘TKAZUVCHI TO‘SIQDAN O‘TAYOTGAN OQIM SARFINI TOPISH

Ishning maqsadi

1. Tajriba yo‘li bilan cho‘ktirilmagan to‘g‘ri burchakli yupqa devorli suv o‘tkazuvchi to‘siq orqali o‘tayotgan suv sarfini eksperiment davrida o‘lchab olingan napor bilan suv sarfi koeffisienti yordamida topiladi.

Suv sarfi koeffisiyentini Bazen, texnik me‘yorlari va shartlari va tajriba yo‘li bilan topiladigan formulalar orqali aniqlanadi.

2. Suvning pastki byef gorizontini o‘zgartirish orqali to‘siqning cho‘kuvchanlik holatini kuzatish.

Ishning bajarilish tartibi

1. Tajriba o‘tkazish uchun oldingi (1-laboratoriya) ishida qo‘llangan yupqa devorli suv o‘tkazuvchi to‘siq modeli ishlatiladi.

2. Naporli quvurdagi J (4-rasm) jo‘mrakni ochish bilan ish bajarish uchun kerakli bo‘lgan suv sarfi o‘rnatiladi.

3. O‘lchagich bilan novning eni – B , suv o‘tkazuvchi to‘siqning eni – b o‘lchanadi. Agar to‘siqdan o‘tayotgan suv struykasi yon tomonidan siqilmasa, u holda $B=b$ bo‘ladi.

4. Yassi tirqich yordamida (4) suv o‘tkazuvchi to‘siqning cho‘kmaydigan holati ushlab turiladi, ya’ni $C_{yu} > h_n$.

5. Ignali o‘lchagich (6) orqali quyidagi belgilar o‘lchami topiladi

∇ YuBG – yuqorigi byef gorizontining belgisi;

∇ PBG – pastki byef gorizontini belgisi;

∇ PBT, ∇ YuBT – pastki va yuqorigi byeflar tagining belgisi;

∇ qr – suv o‘tkazuvchi to‘siqning qirrasining belgisi.

6. Hamma olingan kattaliklar 5-jadvalga kiritiladi.

Xuddi shu tartibda tajriba 2-3 marta qaytariladi.

Tajribada olingan malumotlarni qayta ishlash

1. Quyidagi kattaliklar hisoblanadi

- suv o'tqazuvchi to'siqning balandligi,

$$C_{yu} = \nabla_{qr} - \nabla_{YuBT} ;$$

- suv o'tqazuvchi to'siq ustidagi geometric napor

$$H = \nabla_{YuBG} - \nabla_{qr} ;$$

- pastki b'ef chuqurligi

$$h_n = \nabla_{PBG} - \nabla_{PBT}$$

1.5-jadval

Tajriba T/r	To'g'ri burchaki novning eni, B	Belgilar		Suv o'tqazuvchi to'siqni balandligi C_p	Belgilar			Pastki byef chuqurligi, h_p	Cho'ktirilganlik belgilari
		∇_{YuBT}	∇_{qr}		∇_{YuBG}	∇_{PBG}	∇_{PBT}		
	sm	sm	sm	sm	sm	sm	sm	sm	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 2.									

1.6-jadval

TTajriba T/r	Suv o'tkazuvchi to'siqning eni, b	Suv o'tkazuvchi to'siq tepasidagi geometrik napor, H	Suv o'tqazuvchi to'siqning oqim sarfi koeffitsiyentining qiymatlari		Sarf koeffitsiyenti yordamida oqim sarfi Q topish	
			tenglama (2) bo'yicha m_{01}	tenglama (3) bo'yicha m_{02}	m_{01}	m_{02}
-	sm	sm	-	-	sm^3/sek	sm^3/sek
1 2						

2. Suv o'tkazuvchi to'siqning cho'kmaslik sharti (agar $h_p < C_{yu}$ bo'lsa to'siq cho'kmagan) tekshirib ko'riladi.

3. Suv sarfi koeffitsiyenti quyidagi formulalar bilan tekshirilib ko‘riladi

$$m_{01} = (0,405 + \frac{0,027}{H}) [1 + 0,55 (\frac{H}{H + C_{yu}})]$$

$$m_{02} = 0,408 + 0,054 \frac{H}{C_{yu}}$$

4. To‘siqdan o‘tayotgan suv sarfi – Q aniqlanadi:

$$Q = m_0 \cdot b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

5. Hamma hisoblangan kattaliklar 6-jadvalga kiritiladi.

Nazorat savollar

1. Suvning pastki byef gorizontini o‘zgartirish orqali to‘siqning cho‘kuvchanlik holatini qanday kuzatiladi?

2. Novning eni – B , sub o‘tkazuvchi to‘siqning eni – b bo‘lsa, ularni qaysi tengligida suv struykasi yon tomonidan siqilmagan bo‘ladi?

3. Yassi tirqich yordamida suv o‘tkazuvchi to‘siqning cho‘kmaydigan holati qanday ushlab turiladi?

4. Suv sarfi koeffitsiyenti m ni qaysi formulalar bilan tekshirilib ko‘riladi.

3-LABORATORIYA ISHI **TO‘G‘RI BURCHAKLI, YUPQA DEVORLI, YON** **TOMONIDAN SIQILMAGAN, CHO‘KTIRILGAN SUV** **O‘TKAZUVCHI TO‘SIQ ORQALI O‘TAYOTGAN OQIM** **SARFINI ANIQLASH**

Ishning maqsadi.

1. Tajriba yo‘li bilan to‘g‘ri burchakli, yupqa devorli yon tomonidan siqilmagan suv o‘tkazuvchi to‘siqni suv sarfini topish.

2. Empirik formula orqali cho‘ktirilganlik koeffitsiyenti hisoblanadi.

3. Oynali novda joylashgan yupqa devorli to‘g‘ri burchakli suv o‘tkazuvchi to‘siqdan o‘tgan suvni pastki byef tomonidan qanday harakat qilishni kuzatish.

Ishning bajarilish tartibi.

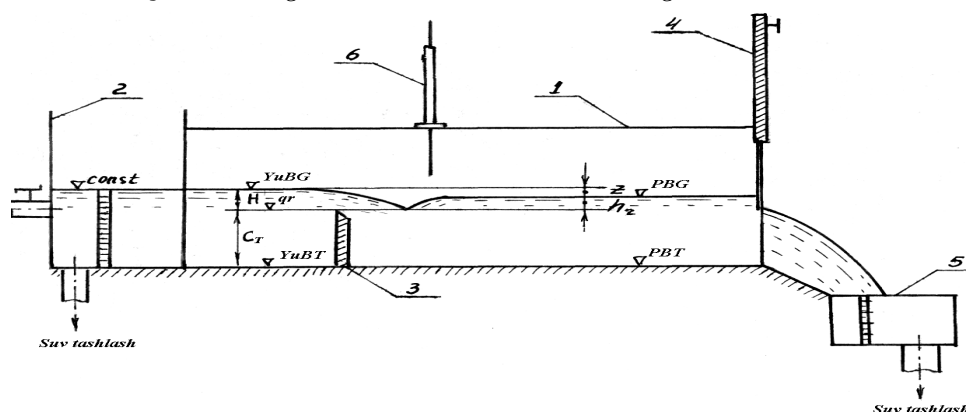
1. Naporli quvurdagi Γ (5-rasm) jo‘mrakni ochish orqali ishni bajarish uchun kerakli bo‘lgan suv sarfi o‘rnatiladi.

2. O'lchagich bilan novning eni – B , suv o'tkazuvchi to'siqning eni b o'lchanadi, sm.

3. Maxovik yordamida suv sathini tartibga solib turuvchi yassi zatvor(4)ni kerakli balandlikka /pastlikka/ ko'tarish /tushirish/ orqali novning pastki byef chuqurligi – h_p ni suv o'tqazuvchi to'siq balandligidan $C_p = \nabla_{qr} - \nabla_{PBG}$ katta bo'lgan holatga keltiriladi, ya'ni pastki va yuqorigi byeflar cho'ktirilgan sakrash orqali bir-biri

bilan tutashadi. Buni esa quyidagi tengsizlikka rioya qilganda ko'rish mumkin:

$\frac{z}{C_p} \Delta \left(\frac{z}{C} \right)_{qr}$ bu yerda $\left(\frac{z}{C} \right)_{qr} = 0,75$, u holda $\left(\frac{z}{C} \right)_{qr} < 0,75$.



4-rasm. Yupqa devorli to'siqdan suvni oqib tushishini boshqa turi

4. Ignali o'lchagich (6) yordamida quyidagi byef belgilari qiymati aniqlanadi

∇_{YuBG} – yuqorigi byef gorizontining belgisi;

∇_{PBG} – pastki byef gorizontining belgisi;

∇_{qr} – suv o'tkazuvchi to'siqning qirrasi belgisi;

∇_{YuBT} va ∇_{PBT} – yuqorigi va pastki byeflar tagining belgisi.

Hamma olingan kattaliklar 7-jadvalga kiritiladi.

5. Z kattaligini har xil miqdorda tajriba 2-3 marta takrorlanadi

Tajribada olingan ma'lumotlarni qayta ishlash.

1. Suv o'tkazuvchi to'siq o'rnatilgan to'g'ri burchakning eni – B va to'siq eni – b o'lchab olinadi va to'siqni yon tomonidan siqilishi yoki siqilmasligi aniqlanadi. Agar $B=b$ bo'lsa, u holda yon tomondan siqilish bo'lmaydi.

2. $C = \nabla_{qr} - \nabla_{PBT}$ tenglik orqali suv o'tkazuvchi to'sig'ining balandligi topiladi. Laboratoriyada bajariladigan oynali novning tagi

gorizontal bo'lgani uchun suv o'tkazuvchi to'siqning yuqorigi va pastki byeflari tomonidagi balandligi bir-biriga teng bo'ladi.

3. Suv o'tkazuvchi to'siq ustidagi napor hisoblanadi:

$$H = \nabla \text{ YuBG} - \nabla \text{ qr}$$

4. Suvning pastki byef chuqurligi $h_p = \nabla \text{ PBG} - \nabla \text{ PBT}$ tenglama bilan hisoblanadi va to'siqni cho'ktirilganligi aniqlanadi. Agar $h_p > C_p$ shart bajarilsa, u holda suv o'tkazuvchi to'siq cho'ktirilgan bo'ladi.

5. Cho'ktirilgan balandlik $h_{ch} = \nabla \text{ PBG} - \nabla \text{ qr}$ va og'ish balandligi $Z = \nabla \text{ YuBG} - \nabla \text{ PBG}$ aniqlanadi.

6. Bazening empirik formulasi (15) orqali cho'ktirilganlik koeffitsiyenti σ_{ch} aniqlanadi:

$$\sigma_{ch} = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_p}{C_{yu}} \right) \sqrt{\frac{Z}{H}} \quad (15)$$

1.7-jadval

Taj- riba T/r	To'g'ri burchakli nov eni, B	suv o'tka- zuvchi to'siq- ning eni	Belgilar			To'siq devori balandligi, C_{yu}	To'siq ustidagi napor, H
			$\nabla \text{ YuBT}$	qr	$\nabla \text{ YuBG}$		
-	sm	sm	sm	sm	sm	sm	sm
1	2	3	4	5	6	7	8
1.							
2							

1.7-jadvalning oxiri

Belgilar		Pastki byef chuqurligi, h_p	To'siqning cho'kkanlik chuqurligi, h_{ch}	Og'ish Balandligi, Z
$\nabla \text{ PBT}$	$\nabla \text{ PBG}$			
sm	sm	sm	sm	sm
9	10	11	12	13
1.				
2				

Jadval -1.8.

Tajriba T/r	To'siq ustidagi geom. napor, H	Suv o'tkazuv-chi to'siqning eni, b	To'siq devorini balandligi, C_{yu}	cho'ktirilganlik chuqurligi, h_{ch}
-	sm	sm	sm	sm
1	2	3	4	5
1.				
2.				

1.8-jadvalning oxiri

№	Cho'ktirilganlik koeffitsiyenti, σ_{ch}	Suv sarfi koeffitsiyenti, m	Suv sarfi koeffitsiyenti, m_0	Cho'ktirilgan to'siqning suv sarfi, Q
	-	-	-	sm^3/c
	6	7	8	9
1.				
2.				

7. $m_0 = \sigma_{ch} \cdot m$ orqali sarf koeffitsiyenti hisoblanadi, bu yerda m quyidagi (3) formula orqali topiladi:

$$m = 0,402 - 0,054 \frac{H}{C_{yu}}$$

8. $Q = \sigma_{ch} m_0 b \sqrt{2gH^{3/2}}$ tenglama orqali to'g'ri burchakli yupqa devorli, yon tomonidan siqilmagan, cho'ktirilgan to'siqdan o'tayotgan suv sarfi topiladi.

9. Hamma hisoblab chiqilgan kattaliklar 8-jadvalga kiritiladi

Nazorat savollar

1. Yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siq deb nimaga aytiladi va ular suv o'tkazuvchi teshigining geometrik shakliga qarab qanday bo'ladi?

2. Qaysi hollarda yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siq cho'ktirilgan bo'ladi?

3. Suv o'tkazuvchi to'siqning suv sarfi qanday aniqlanadi?

4. Suv o'tkazuvchi to'siqning sarf koeffitsiyenti – m_0 qanday hisoblanadi?

5. Yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siq gidrotexnik inshootlarning qayerida va nima maqsadda ishlatiladi?

4-LABORATORIYA ISHI

CHO'KTIRILGAN VA CHO'KTIRILMAGAN, YON TOMONIDAN SIQILMAGAN, TO'G'RI BURCHAKLI, KENG OSTONALI SUV O'TQAZUVCHI TO'SIQNING OQIM SARFI KOEFFISIYENTINI TOPISH

Ishning maqsadi.

1. Tajriba yo'li bilan cho'ktirilmagan va cho'ktirilgan yon tomonidan siqilmagan, kirish qirrasi yumaloq bo'lmagan keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siqning oqim sarfi ko'effitsiyentini topish.
2. Tajriba yo'li bilan topilgan oqim sarfi ko'effitsiyentini nazariy oqim sarfi ko'effitsienti bilan taqqoslash.

Ishning bajarilish tartibi

1. Keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siq oynali nov ichiga o'rnatiladi va to'siqning nov devoriga tegib turgan qismi orasidan suv sizilib o'tmasligi uchun uning hamma perimetriga yopishqoq modda surkab chiqiladi (4.1- rasm).

2. Naporli quvurdagi Γ jo'mrakni (4.1-rasm) ochib tajriba o'tkazish uchun kerakli bo'lgan suv sarfi novga yuboriladi.

3. Nov oxiriga o'rnatilgan yassi tirqich yordamida birinchi navbatda keng ostonali to'siq cho'kmaslik holati ko'riladi, ikkinchi navbatda cho'kkanlik holati hosil qilinadi (rasm-4.2.).

To'siqning cho'kkanligini aniqlash uchun suvning pastki byef belgisidan ∇ PBG to'siq qirrasi belgisini ∇ qr ni ayirish kerak, ya'ni $h_p = \nabla$ PBG - ∇ qr tenglamadan cho'ktirilganlik chuqurligini topish mumkin.

4. Ignali o'lchagich (6) bilan quyidagi belgilar o'lchami topiladi:

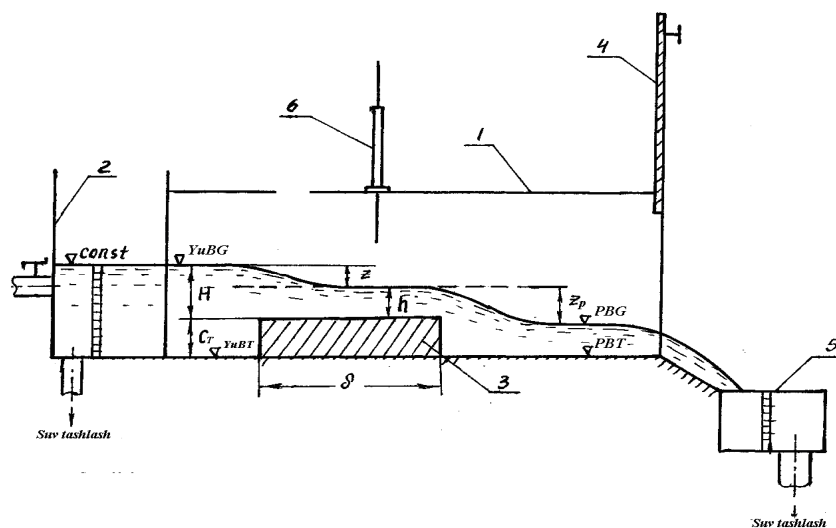
∇ qr - to'siq qirrasi belgisi,

∇ YuBT, ∇ PBT – yuqori va pastki byeflar tagining belgisi,

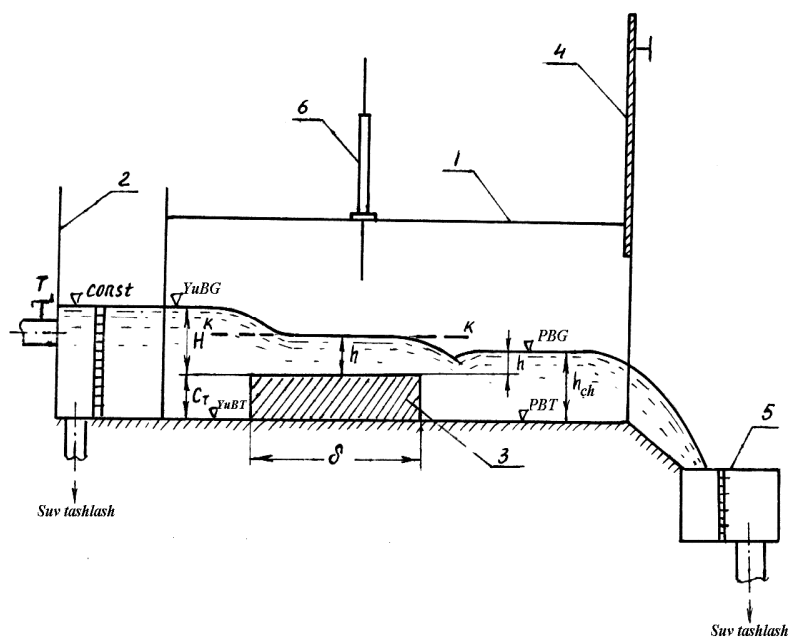
∇ YuBG, ∇ PBG - yuqori va pastki byeflar gorizontlari.

5. t vaqt ichida suvning o'lchovi idishga quyilgan suv hajmi o'lchanadi.

6. Hamma olingan kattaliklar 9, 10 va 11-jadvallarga kiritiladi.



4.1-rasm. Keng ostonali to'siqdan suvni oqib tushishi



4.1-rasm. Keng ostonali to'siqdan suvni oqib tushishini boshqa ko'rinishi

4.1-jadval

Taj riba T/r	Suv o'tka- zuvchi to'siq turlari,	Belgilar					Sarfni aniqlash		
		Nov tagi		to'-siq qirradi, ∇ qr	suv sirti		Hajm, W	Vaqt, t	suv sarfi, Q
		∇Y_u BT	PBT		∇Y_u BG	∇P_B G			
-	-	sm	sm	sm	sm	sm	sm ³	sek	sm ³ / sek
1.	cho'kti- rilgan								
2.									
1.	cho'kti- rilmagan								
2.									

4.2-jadval

Taj-Riba T/r	Suv o'tkazu vchi to'siq turlari,	Suv o'tkazuv -chi to'siq balandlig i C_{yu}	Ostona ustidagi napor, H	Oqimni ya- qinlashish tezligi, V_o	To'la napor, H_0	Pastki byef Chuqur- ligi, h_a	Cho'ktiri lganlik Chuqur- ligi, h_{ch}
-	-	sm	sm	sm/s	sm	sm	sm
1.	cho'kti rilgan						
2.	cho'kti ri- lmagan						

4.3-jadval

TTaj- Riba T/r	Suv sarfi koeffitsiyentlari				Chetlanish, %			
	cho'ktirilma gan suv to'sig'i		cho'ktirilgan suv to'sig'i		cho'ktirilmagan suv to'sig'i		cho'ktirilgan suv to'sig'i	
	m_h	m_n	m_{chx}	m_{chn}	$(\frac{m_x}{m_n} - 1)100$		$(\frac{m_{chx}}{m_{chn}} - 1)100$	
1.								
2.								

Tajribada olingan ma'lumotlarni qayta ishlash.

1. Byeflar farqiga qarab suv to'sig'ining cho'kkan yoki cho'kmaganligi aniqlanadi (4.1-jadval)

2. Nov orqali o'tayotgan suv sarfi hisoblanadi:

$$Q = \frac{W}{t}; \quad m^3/s$$

3. Quyidagi kattaliklar hisoblab topiladi:

- suv to'sig'ining balandligi $C_{yu} = \nabla qr - \nabla YuBT$;

- to'siq qirrasi ustidagi napor $H = \nabla YuBG - \nabla qr$;

- pastki byef chuqurligi $h_p = \nabla PBG - \nabla PBT$;

- cho'ktirilgan suv to'sig'i uchun cho'ktirilganlik chuqurligi

$$h_{ch} = \nabla PBG - \nabla qr$$

Hamma topilgan kattaliklar 10-jadvalga yoziladi.

4. Tajribada olingan kattaliklar (7) va (12) formulalar yordamida suv sarfini haqiqiy koeffitsiyenti aniqlanadi: m_h va m_{rx}

$$m_x = \frac{Q}{b\sqrt{2g}} H_0^{3/2} \quad m_{chx} = \frac{Q}{b\sqrt{2g}} H_0^{3/2}$$

5. (8) va (9) formulalar orqali suv sarfi koeffitsiyenti topiladi.

6. Cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siqlarning formula bo'yicha hisoblangan haqiqiy oqim sarfi koeffitsiyentlari nazariy oqim sarfi koeffitsiyentlari bilan solishtiriladi va farqi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\Delta m = \left(\frac{m_x}{m_n} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Hisoblangan kattaliklar 4.3-jadvalga yoziladi.

Tekshirish uchun savollar

1. Qanday to'siqlarga keng ostonali suv to'sig'i deyiladi?
2. Amaliy profilli suv o'tkazuvchi to'siq deb nimaga aytiladi?
3. Keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siqni suv sarfi qanday aniqlanadi?
4. Cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan to'siqlarning suv sarfi koeffitsiyentlari qanday topiladi?

III-QISM

GIDRAVLIK SAKRASH

Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Naporsiz harakat qilayotgan suvlarda uch xil harakat turini kuzatish mumkin; tinch, burqiragan va kritik.

Tinch harakat qilayotgan suv oqimi burqiragan harakatga o'tishida **gidravlik sakrash** yuzaga keladi.

Harakat qilayotgan suyuqlik oqimining h_{kr} chuqurligidan kichik bo'lgan h^I chuqurlikdan va h_{kr} chuqurligidan katta bo'lgan h^{II} chuqurlikka birdan o'zgarishiga **gidravlik sakrash** deyiladi /8-rasm/.

Oqimning tirik qirqim yuzasidagi eng kichik solishtirma energiyaga to'g'ri kelgan chuqurlikka **kritik chuqurlik** deyiladi. To'g'ri burchakli qirqimli o'zanning h_{kr} chuqurligi quyidagicha aniqlanadi:

$$h_{kr} = \sqrt{\frac{\alpha q^2}{g}} \quad (16)$$

bu yerda q – solishtirma suv sarfi, u quyidagi formuladan topiladi:

$$q = \frac{Q}{b}$$

α - to'g'rilovchi koeffitsiyent ($\alpha = 1,0 \div 1,1$).

II-II va III-III qirqimlarda (rasm-1.) o'lchangan h^I va h^{II} chuqurliklar bilan chegaralangan gidravlik sakrash bo'lagiga tutash bo'lak deyiladi.

Tutashgan chuqurliklarning ayirmasi sakrash balandligini beradi:

$$\alpha = h^{II} - h^I$$

II-II va III-III qirqimlar orasidagi masofaga gidravlik sakrash uzunligi ℓ_s deyiladi.

Oqimning II-II va III-III qirqimlarda joylashgan ABC egri chiziq tagidan tranzit struyka o'tadi; uning yuqorisida esa suv uyumi joylashadi. Suvning tartibsiz harakatini xarakterlovchi suv uyumi havo aralashgan suv pufakchalardan tashkil topib tiniqmas bo'ladi.

y_1, y_2 – tirik qirqim yuzalarining og‘irlik markazlarigacha bo‘lgan chuqurliklar,

Gidravlik sakrashning asosiy tenglamasidan foydalanib tutashtiruvchi chuqurliklarni topish mumkin:

$$\begin{aligned} h^I &= 0,5h^{II} \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{q(h^{II})^3}} - 1 \right] \\ h^{II} &= 0,5h^I \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{q(h^I)^3}} - 1 \right] \end{aligned} \quad (18)$$

Bu tenglamalar prizmatik o‘zanlarning ixtiyoriy shakli uchun qo‘llanishi mumkin.

A.S. Pikalov, U.I. Safranen, V.A. Baxmetov va boshqa mualliflarning empirik tenglamalari orqali gidravlik sakrash uzunligini aniqlash mumkin. Ko‘rilayotgan bu laboratoriya ishiga akad. N.N. Pavlovskiy tenglamasi tavsiya qilinadi:

$$l_s = 2,5 (1,9 \cdot h^{II} - h^I). \quad (19)$$

To‘siq tagidagi teshikdan suyuqlik oqib chiqayotganda yoki suv o‘tkazuvchi to‘siq devoridan oshib tushayotganda I-I qirqimida siqilgan qirqim chuqurligi h_s ni ko‘rish mumkin va bu chuqurlik to‘siqning ochilish balandligi $-Q$ va siqilish koeffitsiyenti ε - larga bog‘liq bo‘ladi:

$$h_s = \varepsilon \cdot l,$$

bu yerda $\varepsilon = 0,62 \div 0,64$ (N.K. Jukovskiyni nazariy tekshirishi bo‘yicha).

1 – LABORATORIYA ISHI

GIDRAVLIK SAKRASHNI TAJRIBADA KO'RISH VA UNING ELEMENTLARINI ANIQLASH

1. Tajribada oynali novdagi gidravlik sakrashni ko'rish.

Tutashgan chuqurlikarni $h^I_{X_I}$ va $h^{II}_{X_I}$ o'lchash va (6) formula bo'yicha hisoblangan kritik h_{kr} chuqurlik kattaligi bilan ularni taqqoslash, shu bilan birga suyuqlikni burqiragan holatidan (qachon $h < h_{kr}$) tinch holatga o'tishda (qachon $h > h_{kr}$) gidravlik sakrashning yuzaga kelishini tushuntirish.

2. Tajribada aniqlangan tutashgan chuqurliklar h^I va h^{II} qiymatlarini, (8) formuladan topilgan qiymat bilan taqqoslash.

3. Har xil ko'rinishdagi: to'la, haydalgan, tiralgan, cho'ktirilgan va to'lqin sakrashlarni tajribada ko'rish.

Ishning bajarilish tartibi

Ish oynali novga (1) o'rnatilgan yupqa devorli suv o'tkazuvchi to'siq (1.1-rasm) yordamida bajariladi va quyidagi kattaliklarni o'lchab olinadi:

1. Novning eni B sm. o'lchanadi.

2. Naporli quvurdagi T jo'mrakni ochib, novga kerakli miqdorda suv oqiziladi va nov oxirida o'rnatilgan idishda t – vaqt ichida oqib tushgan suv hajmi – W o'lchanadi. Bu kattaliklar boshqariluvchi tirqich yordamida haydalgan sakrash hosil qilingandan keyin olinadi.

3. Ignali o'lchagich bilan I-I, II-II, III-III, IV-IV qirqimlardagi suvning tagi va byef gorizontlari belgisi o'lchanadi. Olingan kattaliklar 1.2 – jadvalga kiritiladi.

4. Chizg'ich bilan I-I, II-II qirqimlar orasidagi masofa l_x – haydalgan sakrash uzunligi, (II-II va III-III) l_s – gidravlik sakrash uzunligi, (III-III va IV-IV) $l_{c.k}$ – sakrashdan keyingi uzunlik, oraliqdagi masofalar o'lchanadi.

Hamma olingan kattaliklar 1.2-jadvalga kiritiladi.

Tajriba har xil suv sarfi uchun 3-4 marta bajariladi.

1.1-jadval.

Tajriba T/r	Suv sarfini o'lchash			O'zanning eni, b	Solishtirma suv sarfi, $q=\frac{Q}{b}$
	Hajm W	Vaqt t	$Q=\frac{W}{t}$		
-	sm ³	sek	sm ³ /sek	sm	sm ² /sek
1.					
2.					

1.2.-jadval

Taj- riba T/r	Qir- qim lar №	Belgilar		Chuqurl ik ▽ PBT ▽ SG	Qirqim har orasidagi masofa L		Tirik qirqim yuzasi W		O'rtacha tezlik V	
		▽ PBT	▽ SG							
-	-	sm	sm		sm		sm ²		sm/sek	
	I-I			h _s			ω _s		V _s	
						L _x				
	II-II			h ^I _s			ω ^I		V ^I	
						L _s				
	III-III			h ^{II} _s			ω ^{II} _s		V ^{II}	
						L _{sk}				
	IV-IV			h _p			ω _p		V _p	

Tajribadan olingan ma'lumotlarni qayta ishlash

1. O'lchab olingan belgi kattaliklari bo'yicha hisoblanadi:

a) siqilgan chuqurlik – $\nabla \text{PBG}_1 - \nabla \text{PBT}_1 = h_s$

b) birinchi tutashgan chuqurlik – $h^1 = \nabla \text{PBG}_{11} - \nabla \text{PBT}_{11}$

c) ikkinchi tutashgan chuqurlik – $h^{11} = \nabla \text{PBG}_{111} - \nabla \text{PBT}_{111}$

d) sakrash uchastkasidan keyingi chuqurlik –

$h_p = \nabla \text{PBG}_{1V} - \nabla \text{PBT}_{1V}$

2. Suv sarfi qiymati va solishtirma suv sarfi qiymati hisoblanadi:

$$Q = \frac{W}{t}; \quad q = \frac{Q}{B}.$$

3. Hidravlik sakrash balandligi hisoblanadi: $a = h^{11} - h^1$

4. Tirik qirqim yuzalari – $\omega_s, \omega^1, \omega^{11}, \omega_p$ va tezliklari V_s, V^1, V^{11}, V_p hisoblanadi ($v = \frac{Q}{W}$).

Topilgan qiymatlar 13 – jadvalga yoziladi.

5. To'g'ri burchakli qirqimli nov uchun (15) tenglamadan kritik h_{kp} chuqurlik qiymati aniqlanadi:

$$h_{kr} = \sqrt{\frac{Lq^2}{g}},$$

va h^1 , h^{11} , h_s , h_p chuqurliklar qiymatini bir-biri bilan solishtirib suv oqimini sakrash va sakrashdan keyingi holati aniqlanadi.

Topilgan qiymatlarni 1.3-jadvalga yoziladi

6. Tutashgan h^1 va h^{11} chuqurliklarni (17) formula boyicha hisoblab, ularni tajribada olingan kattaliklar bilan solishtiriladi. Hisoblab chiqilgan kattaliklar 1.4-jadvalga kiritiladi

1.3-jadval

Tajriba T/r	Tutashgan chuqurliklarning haqiqiy kattaliklari		Kritik chuqurlik h_{kr}	Oqimning holati	
	h^1_x	h^{11}_x		gidravlik sakrashgacha	gidravlik sakrashdan keyin
-	sm	sm	sm	-	-
1.					
2.					

1.4-jadval

Tajriba T/r	Ikkinchi tutashgan chuqurlik			Gidravlik sakrash uzunligi		
	Haqiqiy kattalik h^{11}_x	(17) tenglama orqali hisoblangan, h^{11}_H	Chetlanish $\left(\frac{h^{11}_x}{h^{11}_H} - 1\right) \cdot 100$	Haqiqiy Kattalik $L_{C.X}$	(17) tenglama orqali hisoblang $L_{C.H}$	Chetlanish $\left(\frac{L_{C.X}}{L_{C.H}} - 1\right) \cdot 100$
-	sm	sm	%	sm	sm	%
2.						

Nazorat savollar

1. Oqimning naporsiz harakatida necha xil harakat turini ko'rish mumkin?
2. Kritik chuqurlik deb qanday chuqurlikka aytiladi va u qanday aniqlanadi?
3. Gidravlik sakrash deb nimaga aytiladi va u qanday hosil bo'ladi?
4. Gidravlik sakrashning asosiy kattaliklarini aytib bering
5. Gidravlik sakrashning asosiy formulasini yozib bering.

MUNDARIJA

- 1-Laboratoriya ishi. Pyezometr va to'liq bosim chizig'ini chizish.....
- 2-Laboratoriya ishi. Venturi suv o'lchagichi.....
- 3-Laboratoriya ishi. Suyuqliklar suv harakatini tekshirish....
- 4-Laboratoriya ishi. Gidravlik yo'qotish koeffitsiyentini truba uzunligi bo'yicha topish.....
- 5-Laboratoriya ishi. Mahalliy qarshiliklarni o'lchash.....
- 6-Laboratoriya ishi. Yupqa devorli kichik teshikdan suyuqlik oqishini tekshirish.....

II-QISM

Suv o'tkazuvchi to'siqlar. Umumiy ko'rsatma

Tajriba o'tkaziladigan qurilmaning tuzilishi va uni ishlatish tartibi

Suv o'tkazuvchi to'siqlarni hisoblashda ishlatiladigan formulalar .

1-laboratoriya ishi. To'g'ri burchakli, yupqa devorli, yon tomonidan siqilmagan, cho'ktirilmagan suv o'tkazgichdan o'tayotgan oqim sarfi koeffitsiyenti aniqlash

2-laboratoriya ishi. To'g'ri burchakli, yupqa devorli, yon tomonidan siqilmagan, cho'ktirilmagan suv o'tkazuvchi to'siqdan o'tayotgan oqim sarfini topish .

3-laboratoriya ishi. To'g'ri burchakli, yupqa devorli, yon tomonidan siqilmagan, cho'ktirilgan suv o'tkazuvchi to'siq orqali o'tayotgan oqim sarfini aniqlash

4-laboratoriya ishi. Cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan, yon tomonidan siqilmagan, to'g'ri burchakli, keng ostonali suv o'tkazuvchi to'siqning oqim sarfi koeffitsiyentini topish

III-QISM

Gidravlik sakrash. Qisqacha nazariy ma'lumotlar

1-laboratoriya ishi. Gidravlik sakrashni tajribada ko'rich va uni elementlarini aniqlash

ADABIYOTLAR

1. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (Гидравлика), Санкт-Петербург, Изд. СПбГТУ, 2002.
2. Bozorov D.R, Karimov R.M. Gidravlika. O'quv qo'llanma. – T.: TIMI, 2004.
3. Киселев П.Г., Справочник по гидравлическим расчетам, М., 1961, 1974
6. Nizomov O.H. “Gidroaeromexanika asoslari” fanidan ma’ruza matni. Tosh.DTU, 2001.
7. Umarov A.Y. Gidravlika.Darslik. – T.: “O'zbekiston” 2002.
8. Latipov K.SH. Gidravlika, gidromashinalar va gidropnevmoyuritgichlar. Darslik. – T.:“O'qituvchi” 1992.
9. Kay Melvyn. Practical Hydraulics, 2nd edition. 328 p.
10. <http://www.ges.ru>
12. <http://www.nasos.ru>
13. <http://www.multipumps.ru>
14. <http://www.allpumps.ru>

Muharrir:
Musahhih:

Sidikova K.A
Adilhodjaeva SH.M.