

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

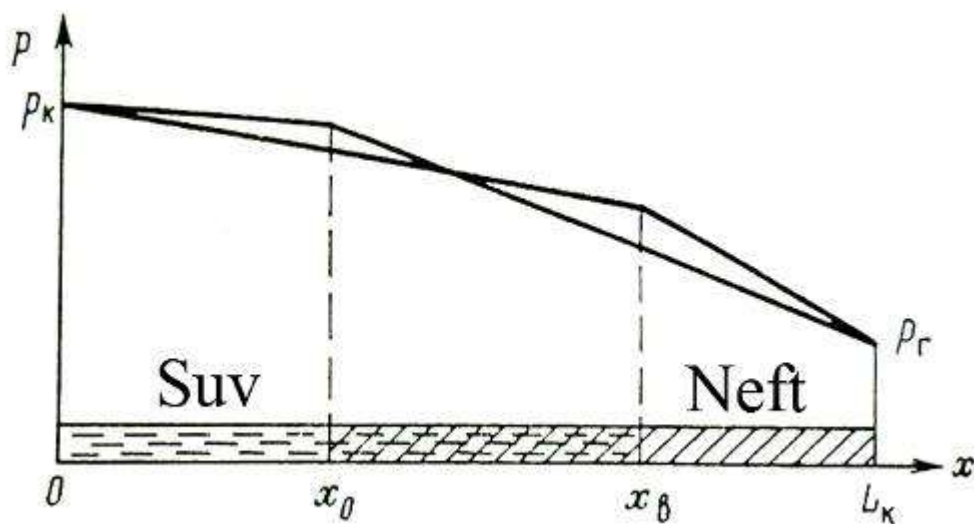
QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

NEFT VA GAZ FAKULTETI

NEFT VA GAZ GEOLOGIYASI KAFEDRASI

**YER OSTI GIDRAVLIKASI FANIDAN
MASALALAR YECHISH NAMUNALARI**

bo'yicha uslubiy qo'llanma.



UDK 622.276:532.(075.8)

Eshev S.S Yer osti gidravlikasi fanidan masalar Yechish namunalari. Uslubiy qo'llanma. – Qarshi, QMII, 2010 y. 85 bet.

Uslubiy qo'llanmada qatlamlarning filtratsiya harakteristikalari, bir jinsli va bir jinsli bo'lmagan qatlamlarda neft va gazlarning debitlari, quduqlar interferensiyasi, suv-neft kontaktli suyuqliklarning harakati, yoriq va yoriqsimon - g'ovak muhitlardagi suyuqlik harakatiga doir masalalar yechimi ko'rsatilgan.

Uslubiy qo'llanma neft va gaz fakulteti talabalari uchun mo'ljallangan. Shuningdek, keltirilgan masalalardan neft va gaz sohasida ishlaydigan mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

7-jadval, 48 rasm, foy.adab. 3 nomda

Taqrizchilar:

Neft va gaz quduqlarini burg'ulash
kafedrası mudiri, t.f.n

Z.U. Sunnatov

Qarshi «shaxar gaz»
bosh muhandisi:

T.S. Abdullayev

Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti-2010 y

SO'Z BOSHI.

Uslubiy qo'llanmada neft va gaz konlarini ishlatish va loyihalashtirish bilan bog'liq bo'lgan masalalarning yechimlari ko'rsatilgan.

Uslubiy qo'llanma 9 bobdan iborat, har qaysi bobda qisqacha nazariya va masalalar yechish namunalari ko'rsatilgan. Ba'zi bir masalalarda keltirib chiqarish formulalari ham ko'rsatilgan. Uslubiy qo'llanmada quyidagi mavzularga doir masalalar keltirilgan:

- filtratsiya nazariyasi to'g'risida asosiy tushunchalar;

- Darsi qonunining qo'llanish chegaralari va filtratsiyaning chiziqli bo'lmagan qonunlari;

- suv naporli rejimlarda siqilmaydigan suyuqlikning bir o'lchamli harakati;

- suyuqlikning barqaror tekis filtratsiyasi, quduqlar interferensiyasi, filtratsiya nazariyasi tekis masalasining kompleks o'zgaruvchan funksiyasi nazariyasi orasidagi bog'liqlik;

- gidrodinamik nomukammal quduqning uning debitiga ta'siri;

- bir jinsli o'tkazuvchanlikka ega bo'lmagan qatlamlardagi suyuqlikning harakati;

- siqiladigan suyuqlik va gazning barqaror filtratsiyasi;

- ikki suyuqlik bo'linish chegarasining harakati;

- deformatsiyalanadigan yoriqsimon qatlamda suyuqlik va gazning barqaror filtratsiyasi;

Uslubiy qo'llanma va Evdokimova va I.N. Kochinalarning "yer osti gidravlikasidan masalalar to'plami" asosida joylashtiriladi.

Ushbu uslubiy qo'llanma 18 soat amaliy mashg'ulotlarni o'tkazish uchun yozilgan. Uslubiy qo'llanma neft va gaz fakulteti talabalari uchun mo'ljallangan.

1. FILTARTSIYA NAZARIYASI TO'G'RISIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR.

1.1 FILTRATSIYA.

Filtratsiya deb, suyuqlik, gaz va ular aralashmalarining g'ovakda va yoriqsimon muhitlardagi harakatiga aytiladi. Yoriqsimon muhit bu o'zaro g'ovak va mikroyoriqlar orqali tutuashgan qattiq jinslardan iborat.

Filtratsiya suyuqlik juda kichik tezliklarida nihoyatda kichik g'ovak kanalchalar ko'ndalang kesimi bo'yicha sodir bo'ladi.

G'ovak muhit g'ovaklilik va prosvetnost ko'effitsientlari bilan harakterlanadi.

" $V_{g'ov}$ " g'ovak xajmning " V " butun g'ovak muhit xajmiga nisbatiga " m " g'ovaklilik ko'effitsienti deb ataladi.

$$m = \frac{V_{g'ov}}{V} \quad (1.1)$$

Berilgan qirqimdagi " ω_{pros} " kesim g'ovak yuzalarining shu kesim butun yuzalari nisbatiga " n " nisbiy g'ovak yuza ko'effitsienti deyiladi.

$$n = \frac{\omega_{g'ov}}{\omega} \quad (1.2)$$

Qatlam uzunligi bo'yicha nisbiy g'ovak yuza qiymati g'ovaklilikka teng ekanligini ko'rsatish mumkin, ya'ni

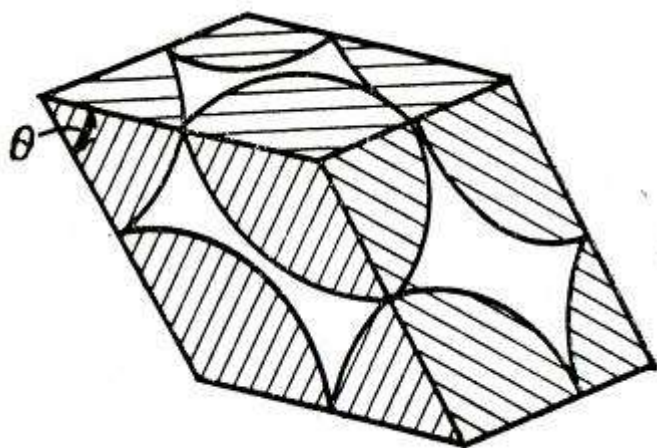
$$\tilde{n} = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} n(x) dx = m$$

(1.3)

shuning uchun nisbiy g'ovak yuzalarining o'rta qiymatlari

$$\tilde{\omega}_{g'ov} = \tilde{n} \omega = m \cdot \omega$$

G'ovak muhitning soddalashgan modeli bo'lib, fiktiv (yasama) grunt hisoblanadi. Fiktiv grunt modelida g'ovaklar bir xil diametrga ega



1.1-rasm

bo'lgan shar ko'rinishidagi ko'p sonli zarrachalardan tashkil topgan deb tushiniladi. Fiktiv gruntning asosiy elementi (asosiy yacheykasi) bo'lib, romboedr hisoblanadi.

θ burchak 60^0 dan 90^0 gacha bo'lgan oraliqda o'zgaradi. $\theta = 60^0$ burchakka zich qilib terilgan, $\theta = 60^0$ esa erkinroq terilgan sharlar mos bo'ladi.

Ch.Slixter formulasiga ko'ra fiktiv grunt g'ovakligi quyidagicha aniqlanadi.

$$m = 1 - \frac{\pi}{6(1 - \cos\theta)\sqrt{1 + 2\cos\theta}} \quad (1.4)$$

Fiktiv grunt formulasini tabiiy gruntlarga qo'llash uchun fiktiv gruntga ekvivalent real gruntga almashtirish kerak. Bunday fiktiv grunt zarrachasining diametri " d_e " effektiv diametr deyiladi. Effektiv diametrni aniqlash uchun juda ko'p usullar mavjud. Masalan, o'rtacha zarrachalarning o'g'irlik usuli bilan effektiv diametrni aniqlash mumkin;

$$d_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i}{\sum n_i}}$$

bu yerda d_i - " i " - nchi fraktsiyaning o'rtacha diametri;

n_i - fraktsiyadagi qum zarralari soni.

Yana effektiv diametri Kryuger-Sunker usuli bilan ham aniqlash mumkin:

$$\frac{100}{d_e} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta g_i}{d_i} \quad (1.5)$$

Suyuqlik " Q " sarfi hajmini " ω " qatlam ko'ndalang kesim yuzasi nisbatiga " v " filtratsiya tezligi deyiladi:

$$v = Q/\omega \quad (1.6)$$

Filtratsiya tezligi bilan harakat o'rtacha tezligi orasida quyidagi bog'lanish bor:

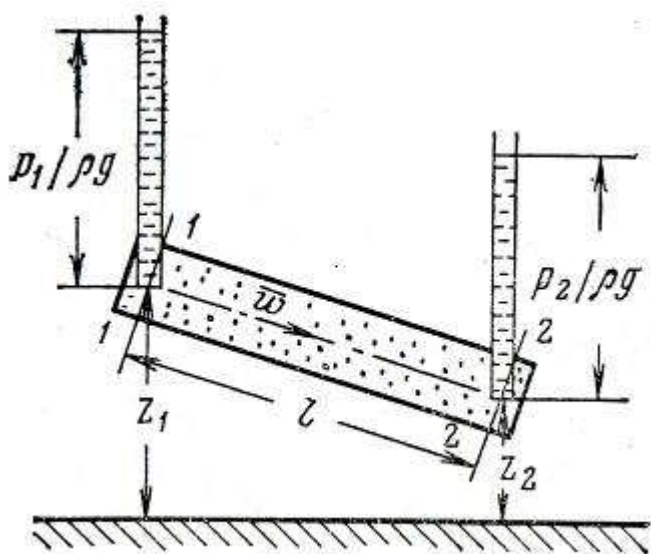
$$g = v/m \quad (1.7)$$

1.2 DARS CHIZIQLI FILTRATSIYA QONUNI. FILTRATSIYA VA O'TKAZUVCHANLIK KOEFFITSIENTI.

Darsi Filtratsiya qonuni siqilmaydigan suyuqlik hajmiy sarfi va birlik uzunlikka to'g'ri keladigan bosim yo'qolishi orasida chiziqli bog'lanishni o'rnatadi, ya'ni

$$Q = K_f \cdot \frac{H_1 - H_2}{\ell} \omega \quad (1.8)$$

bu yerda $H_1 = z_1 + \frac{P_1}{\rho g}$ va $H_2 = z_2 + \frac{P_2}{\rho g}$ - boshlang'ich va oxirgi kesimlardagi to'liq bosimlar; ℓ -uzunlik; ω -ko'ndalang kesim yuzasi (1.2-rasm); K_f -filtratsiya koeffitsienti.



1.2-rasm

Gidravlik nishablik

$$i = \frac{H_1 - H_2}{\ell} \quad (1.9)$$

ekanligini hisobga olib, (1.8) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$Q = k_f \cdot i \cdot \omega. \quad (1.10)$$

Bu tenglamani ikkala tomonini “ ω ” ga bo'lib,

$$v = k_f \cdot i \quad (1.11)$$

hosil qilamiz.

O'zidan suyuqlik va gazni o'tkazadigan g'ovak muhitga o'tkazuvchanlik deyiladi. Bu xususiyat “ k ” o'tkazuvchanlik koeffisienti bilan harakterlanadi. O'tkazuvchanlik koeffisientini filtratsiya koeffisientidan farqi g'ovak muhit xususiyatiga bog'liqligidadir.

Yer osti gidravlikasining neft bilan bog'liq masalalari yechimida Darsi qonunini o'tkazuvchanlik koeffitsienti yordamida quyidagi qulay holda yozamiz:

$$Q = \frac{k}{\mu} \frac{P_1^* - P_2^*}{\ell} \omega = \frac{k \Delta P^*}{\mu \ell} \omega \quad (1.12)$$

yoki

$$v = \frac{k}{\mu} \frac{P_1^* - P_2^*}{\ell} = \frac{k}{\mu} \frac{\Delta P^*}{\ell},$$

bu yerda: $P_1^* = \rho g z_1 + P_1$; $P_2^* = \rho g z_2 + P_2$ - keltirilgan bosimlar.

Darsi qonuni differentsial ko'rinishda

$$v = - \frac{k}{\mu} \frac{dP^*}{dS} \quad (1.13)$$

buladi. Bunda S-oqim chizig'i bo'yicha koordinata.

O'tkazuvchanlik va filtratsiya koeffitsientlari o'zaro tenglik

$$\frac{k}{\mu} = \frac{K_f}{\rho g} \quad (1.14)$$

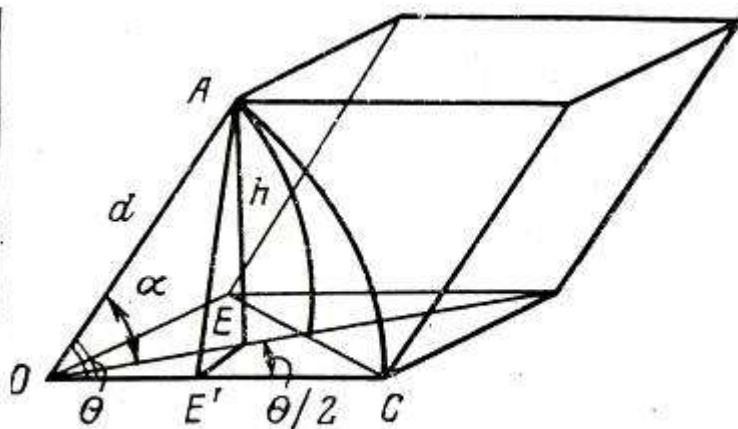
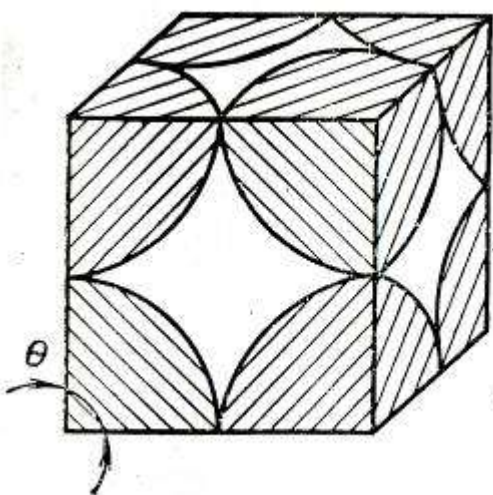
orqali bog'langan.

O'tkazuvchanlik koeffitsienti yuza o'lchov birligiga ega, filtratsiya koeffitsienti esa tezlik ulchov birligiga ega.

Amaliyotda neft va gaz qatlamlaridagi o'tkazuvchanlik darsi (D) birligida o'lchanadi.

$$1D = 1,02 \cdot 10^{-8} \text{sm}^2 = 1,02 \cdot 10^{-12} \text{m}^2$$

0,001 D bo'lgan kattalik (mD) millidarsi deyiladi.



1-masala.

Romboedr qirralari burchaklari $\theta=90^\circ$ (1.3-rasm) bo'lganda (Slixter bo'yicha) fiktiv grunt yacheykasi g'ovakligini aniqlang.

Javob: $m=47,6\%$

1.3-rasm

1.4-rasm.

2-masala.

Fiktiv grunt "m" g'ovakligi va "n" nisbiy g'ovak yuza gruntini tashkil etuvchi zarrachalar diametriga bog'liq emasligini ko'rsating. Romboedr qirralari burchagi $\theta=90^\circ$ (1.3-rasm) bo'lgan hol qaralsin.

Yechish. Slixter bo'yicha fiktiv grunt asosiy yacheykalarini qaraymiz. Bu element g'ovakligi

$$m = \frac{V_{g'ov}}{V_{\text{fakt}}} = \frac{d^3 - \frac{\pi d^3}{6}}{d^3} = 1 - \frac{\pi}{6}$$

bundan "m" g'ovaklikning diametriga bog'liq emasligi kelib chiqadi.

Xuddi shunday n uchun

$$n = \frac{\omega_{g'ov}}{\omega_{HAM}} = \frac{d^2 - \frac{\pi d^2}{4}}{d^2} = 1 - \frac{\pi}{4}$$

3-masala.

G'ovakligi $m=0,25\%$ va zarrachasi effektiv diametri $d_e=0,2$ mm bo'lgan qumning solishtirma sirti aniqlansin. Qatlam birlik xajmidagi zarrachalar soni ham topilsin. Bunda hajm sferik ko'rinishga ega deb hisoblansin.

Javob:

$$S_{sol} = \frac{6(1-m)}{d} = 2,25 \cdot 10^4 m^2 / m^3$$

$$N = \frac{6(1-m)}{\pi d^3} = 1,79 \cdot 10^{11}$$

4-masala.

$\theta=60^\circ$ romboedr o'tkir qirralari burchagi qiymatlariga mos bo'lgan zich terilgan sharli zarrachalarda fiktiv grunt g'ovakligi (Slixter bo'yicha) aniqlansin. (1.4-rasm)

Yechish. Fiktiv grunt asosiy yacheykasi xajmi

$$V_{nam} = \omega h \quad (h = \sin \alpha)$$

$$\omega = d^2 \sin \theta = d^2 \sin 60^\circ = d^2 \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$\sin \alpha$ qiymatini quyidagiga aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} \triangle AOE' \quad \text{dan} \quad OE' &= d \cos \theta; \\ \triangle EOE' \quad \text{dan} \quad OE &= OE' / \cos \frac{\theta}{2} = \frac{d \cos 60^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{d \cdot 2}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}d}{3}; \end{aligned}$$

$$\triangle AOE \quad \text{dan} \quad \cos \alpha = OE / d = \frac{\sqrt{3}}{3},$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{3}{9}} = \frac{\sqrt{6}}{3}$$

“h” va “ω” larni qo'yib,

$$V_{HAM} = \omega h = d^3 \frac{\sqrt{6}}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} d^3$$

topamiz.

Skelet yacheykasi xajmi bitta sharli zarrachaning xajmiga teng.

$$V_{zar} = \pi d^3 / 6$$

$\theta = 60^\circ$ da fiktiv grunt g'ovakligi

$$m = 1 - \frac{V_{zap}}{V_{nam}} = 1 - \frac{\pi d^3 \cdot 2}{6\sqrt{2}d^3} = 1 - \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0,259 = 25,9\%$$

5-masala.

1.1-jadval

Zarracha diametri, mm	0-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,5	0,5-1,0
$\Delta g_i, \%$	6,9	38,6	44,2	6,3	3,3	0,7

Quyidagi mexanik sostavga ega bo'lgan qum uchun Kryuger-Sunker usuli bo'yicha " d_e " effektiv zarra diametri aniqlansin.

Javob: $d_e = 0,09$ mm

6-masala.

Agar Filtratsiya koefitsienti $k_f = 0,3 \cdot 10^{-4}$ sm/s, filtrlanadigan suyuqlik kinematik yopishqoqlik koefitsienti $\nu = 10^{-6}$ m²/c bo'lsa, g'ovak muxit (darsida) o'tkazuvchanligi koefitsienti aniqlansin. Suyuqlik filtratsiyasi Darsi qonuni bo'yicha sodir bo'ladi.

Yechish. Dinamik yopishqoqlik koefitsientni topamiz.

$$M = \nu \cdot \rho$$

(1.14) tenglikdan o'tqazuvchanlik koefitsientini topamiz.

$$k = \mu \cdot \frac{k_f}{\rho g}$$

7-masala.

Agar qum namunasi ko'ndalang kesimi $\omega = 30$ sm², namuna uzunligi $\ell = 15$ sm, namunaga kirishdagi va chiqishdagi bosim farqlari $\Delta P = 19,6$ kPa (0,2 kgs/sm²), suyuqlik zichligi $\rho = 1000$ kg/m³ va sarf 5l/soat bo'lsa, Filtratsiya koefitsienti aniqlansin.

Yechish. Darsi qonuni bo'yicha

$$Q = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\ell} \cdot \omega;$$

$$\frac{k}{m} = \frac{k_f}{\rho g};$$

$$Q = \frac{k_f}{\rho g} \cdot \frac{\Delta P}{\ell} \cdot \omega$$

bundan “ k_f ” filtratsiya koeffitsientini topamiz.

$$k_f = \frac{Q \rho g \ell}{\Delta P \cdot \omega} = \frac{0,00000138 \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot 9,81 \text{ m}^2 / \text{s} \cdot 0,15 \text{ m}}{2000 \text{ kgs} / \text{m}^2 \cdot 0,003 \text{ m}^2} = 0,000345 \text{ m}^2 / \text{s}$$

9-masala.

Agar qatlam qalinligi $h=25$ m, qatlam nisbiy ochilishi $h=0,6$ quduq radiusi $\gamma_s=0,1$ m, suyuqlik debiti $Q=250$ m³/cut bo’lsa, ochilish darajasiga ko’ra gidrodinamik nomukammal quduqda kirish oldidagi suyuqlik o’rtacha filtratsiya tezligi qiymati aniqlansin.

Javob: $v=0,0308$ sm/s

10-masala.

Agar quduq markazidan $\gamma=150$ m masofadagi nuqtadagi bosim $R=7,84$ MPa (80kgs/sm²), qatlam qalinligi $h=12$ m, uning g’ovakligi $m=20\%$, atmosfera bosimiga va qatlam haroratiga keltirildigan debit $Q=2 \cdot 10^6$ m³/s, $R_{at}=0,1$ MPa bo’lsa, quduq markazidan $v=150$ m masofadagi nuqtada quduqqa keladigan gazning tekis radial filtratsiyasidagi harakat o’rtacha tezlik va filtratsiya tezliklari aniqlansin.

Javob: $v=0,262 \cdot 10^{-4}$ m/c; $g=1,31 \cdot 10^{-4}$ m/c

2. DARS QONUNING QO’LLANISH CHEGARALARI. CHIZIQLI BO’LMAGAN FILTRATSIYA QONUNLARI

2.1. REYNOLDS KRITERIYSI.

Quvurlar gidravlikasida suyuqlik harakatining kriteriysini aniqlashda

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = v \cdot d \frac{\rho}{\mu} \quad (2.1)$$

Reynolds soni xizmat qiladi, filtratsiya nazariyasida esa o’lchamsiz

$$R_e = u \bar{a} \frac{\rho}{\mu} \quad (2.2)$$

parametr kiritiladi. Bunda u – qandaydir harakterli tezlik; $\bar{a}$ - g'ovak kanallari o'rtaga kesimini harakterlovchi chiziqli parametr; ρ -suyuqlik zichligi; μ -dinamik yopishqoqlik koeffisienti.

Darsi qonunini saqlanmaydigan filtratsiya tezligiga (V_{kr}) filtratsiyaning kritik tezligi deyiladi.

Suyuqlik filtratsiyasi uchun Reynolds soni N.N.Pavlovekiy tomonidan

$$R_e = \frac{g \cdot d_{\text{эф}}}{(0,75m + 0,23) \cdot \nu} = \frac{\nu \cdot d_{\text{эф}} \cdot \rho}{(0,75m + 0,23) \mu} \quad (2.3)$$

kiritilgan ya'ni harakterli tezlik deb, “ g ” filtratsiya tezligi qabul qilingan bo'lib, chiziqli parametr ushbu

$$a = \frac{d_{\text{эф}}}{0,75m + 0,23} \quad (2.4)$$

ko'rinishda ifodalangan.

N.N.Pavlovekiy bo'yicha Reynolds kritik qiymati

$$7,5 < R_{\text{ekr}} < 9 \quad (2.5)$$

oraligda yotadi.

V.N.Shelkachev tomonidan chiziqli parametr ifodasi quyidagiga taklif etilgan:

$$\bar{a} = 10\sqrt{k}m^{-2,3} \quad (2.6)$$

Shelkachev bo'yicha Reynolds soni

$$R_e = \frac{10\nu \cdot \sqrt{k} \rho}{m^{2,3} \cdot \mu} \quad (2.7)$$

ko'rinishga ega, kritik qiymat esa

$$1 \leq R_{\text{ekp}} \leq 12$$

oraligda yotadi.

M.D.Millionskikov harakterli tezlik deb, suyuqlik harakati o'rtacha tezligini

$$g = \nu / m$$

oladi, chiziqli parametr deb, $\sqrt{k/m}$ ifodani oladi, ya'ni

$$R_e = \frac{g\sqrt{k/m}\rho}{\mu} = \frac{\nu\sqrt{k}\rho}{m^{1,5}\mu} \quad (2.8)$$

$$0,022 \leq Re_{kp} \leq 0,29$$

Agar (2.3), (2.7) va (2.8) formulalar biri bilan hisoblangan “ R_e ” soni qiymati $R_e \leq R_{ekr}$ bo’lsa, Darsi qonuni o’rinli bo’ladi. Agar $R_e \geq R_{ekr}$ unda Darsi qonuni buzilishi ro’y beradi.

2.2. CHIZIQLI BO’LMAGAN FILTRASIYA QONUNLARI

Darsi qonuni buzilishida “ ρ ” filtratsiya tezligi va “ dP/dS ” bosim gradienti o’rtasidagi bog’lanish ikki hadli formula bilan

$$-\frac{dP}{dS} = av + bv^2 \quad (2.9)$$

ifodalanadi. Bu tenglama filtratsiyaning chiziqli qonunidan chiziqli bo’lmagan qonuniga ravon o’tishini ifodalaydi. Tezlikning kichik qiymatlarida $av \gg bv^2$ ikkinchi hadni hisobga olmaymiz va Darsi qonunini hosil qilamiz; $v > v_{ir}$ qiymatlarida “ av ” va “ bv^2 ” lar bir va o’sha qonunga ega; Filtratsiya tezligining katta qiymatlarida $av \ll bv^2$ va

$$-\frac{dP}{dS} = bv^2 \quad (2.10)$$

qabul qilish mumkin. (2.10) formulani A.A.Krasnopolskiy formulasi deyiladi.

“ a ” va “ b ” koeffitsientlar tajriba asosida yoki $a = \mu/k$ formula bo’yicha, “ b ” esa A.A.Shirkovski formulasidan aniqlanadi:

$$b = \frac{63 \cdot 10^6}{(k/m)^{3/2}} \quad (2.11)$$

bu yerda ρ -zichlik kg/m^3 ; k -o’tkazuvchanlik koeffitsienti, D ; m -g’ovaklik koeffitsienti.

Filtratsiya qonunini Darsi qonuni boshqacha filtratsiya tezligi va bosim gradienti orasidagi bir hadli darajali ko’rinishda

$$|\rho| = C \left(\frac{dP}{dS} \operatorname{sign} \frac{dP}{dS} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (2.12)$$

yozish mumkin. Bunda sig n -“ dP/dS ” hosila belgisi; S va n –tajriba bilan aniqlanadigan o’zgarmaslar $1 < n \leq 2$. Krasnopolskiy qonuni bo’yicha $n=2$.

O’lchamlar bir xilligi printsipini qo’llab, “ C ” koeffitsient uchun

$$C = \left[\frac{Re_{kp}}{f(m)} \right]^{\frac{n-1}{n}} k^{\frac{3-n}{2n}} \mu^{\frac{n-2}{n}} \rho^{\frac{1-n}{n}} \quad (2.13)$$

ifodani topish mumkin. Bunda $f(m)=10m^{-2,3}$

1-masala

Agar foydalaniladigan kolonnaning har bir metrda diametri $d_0=10$ mm bo'lgan 10 ta teshik teshilgan, qatlam qalinligi $h=15$ m, qatlam o'tkazuvchanligi $k=1D$, uning g'ovakligi $m=18\%$, neftning yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=4$ mPa·S, neftning zichligi $\rho=870$ kg/m³ va quduq debiti 140 m³/sut tashkil etadigan bo'lsa, ochilish harakteriga ko'ra gidrodinamik nomukammal neft qudug'i oldidagi Reynolds soni qiymati aniqlansin.

Javob: $Re=15,6$ (Shelkachev formulasi bo'yicha),

$Re=0,396$ (Milliontsikov formulasi bo'yicha).

2-masala

Agar atmosfera bosimiga keltirilgan quduq debiti $Q_{at}=2 \cdot 10^6$ m³/sut, qatlam qalinligi $h=10$ m, o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=0,6$ D, qatlam g'ovaklik koeffitsienti $m=19\%$, qatlam sharoitida gazning dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=1,4 \cdot 10^{-5}$ kg/m·S, atmosfera bosim va qatlam temperaturasida gazning zichligi $S_{at}=0,7$ kg/m³ ma'lum bo'lsa, ideal gazning barqaror tekis radial fil'tratsiyasidagi Baren qonuni buzilishi zaboy osti zonasi " V_{tr} " radiusi aniqlansin.

Ko'rsatma. Masalani yechilishida Reynolds soni M.D.Milliontsikov formulasidan foydalanilsin va Re_{kr} qiymati uchun $Re_{kr}=0,022$ pastki qiymati olinsin.

Javob: $r_{kr}=7,9$ m

3-masala.

Agar neft qudug'i debiti $Q=200$ m³/sut, qatlam qalinligi $h=5$ m, g'ovaklik koeffitsienti $m=16\%$, o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=0,2$ D, neft zichligi $\rho=0,8$ g/sm³, uning dinamik yopishqoqligi koeffitsienti $\mu=5$ mPa·S ma'lum bo'lsa, SHelkachev formulasi bo'yicha qatlamda fil'tratsiya Darsi qonuniga ko'ra sodir bo'lishi aniqlansin. Quduq gidrodinamik mukammal, radiusi $r_s=0,1$ m.

Javob. $Re=0,036 < Re_{kp}=1$

4-masala.

Quduq haroratida atmosfera bosimiga keltirilgan gaz quduq debiti $Q_{at}=2 \cdot 10^6$ m³/sut, quduq tubidagi absolyut bosim $R_s=7,84$ MPa (80kgs/sm²), qatlam qalinligi $h=10$ sm, qatlam g'ovaklik koeffitsienti $m=18\%$, qatlam sharoitlarida dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=0,015$ mPa·S, qatla harorati 45⁰S.

" r_s " radiusli mukammal quduq quduq tubi zonasida fil'tratsiya Darsi qonuniga ko'ra o'rin tutishi aniqlansin.

Yechish.

Quduq tubi oldidagi gazning zichligini aniqlaymiz. Buning uchun 0°S va 760 mm. sim. ust. (0,1013 MPa) bo'lgandagi gazning zichligini aniqlaymiz.

$$\rho_0 = 18 / 22,4 = 0,804 \text{ kg/m}^3,$$

va quduq tubi sharoitlarida

$$\rho = \frac{\rho_0 T_0 P_c}{TP_0} = \frac{0,804 \cdot 273 \cdot 7,84}{(273 + 45) \cdot 0,1013} = 53,3 \text{ kg/m}^3$$

Quduq tubi filtratsiya tezligi

$$v_c = \frac{Q_{am} P_{am}}{2\pi \cdot r_c \cdot h \cdot P_c} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 0,1013}{0,864 \cdot 10^5 \cdot 6,28 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 7,84} = 0,0477 \text{ m/s}$$

Shelkachev formulasi bo'tsicha Reynolds soni

$$\text{Re} = \frac{10 \cdot v \sqrt{k} \cdot \rho}{m^{2,3} \cdot \mu} = \frac{10 \cdot 0,0477 \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12}} \cdot 53,3}{0,0195 \cdot 0,015 \cdot 10^{-2}} = 95,6 > \text{Re}_{kp} = 12;$$

Milliontsikov formulasi bo'yicha

$$\text{Re} = \frac{v \sqrt{k} \rho}{m^{1,5} \cdot \mu} = \frac{0,0477 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12}} \cdot 53,3}{0,18^{1,5} \cdot 0,015 \cdot 10^{-3}} = 2,46 > \text{Re}_{kp} = 0,29,$$

ya'ni quduq tubi zonasida Darsi qonuni buziladi.

3. SUV BOSIMLI REJIM SHAROITLARIDA SIQILMAYDIGAN SUYUQLIKNING BIR O'LCHAMLI HARAKATI.

Agar pezometrik bosim chizig'i qatlam yuqori chegrasidan balandda joylashgan bo'lsa, suyuqlik harakati naporli deyiladi.

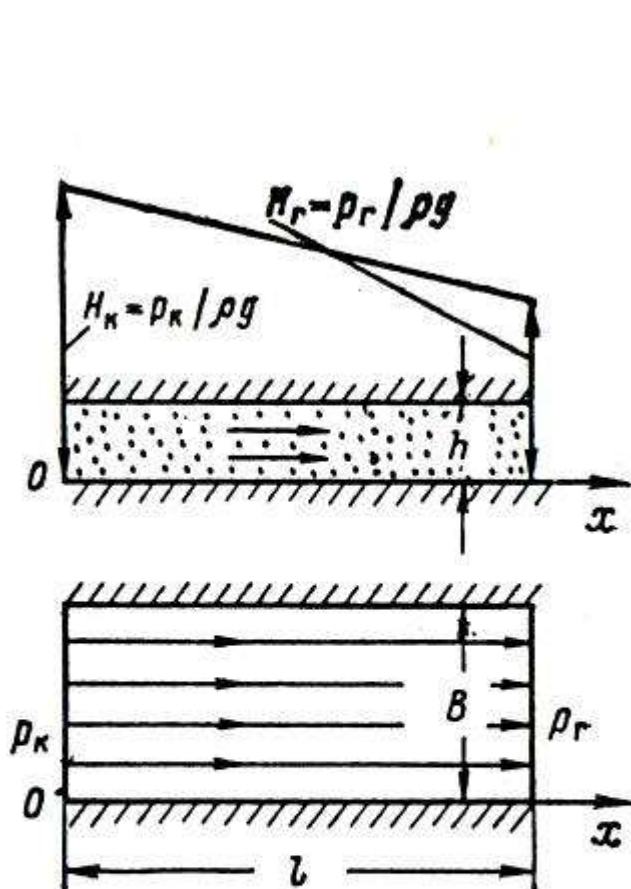
Agar filtratsiya bosimi va tezligi oqimga chizig'i bo'yicha olingan faqat bir koordinataning funktsiyasi bo'lsa, bu xolda suyuqlik va gaz barqaror filtratsiya oqimi bir o'lchamli deyiladi.

Bir o'lchamli oqimga qo'yidagilar kiradi:

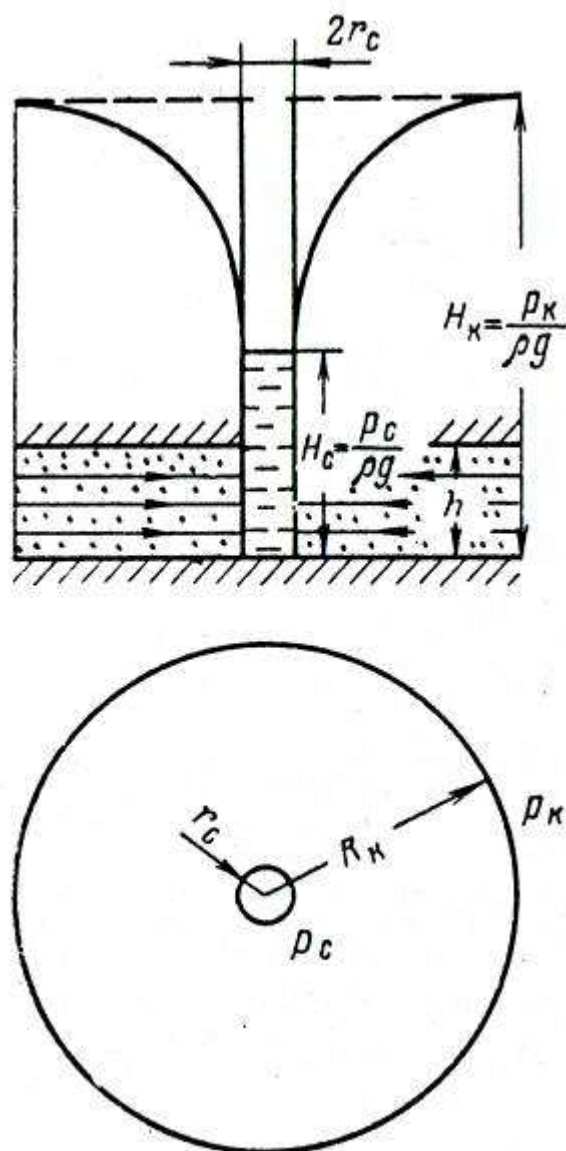
- 1) to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiya oqimi;
- 2) tekis radial;
- 3) radial – sferik.

3.1. SIQILMAYDIGAN SUYUQLIKNING TO'G'RI CHIZIQLI-PARALLEL HARAKATI. DRENAJ GALEREYASIGA OQIB KIRISH.

Agar filtratsiya tezliklari vektorlari o'zaro bir-biriga parallel bo'lsa, bu holda harakat to'g'ri chiziqli-parallel deyiladi. Agar qatlam gorizontaal, yuqori va pastki



3.1-rasm



3.2-rasm

qismlari o'tkazmaydigan, qatlam qalinligi "h" va qatlam qalinligi "B" bo'lsa, bu holda qatlam planda to'g'ri burchakli aks ettiradi (3.1-rasm). Agar qatlam bilan iste'mol oblasti chegarasiga mos keluvchi qatlam birinchi kesimida "P_k" bosim saqlab turilsa, "l" masofa narida esa "P_r" bosim saqlab turilsa, unda harakat barqaror to'g'ri chiziqli – parallel bo'ladi.

Oqim chizig'i bo'yicha OX o'qni yo'naldiramiz. Qatlam g'ovakligi va o'tkazuvchanligi bo'yicha bir jinsli, filtratsiya Darsi qonuniga ko'ra sodir bo'ladi deb hisoblab, hajmiy debiti

$$Q = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{P_k - P_r}{\ell} \omega \quad (3.1)$$

aniqlashimiz mumkin. Bunda $\omega = B \cdot h$ – harakat yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan qatlam kesimi yuzasi:

Qatlamning ixtiyoriy kesimidagi bosim

$$P = P_{\kappa} - \frac{P_{\kappa} - P_r}{\ell} x \quad (3.2)$$

va zarrachalar "x" masofani bosib o'tgandagi vaqt

$$t = \frac{m\mu}{k} \frac{\ell \cdot x}{P_{\kappa} - P_r} \quad (3.3)$$

3.2. SIQILMAYDIGAN SUYUQLIKNING BOSIMLI TEKIS RADIAL HARAKATI. MUKAMMAL QUDUQQA OQIB KIRISH. DYUPYUI FORMULASI.

TEKIS RADIAL OQIM.

Yuqorida aytib o'tganimizdek, tekis radial harakatda filtratsiya tezligi vektorlari radius bo'yicha quduq o'qiga yo'nalgan bo'lib, filtratsiya bosim va tezligi faqat «r» koordinataga bog'liq bo'ladi. «h» qalinlik (quvvati) va «R_k» radiusi bo'lgan chegaralangan gorizontaal silindrik qatlam markazida joylashtirilgan «r_c» radiusli mukammal quduqqa kiradigan (yoki quduqdan chiqadigan) tekis radial oqimni ko'rib chiqamiz. (3.2- rasm, 15-bet).

Agar iste'mol konturiga mos keladigan qatlamning tashqi chegarasida «P_k» o'zgarmas bosim saqlab turilsa, quduq tubida esa P_s o'zgarmas bosim bo'lsa, g'ovakligi va o'tkazuvchanligi bo'yicha qatlam bir jinsli, filtratsiya Darsi qonunga asosan sodir bo'lsa, u holda quduqning debit hajmi Dyupyui formulasidan aniqlanadi.

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (3.24)$$

Bosim taqsimlanish qonuni istalgan quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$P = P_k - \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (3.25)$$

yoki

$$P = P_k - \frac{Q\mu}{2\pi \cdot k \cdot h} \cdot \ln \frac{R_k}{r} \quad (3.26)$$

yoki

$$P = P_c + \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{r}{r_c} \quad (3.27)$$

$p=p(r)$ chiziq bosim depressiya egri chizig'i deyiladi. Quduqqa yaqinlashganda filtratsiya bosim va tezlik gradientlari tez o'sadi. Izobar kartani chizganda izobar radiuslari geometrik progressiya bo'yicha o'zgaradi, shu paytning o'zida esa izobarlardagi bosim arifmetik progressiya bo'yicha o'zgaradi.

Indikator chiziq (quduq debitining $\Delta P = P_k - P_c$ depressiyaga bog'liqligi) Darsi qonuni saqlangandagi oqimning quduq tomon oqishida indikator chiziq (quduq debitining $\Delta P = P_k - P_c$ depressiyaga bog'liqligi) to'g'ri chiziqni aks ettirib, $Q = K \cdot \Delta P$ tenglamadan aniqlanadi.

Mahsuldorlik koeffitsienti

$$K = \frac{2\pi kh}{\mu \cdot \ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (3.28)$$

son jihatidan depressiyadagi debitga teng, ya'ni birga.

Agar $t=0$ da zarracha koordinatasi $r=r_0$ nuqtada joylashgan bo'lsa, unda oqim chizigi uzunligi bo'yicha zarrachaning saqlanish qonuni quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$t = \frac{\pi h m}{Q} (r_0^2 - r^2) \quad (3.29)$$

yoki

$$t = \frac{m \mu \ln \frac{R_k}{r_c} (r_0^2 - r^2)}{2k(P_k - P_c)} \quad (3.29 \text{ a})$$

G'ovak muhit hajmi bo'yicha qatlam bosimning o'rtacha qiymati

$$\bar{P} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} P d\Omega \quad (3.30)$$

bo'ladi, bu yerda Ω - g'ovak muhit hajmi

$$\Omega = \pi(R_k^2 - r_c^2)h \cdot m, \\ d\Omega = 2\pi h m r dr$$

« R » uchun (3.5) ifodaga qo'yib, integrallab va « r_c^2 » li hamma a'zolari hisobga olmasdan

$$\bar{P} = P_k - \frac{P_k - P_c}{2 \ln \frac{P_k}{r_c}} \quad (3.31)$$

Mukammal quduqqa oqib kirishidagi Darsi qonunining buzilishida bosim taqsimlanish qonuni

$$-\frac{dp}{ds} = \frac{dp}{dr} = \frac{\mu}{k} v + b v^2 \quad (3.32)$$

Filtratsiya tezligi

$$v = Q / 2\pi h$$

ifodasini (3.32) ifodaga qo'yib va o'zgaruvchilarga ajratib

$$dp = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \cdot \frac{dr}{r} + \frac{Q^2 b}{(2\pi h)^2} \cdot \frac{dr}{r^2} \quad (3.33)$$

tenglamani hosil qilamiz:

« P » ni « P_s » dan « P_k » gacha va « r_c » ni « r_s » dan « R_k » gacha integrallab

$$P_k - P_c = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \cdot \ln \frac{R_k}{r_c} + \frac{Q^2 b}{(2\pi h)^2} \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right) \quad (3.34)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

Bu kvadrat tenglamani yechib, « Q » quduq debitini topamiz. (3.33) tenglamani « P » bo'yicha « P » dan « P_k » gacha va « r » dan « R_k » gacha integrallab, bosim taqsimlanishi qonunini topamiz:

$$P = P_k - \frac{Q\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_k}{r_c} - \frac{Q^2 b}{(2\pi h)^2} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_k} \right) \quad (3.35)$$

(3.34) ifodadan ko'rinadiki, Darsi qonuni buzilishida indikator chiziq parabola ko'rinishida bo'ladi.

Agar filtratsiya Krasnopol'skiy qonuniga ko'ra bo'lsa, unda debit quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = 2\pi h \sqrt{\frac{r_c}{b} \Delta P} \quad (3.36)$$

3.3. SIQILMAYDIGAN SUYUQLIKNING DARSİ QONUNIGA KO'RA RADIAL-SFERİK HAVAKATI.



3.3-rasm

Katta quvvatli gorizontall o'tkazmaydigan bir jinsli qatlamni to'liq ochmagan mukammal gidrodinamik kichik diametrli quduqqa oqib kiradigan suyuqlikning radial – sferik oqimini qaraymiz. (3.3-rasm)

Agar radiusi « r_c » bo'lgan yarimsfera ko'rinishidagi quduq tubida « P_s^* » keltirilgan o'zgarmas bosim saqlab turilsa, quduqdan ancha uzoq masofada « P_k » radiusli yarimsferik sirtidan esa « P_k^* » o'zgarmas bosim va bir jinsli qatlamida Filtratsiya Darsi qonuni bo'yicha sodir bo'lsa, u

holda quduqning debit hajmi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = \frac{2\pi r_c k (P_k^* - P_c^*)}{\mu} \quad (3.37)$$

Kesimning istalgan nuqtasidagi keltirilgan bosim ushbu

$$P^* = P_k^* - \frac{P_k^* - P_c^*}{\frac{1}{r_c} - \frac{1}{r_k}} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_k} \right) \quad (3.38)$$

formuladan aniqlanadi, oqim chizig'i bo'ylab « r_s » koordinatali nuqtadan « r_c » koordinatali nuqtagacha bo'lgan zarracha harakati qonuni quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$t = \frac{2\pi m}{3Q} (r_o^3 - r^3) \quad (3.39)$$

1-masala.

Agar qatlam qalinligi $h=10\text{m}$, iste'mol konturiga bo'lgan masofa $\ell=10\text{km}$, qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=1\text{D}$, suyuqlikning dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=1\text{sP}$, iste'mol konturi bosimi $P_k=9,8\text{ MPa}$ (100kgs/sm^2) va galereyada bosim $P_r=7,35\text{ MPa}$ (75 kgs/sm^2) bo'lsa va suyuqlik harakati Darsi qonuniga ko'ra bosimli bo'lsin. Eni $B=100\text{m}$ bo'lgan drenajli galeriyaning debiti aniqlansin.

Javob: $Q=21,6\text{m}^3/\text{sut}$.

2-masala.

Agar gidravlik nishablik $i=0,003$, galeriya eni $V=500\text{m}$, qatlam qalinligi $h=6\text{m}$, suyuqlik zichligi $\rho=850\text{ kg/m}^3$, dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=5\text{sP}$, galereya debiti $Q=30\text{ m}^3/\text{sut}$ berilgan va qatlamda suyuqlikning harakati Darsi qonuni bo'yicha bir o'lchamli barqaror to'g'ri chiziqli – parallel ko'rinishda sodir bo'lishi ma'lum bo'lsa, qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsienti aniqlansin.

Javob: $k=2,27\cdot L=2,32\cdot 10^{-8}\text{cm}^2=2,32\cdot 10^{-12}\text{m}^2$

3-masala.

Agar iste'mol konturidagi bosim $R_k=9,8\text{ MPa}$ (100 kgs/sm^2), quduq tubidagi bosim $R_s=7,35\text{ MPa}$ (75 kgs/sm^2), qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=0,5\text{ D}$, qatlam qalinligi $h=15\text{m}$, quduq diametri $F_s=24,8\text{ sm}$, iste'mol konturi radiusi $R_k=10\text{km}$, dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=6\text{mPa}\cdot\text{S}$ va suyuqlik zichligi $\rho=850\text{ kg/m}^3$ bo'lsa, Darsi qonuni bo'yicha suyuqlik barqaror tekis radial Filtratsiyasi xolatida neft qudug'ining debiti aniqlansin.

Javob: $Q_m=127\text{t/sut}$.

4-masala.

Agar iste'mol konturidagi bosim $R_k=8,82$ MPa (90 kgs/sm²), qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti 600 mD, qatlam qalinligi $h=10$ m, quduq diametri $D_s=24,8$ sm, quduq o'qidan iste'mol konturigacha bo'lgan masofa $R_k=10$ km va neft dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=5$ mP·S bo'lsa, chiziqli qonunga ko'ra suyuqlik barqaror tekis radial filtratsiyasida indikator chiziq (Q debitning $\Delta R=R_k-R_s$ farqga bog'liqligi) qurilsin.

Javob: $Q=5,77\Delta P$ (Q , m³/sut; ΔR , kgs/sm²)

5-masala.

Agar qatlam qalinligi $h=10$ m, qatlam g'ovaklik koeffitsienti $m=20\%$, neft massali debiti $Q_m=40$ t/sut, uning zichligi $\rho=850$ kg/m³, $r_c=0,1$ m bo'lsa, $r_o=100$ m radiusli quduq tubidan neft olish vaqti aniqlansin.

Javob: $T=1440$ sut.

6-masala.

$R_k=350$ m radiusli doiraviy qatlam markazida radiusi $r_c=10$ sm bo'lgan quduq joylashgan. Qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=0,8$ D, qatlam qalinligi $h=12$ m, neft dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=5$ sP R_k kontur radiusi bo'yicha yotqiziqni qisman o'tkazuvchanmas deb hisoblab, quduq debiti aniqlansin (3.4-rasm). Planda iste'mol konturi markaziy burchagi $d=120^\circ$ bo'lgan R_k radiusli aylanma yoydan iborat. Iste'mol konturidagi bosim $P_k=27,6$ MPa (285 kgs/sm²), quduq tubidagi bosim esa $P_s=7,84$ MPa (80 kgs/sm²).

Yechish. Agar Dyupyui forimulasida kontur bosimi sifatida aylana uzunligi bo'yicha o'rtacha olingan R_k bosimni qabul qilinsa,

3.4-rasm

masalani tekis radialga keltirish mumkin.

$$\begin{aligned}\tilde{P}_e &= \frac{\alpha}{360} P_e = \frac{120}{360} \cdot 27,9 = 9,3 \text{ Mpa} \\ Q &= \frac{2\pi kh(\tilde{P}_k - P_c)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}} = \frac{6,28 \cdot 0,8 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 12 \cdot (27,9 - 7,84) \cdot 10^6}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \lg \frac{350}{0,1}} = \\ &= 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{c} = 192 \text{ m}^3 / \text{cym}\end{aligned}$$

7-masala.

Cheksiz qatlamni $b=0,5$ m kattalikka qatlam ochgan quduq tubidan markazidan $r=20$ m, 10 m, 5 m, $1,5$ m, 1 m naridagi nuqtalarda keltirilgan bosim aniqlansin. $R_k=1000$ m masofada keltirilgan bosim $P_k^*=9,8$ MPa (100 kgs/sm²), quduq tubida $P_c^*=7,35$ MPa (75 kgs/sm²), quduq radiusi $r_c'=12,4$ sm. Filtratsiya Darsi qonuni bo'yicha sodir bo'ladi.

Ko'rsatma. Quduq tubi yarim sfera ko'rinishda tasavvur qilinib, haqiqiy quduq tubi yuzasiga teng kattalikda bo'ladi. Yarim sferaning r_c' radiusi aniqlanadi. (bunda $2\pi r_c' b = 2\pi r_c^2$).

Javob. Mos ravishda $R^*=9,77; 9,74; 9,68; 9,39; 9,19$ MPa.

8-masala.

Quduq cheksiz katta qalinlikdagi qatlamni katta bo'lmagan chuqurlikda ochadi. Harakatni radial – sferik deb qarab, oqim chizig'i bo'yicha $r_0=100$ m koordinatali nuqtani $r=5$ m koordinatali nuqtaga bo'lgan suyuqlik zarrachasi ko'chish vaqti aniqlansin. Quduq $Q=120$ m³/sut o'zgarmas debit bilan foydalanilmoqda. Qatlam g'ovaklik koeffitsienti $t=150\%$

Javob. $T=7,15$ yil.

4. SUYUQLIKNING BARQAROR TEKIS FILTRATSIYASI. QUDUQLAR INTERFERENSIYASI. TEKIS FILTRATSIYA NAZARIYASINI KOMPLEKS O'ZGARUVCHAN FUNKSIYA NAZARIYALARI BILAN BOG'LIQLIGI.

Umumiy holda filtratsiya tezligi va bosimi qatlam nuqtasining uch koordinatalariga bog'liq bo'ladi. Agar filtratsiya bosimi va tezligi faqat ikki koordinataga bog'liq bo'lsa, unda har bir tekislikda (uchinchi o'qqa perpendikulyar) tezlik va bosim maydonlari bir hil bo'ladi. Bu holda filtratsiya oqimi tekis deb ataladi. Bir va bir necha gidrodinamik mukammal quduqlarning bir jinsli o'zgarmas qalinlikka ega gorizontall qatlamdagi ishlashlarida tekis Filtratsiya oqimi o'rinli bo'ladi. Aynan shu oqimlarni qarab chiqamiz.

4.1. NUQTALI OQIM POTENTIALI.

Nuqtali oqib kirish deb suyuqlikni singdiradigan tekislik nuqtasiga aytiladi. Oqib kirishni birlik quvvatli qatlamlardagi cheksiz kichik radiusga ega bo'lgan gidrodinamik mukammal foydalanish qudug'i deb qarash mumkin. Nuqtali manba deb suyuqlikni chiqaradigan tekislik nuqtasiga (chiqarish qudug'i) aytiladi. Suyuqlikning oqib chiqishini va oqib kirishini oxirgi diametrli quduqlar bilan almashtirib, biz amalda hech qanday xatoga yo'l qo'ymaymiz va shuning uchun kelgusida oqim kiradigan quduq va oqim chiqadigan quduq deb ataymiz. Chegarasiz qatlamdagi oqim kiradigan quduq ishida filtratsiya tekis radial bo'ladi va quduq markazidan " r " masofadagi nuqta bosimi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$P = \frac{q\mu}{2\pi k} \ln r + c, \quad (4.1)$$

bu yerda $q=Q/h$ – qatlam birlik quvvatiga to'g'ri keladigan oqim kiradigan quduq debiti; S – integrallash o'zgarmas soni.

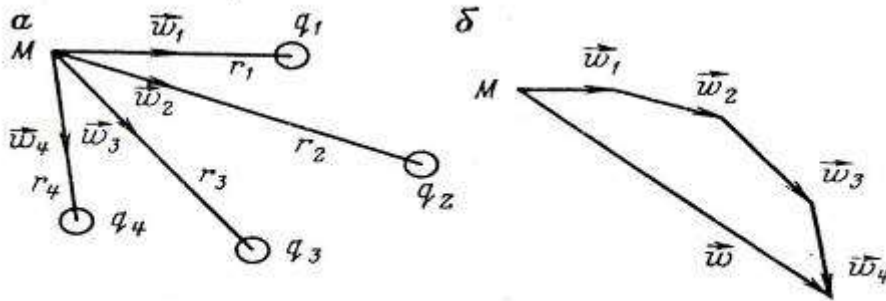
“ ϕ ” filtratsiya tezligi potentsiali deb

$$\hat{o} = \frac{k \cdot \rho}{\mu}$$

ifodaga aytamiz. Bosimdan potentsialga o'tib, quduq markazidan “ r ” masofada joylashgan nuqta potentsial qiymatini hosil qilamiz:

$$\hat{o} = \frac{q}{2\pi} \ln r + c \quad (4.2)$$

Oqim chiqadigan (oqim chiqadigan quduq) debit manfiy ishora bilan yoziladi. Qatlamda bir necha quduqlarning birgalikdagi ishlashida qatlam istalgan M nuqtasidagi natijaviy potentsial, har qaysi alohida quduqlar bajargan ishlari $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ potentsiallarining algebrik yig'indisiga teng:



4.1-rasm.

$$\Phi_M = \frac{q_1}{2\pi} \cdot \ln r_1 + \frac{q_2}{2\pi} \cdot \ln r_2 + \frac{q_3}{2\pi} \cdot \ln r_3 + \dots + C = \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^n q_i \ln r_i + C \quad (4.3)$$

Bunda filtratsiya tezliklari geometrik jamlanadi (4.1 – rasm). Buni superpozitsiya printsipli yoki oqimlar yig'indisi deyiladi.

Superpozitsiya printsipidan foydalanib, qatlam iste'mol konturidan juda uzoqda ishlaydigan iste'mol konturidagi “ Φ_k ” potentsial ma'lum deb hisoblanib, iste'mol konturidan hamma quduqlarigacha bo'lgan masofa taxminan “ R_k ” ga teng bo'ladi. Quduqlarning ketma – ket har biri tubida “ M ” nuqtani joylashtirdik deb faraz qilib, (4.3) umumiy tenglamadan « n » tenglamalar sistemasini hosil qilamiz (n -quduqlar soni). Bu yerda $\Phi_m = \Phi_c$. Integrallash doimiysi iste'mol konturi shartidan topiladi. Debit yoki potentsiallarni aniqlashdagi tenglamalar sistemasining oxirgi ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{aligned} \Phi_k - \Phi_{c_1} &= \frac{1}{2\pi} \left(q_1 \ln \frac{R_k}{r_{c_1}} + q_2 \ln \frac{R_k}{r_{c_2}} + \dots + q_n \ln \frac{R_k}{r_{c_n}} \right) \\ \Phi_k - \Phi_{c_2} &= \frac{1}{2\pi} \left(q_1 \ln \frac{R_k}{r_{c_2}} + q_2 \ln \frac{R_k}{r_{c_2}} + \dots + q_n \ln \frac{R_k}{r_{c_n}} \right) \end{aligned} \quad (4.4)$$

$$\Phi_k - \Phi_{c_n} = \frac{1}{2\pi} \left(q_1 \ln \frac{R_k}{r_{c_{1n}}} + q_2 \ln \frac{R_k}{r_{c_{2n}}} + \dots + q_n \ln \frac{R_k}{r_{c_n}} \right),$$

bu yerda r_{ij} - i - nchi va j - nchi quduqlar markazlari orasidagi masofa

Superpozitsiya printsipini faqat cheksiz qatlamlarda emas, balki iste'mol konturiga ega yoki o'tkazmaydigan chegaraning u yoki bu ko'rinishdagi qatlamlarida ham foydalanish mumkin. Bu holda chegaralardagi u yoki boshqa shartlarni bajarishda qatlam chegarasidan narida fiktiv oqim kiradigan quduqlar yoki oqib chiqadigan quduqlar kiritiladi. Fiktiv quduqlarning real quduqlar bilan qo'shilgan chegaralarida yetarli shartlar qanoatlantiriladi. Bunda cheksiz fiktiv quduqlarining bir vaqtdagi ishi masalasi qaraladi. Bu usul oqib kiradigan va oqib chiqadigan oqimchalar aks ettirilishi deyiladi. Bu usul nafaqat yer osti gidravlikasi va gidrodinamikada, balki nazariy elektr, magnetizm va elektr o'tkazuvchanlik masalalarini yechishda ham keng ko'lamda qullaniladi.

Agar qatlamdagi foydalanish qudug'i to'g'ri chiziqli iste'mol konturidan «a» masofada joylashgan bo'lsa, uni konturga nisbatan yaqqol tasvirlash kerak, ya'ni konturdan «a» masofa narigi tomonda fiktiv quduqni joylashtirish kerak va uning debitini manfiy (oqib chiqadigan quduq) deb hisoblash lozim.

Bunda istalgan «M» nuqtadagi potentsial

$$\Phi_M = \frac{q}{2\pi} \ln \cdot r_1 - \frac{q}{2\pi} \ln \cdot r_2 + C = \frac{q}{2\pi} \ln \frac{r_1}{r_2} + C$$

bo'ladi. Iste'mol konturida, $r_1=r_2$ $\Phi_c=\Phi_k$ quduq debiti esa ushbu

$$Q = \frac{2\pi k(\Phi_k - \Phi_c)}{\ln \frac{2a}{r_c}} = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \cdot \ln \frac{2a}{r_c}} \quad (4.5)$$

formuladan aniqlanadi.

4.2 QUDUQLAR INTERFERENTSIYASI.

Quduqlardagi interferentsiya (o'zaro harakat) hodisasi bir guruh quduqlarni ishga tushirish, to'xtatish ta'sirida yoki ish rejimini o'zgartirganda, boshqa guruh quduqlardagi debitlar va tub bosimlar o'zgarishi natijasida sodir bo'ladi. to'g'ri chiziqli iste'mol konturidan «L» masofada joylashgan cheksiz zanjirdagi har bir

quduq debitini (4.2 rasm)

$$Q = \frac{2\pi(\Phi_k - \Phi_c)}{\ln 2sh \frac{\pi L}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c}} = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \left(\ln sh \frac{\pi L}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c} \right)} \quad (4.6)$$

formula bilan ifodalanadi. Bunda σ - quduqlar orasidagi yarim masofa.

Agar $L \geq \sigma$ bo'lsa, unda taxminan

$$\ln 2sh \frac{\pi L}{\sigma} = \ln \left(e^{\frac{\pi \cdot L}{\sigma}} - e^{-\frac{\pi \cdot L}{\sigma}} \right) \approx \frac{\pi \cdot L}{\sigma} \quad (4.7)$$

deb qabul qilish mumkin va

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \left(\frac{\pi \cdot L}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c} \right)} \quad (4.8)$$

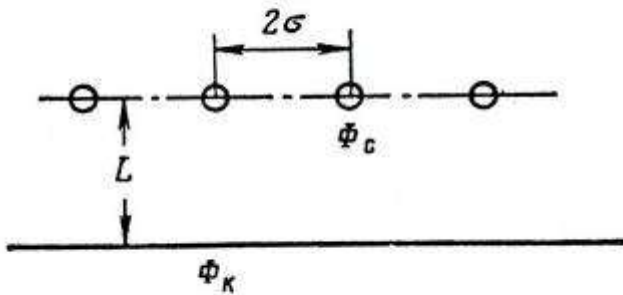
bo'ladi.

« R_k » radiusli doira qatlamidagi « n » quduqlardan tashkil topgan xalqali (4.3-rasm) batariya quduqlaridan biridagi debit quyidagicha bo'ladi:

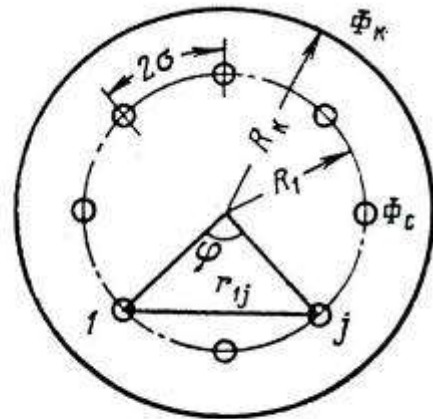
$$Q = \frac{2\pi h(\Phi_k - \Phi_c)}{\ln \left[\frac{R_k^n}{nr_c R_1^{n-1}} \left(1 - \frac{R_1^{2n}}{R_k^{2n}} \right) \right]} = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \cdot \ln \left[\frac{R_k^n}{nr_c R_1^{n-1}} \left(1 - \frac{R_1^{2n}}{R_k^{2n}} \right) \right]}, \quad (4.9)$$

Bu yerda R_1 – batariya radiusi; r_2 – quduq radiusi.

Agar quduq batariyalar soni besh yoki oltita yoki undan ham ko'p bo'lsa, unda $((R_1/R_k)^{2n} \ll 1)$ va bu ifodani birdan kichik bo'lgani uchun hisobga olmasa ham bo'ladi; agar, bundan tashqari $\frac{R_1}{nr_c} = \frac{\sigma}{\pi r_c}$ ga almashtirsak, unda quyidagi



4.2-rasm.



4.3-rasm.

formulani hosil qilamiz:

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \left(n \cdot \ln \frac{R_k}{R_1} + \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c} \right)} \quad (4.10)$$

Agar elliptik ko'rinishidagi qatlamlar biridan teng uzoqlikdagi «n» quduqlar (4.4-rasm) ishlayotgan bo'lsin, u holda quduqlardan birining debiti V.T. Mironenko taklif etgan formuladan aniqlanishi mumkin:

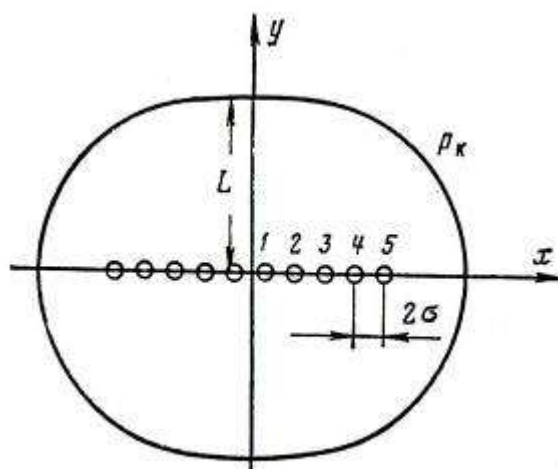
$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c) \operatorname{sh} \beta \cdot \operatorname{ch} \frac{\beta x}{\sigma}}{\mu \operatorname{sh}(n\beta) \left(\operatorname{Arsh} \frac{L}{n\sigma} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c} \right)}$$

(4.11)

bu yerda « β » ushbu tenglamadan

$$\operatorname{ch}(2\beta) = 1 + \frac{\ln \cdot n}{(n-1) \ln \frac{\sigma}{r_c}}, \quad (4.12)$$

topiladi. Bunda x - quduq markazi koordinatasi; L – ellipsning kichik yarim koordinatasi.



4.4-rasm.

4.3. EKVIVALENT FILTRATSIYA QARSHILIKLAR USULI.

Ko'p qatorli batareyalar yoki zanjirli quduqlar nisbiy usullaridan biri bo'lib, Yu.P. Borisovning ekvivalent filtratsiya qarshiliklar usuli hisoblanadi.

«n» quduqlardan iborat zanjir debit yig'indisi

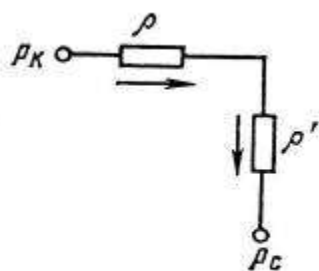
$$Q^1 = \frac{2\pi kh n(P_k - P_c)}{\mu \left(\frac{\pi \cdot L}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_0} \right)} = \frac{P_k - P}{\frac{\mu \cdot L}{kh 2\sigma n} + \frac{\mu}{2\pi h n} \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c}} \quad (4.13)$$

ifodaga teng bo'ladi.

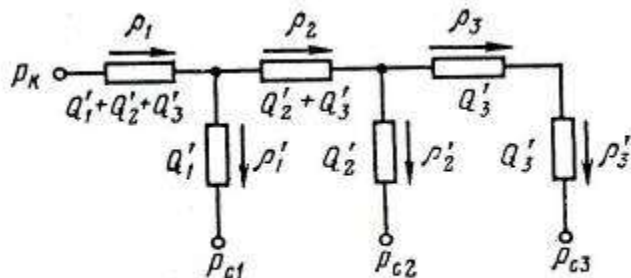
Elektrodinamik analogiyani qo'llab va xajmiy sarf analogi sifatida tok kuchi bo'lishini hisobga olib, bosimlar farqi analogi bo'lib esa elektr potentsiallar farqi (yuqoridagi tenglama maxrajidagi ifoda) hisoblanadi va uni filtratsiya qarshiliklari deb atash mumkin. U quyidagi filtratsiya qarshiliklar yig'indisidan tashkil topadi:

a) Iste'mol konturidan «L» masofadagi uzunligi $B = 2\sigma n$ galereyaga keladigan oqimga qarshilikni ko'rsatuvchi filtratsiya qarshiliklar

$$\rho = \frac{\mu \cdot L}{kh \cdot 2\sigma n} = \frac{\mu \cdot L}{khB}; \quad (4.14)$$



4.5-рasm.



4.6-рasm.

b) $\frac{\sigma}{\pi}$ radiusli zonadagi quduqlarga suyuqlik oqimining (tekis radial filtratsiya) kirishida sodir bo'ladigan qarshilikni ifodalovchi ichki filtratsiya qarshilik

$$\rho^1 = \frac{\mu}{2\pi k \ell n} \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_c}. \quad (4.15)$$

(4.13) formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Q^1 = \frac{P_k - P_c}{\rho + \rho^1}. \quad (4.16)$$

Oxirgi tenglamaga mos keladigan elektr sxema, tok kuchi «Q» potentsiallar farqi, hamda ρ va ρ^1 , va qarshiliklarga ega bo'lgan ikkita ketma-ket ulangan o'tkazgichlardan iboratligini ko'rsatadi. (4.5 - rasm)

Agar qatlamda tub bosimlari « P_{c_1} », « P_{c_2} », « P_{c_3} » va mos ravishda debitlar yig'indilari « Q_1^1 », « Q_2^1 », « Q_3^1 », hamda radiuslari « r_{c_1} », « r_{c_2} », « r_{c_3} » bo'lgan zanjirli uch « n_1 », « n_2 », « n_3 » quduqlar bo'lsa, u holda ekvivalent Filtratsiya qarshiliklar sxemasi tarmoqli bo'ladi (4.6 rasm). Bunda iste'mol konturidan tushadigan suyuqlikning umumiy miqdori kelgusida quyidagicha bo'linadi: Q_1^1 debit birinchi zanjirda saqlab qolinadi va qolgan suyuqlik harakatni davom ettiradi, keyin esa Q_2^1 debiti ikkinchi zanjirda saqlab qolinadi va x.k.

Bu holatda tashqi filtratsion qarshiliklar

$$\rho_1 = \frac{\mu \cdot L_1}{khB}, \quad \rho_2 = \frac{\mu \cdot L_2}{khB}, \quad \rho_3 = \frac{\mu \cdot L_3}{khB} \quad (4.17)$$

bo'ladi. Bunda L – istemol konturidan quduqning birinchi zanjirigacha bo'lgan masofa; L_2 – quduqning birinchi va ikkinchi zanjirlari orasidagi masofa; L_3 – ikkinchi va uchinchi zanjirlar orasidagi masofa.

Ichki qarshiliklar quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\begin{aligned}\rho_1^1 &= \frac{\mu}{2\pi kh n_1} \ln \frac{\sigma_1}{\pi \cdot r_{c_1}}, \\ \rho_2^1 &= \frac{\mu}{2\pi kh n_2} \ln \frac{\sigma_1}{\pi \cdot r_{c_2}}, \\ \rho_3^1 &= \frac{\mu}{2\pi kh n_3} \ln \frac{\sigma_1}{\pi \cdot r_{c_3}}\end{aligned}$$

Sxema hisobi OM va Kirxgof qonunlari bo'yicha bajariladi; bunda noma'lumlar (Q_1^1, Q_2^1, Q_3^1 yoki $P_{c_1}, P_{c_2}, P_{c_3}$) soni bo'yicha algebraik chiziqli tenglamalar tuziladi. Aylanali batareya quduqlari debit yig'indisi (4.16) formuladan aniqlanadi. Bunda tashqi qarshilik

$$\rho = \frac{\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_k}{R_1}, \quad (4.19)$$

Formuladan, ichki qarshiliklar esa (4.15) formuladan aniqlanadi.

Bu hol uchun ham ekvivalent filtratsiya qarshiliklar sxemasi, to'g'ri chiziqli zanjir singari bo'ladi.

Bir necha aylanma batareya (masalan, uch) sxemasi 4.6 – rasmda tasvirlangan. Bunda tashqi filtratsion qarshiliklar quyidagi formulalardan hisoblanadi:

$$\begin{aligned}\rho_1 &= \frac{\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_k}{R_1}, \\ \rho_2 &= \frac{\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_k}{R_2}, \\ \rho_3 &= \frac{\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_k}{R_3},\end{aligned} \quad (4.20)$$

bu yerda: R_1, R_2, R_3 – batareyalar radiusi. Ichki qarshiliklar (4.18) formula yordamida aniqlanadi.

4.4. FILTRATSIYA NAZARIYASI TEKIS MASALASINING KOMPLEKS O'ZGARUVCHI FUNKTSIYA NAZARIYASI BILAN BOG'LIQLIGI.

Darsi qonuniga bo'ysunuvchi tekis filtratsiya oqimini tadqiq etishda kompleks o'zgaruvchan funktsiyalar nazariyasidan foydalanish mumkin. Asosiy oqim tekisligiga $z = x + iy$ kompleks o'zgaruvchilar tekisligini joylashtiramiz.

Har bir tekis filtratsiya oqimi uchun oqim harakteristikasi funktsiyasini yoki «z» o'zgaruvchan kompleks funktsiyasi bo'lib hisoblangan «F(z)» kompleksi potentsialni aniqlash mumkin. «F(z)» funktsiya quyidagi ifodaga teng:

$$F(z) = \phi(x, y) + i\varphi(x, y), \quad (4.21)$$

bu yerda $\phi(x, y)$ - tezlik potentsiali; $i\varphi(x, y)$ - oqim funktsiyasi. Bu funktsiyalar o'zaro Koshi – Riman tenglamalari

$$\begin{aligned} \frac{\partial \phi}{\partial x} &= \frac{\partial \varphi}{\partial y}; \\ \frac{\partial \phi}{\partial y} &= -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \end{aligned} \quad (4.22)$$

orqali bog'langan va u ushbu Laplas tenglamasiga

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} &= 0; \\ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} &= 0 \end{aligned} \quad (4.23)$$

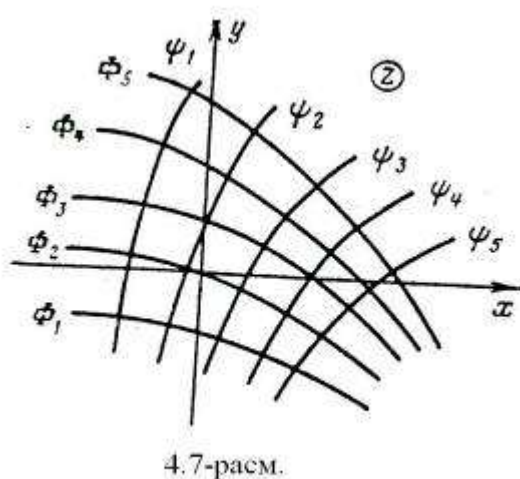
Bo'ysunadi.

$\phi(x, y) = C$ tenglama izobaralarga mos tushadigan ekvipotentsiallar guruhini

aniqlaydi. Bunda $\phi = \frac{k}{\mu} \cdot p$;

$\varphi(x, y) = C$ - oqim chizig'i guruhi. Ekvipotentsiallar va oqim chiziqlari o'zaro ortogonal (4.7 - rasm).

Filtratsiya tezliklarining koordinata o'qidagi proektsiyalarini



$$\begin{aligned} v_x &= -\frac{\partial \phi}{\partial x}, \\ v_y &= -\frac{\partial \phi}{\partial y} \end{aligned} \quad (4.24)$$

formuladan, filtratsiya tezligi modulini esa

$$v = \left| \frac{dF}{dz} \right| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (4.25)$$

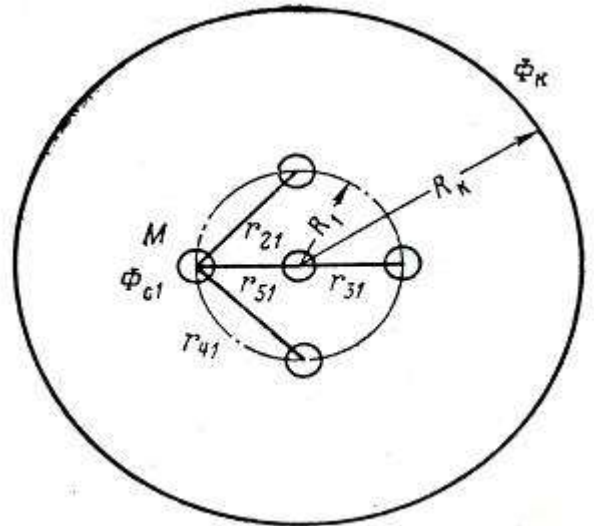
formuladan topiladi.

Oqim zarrachasining «S» oqim uzunligi bo'yicha harakati vaqtini

$$t = -m \int_s \frac{\overline{dz}}{\overline{dF}} \quad (4.26)$$

formuladan aniqlanishi mumkin. Bunda $\bar{z} = x - iy$ - z bilan qo'shilgan kompleksli o'zgaruvchi.

Agar qandaydir tekis Filtratsiya oqimini bir necha qo'shilgan oddiy oqimlar yig'indisi deb qarash mumkin, unda murakkab oqimlar harakteristik funktsiyasi superpoziya printsipiga asosan oddiy oqimlar xarakteristik funktsiyalarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.



1-masala.

Agar hamma quduqlar bir xil shartlarda bo'lsalar; batareya radiusi $R_1=200$ m, iste'mol konturidagi bo'lgan masofa $R_k=10$ km, quduq radiusi $r_c=0,1$ sm, qatlam qalinligi $h=10$ m, iste'mol konturidagi potentsial $\Phi_s=40$ sm²/s, quduqlardagi potentsial $\Phi_s=30$ sm²/s ma'lum bo'lsa, iste'mol konturigacha (4.8-rasm) uzoqda joylashgan to'rt quduq va markazda joylashgan bir quduqlardan iborat batareyalarning debiti aniqlansin.

Yechish. Quduqlar guruhi ishlagandagi potentsial formulasidan

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \cdot \sum q_i \ell m r_i + C \quad (4.27)$$

topamiz.

Quduqlar iste'mol konturida uzoqda iste'mol konturida yotadigan nuqtada joylashishgan deb hisoblab,

$$\Phi_k = \frac{1}{2\pi} \cdot \sum q_i \ell n R_k + C \quad (4.28)$$

“M” nuqtani birinchi quduq tubiga kiritib va $q_1=q_2=q_3=q_4$ larni hisobga olib 4.8-rasm

$$\Phi_{c1} = \frac{1}{2\pi} (q \ell n r_c + q \ell n r_{21} + q \ell n r_{31} + q \ell n r_{41} + q_5 \ell n r_{51}) + C \quad (4.29)$$

(4.28) dan (4.29) ni ayirib va $r_{21} = r_{41} = \sqrt{2}R_1$, $R_{31}=2R_1$, $r_{51}=R_1$ almashtirib

$$\begin{aligned} \Phi_k - \Phi_c &= \frac{q}{2\pi} \left(\ell n \frac{R_k}{r_c} + 2 \ell n \frac{R_k}{\sqrt{2}R_1} + \ell n \frac{R_k}{2R_1} \right) + \frac{q_5}{2\pi} \ell n \frac{R_k}{R_1} = \\ &= \frac{q}{2\pi} \ell n \frac{R_k^4}{4R_1^3 r_c} + \frac{q_5}{2\pi} \ell n \frac{R_k}{R_1} \end{aligned} \quad (4.30)$$

“M” nuqtani quduq tubi markaziga joylashtirib, “ Φ_{c5} ” ni aniqlaymiz.

$$\Phi_{c5} = \frac{1}{2\pi} (q \ell n r_{15} + q \ell n r_{23} + q \ell n r_{35} + q \ell n r_{45} + q_5 \ell n r) + C \quad (4.31)$$

(4.28) dan (4.31) ayirib va

$$r_{15} = r_{25} = r_{35} = r_{45} = R_1$$

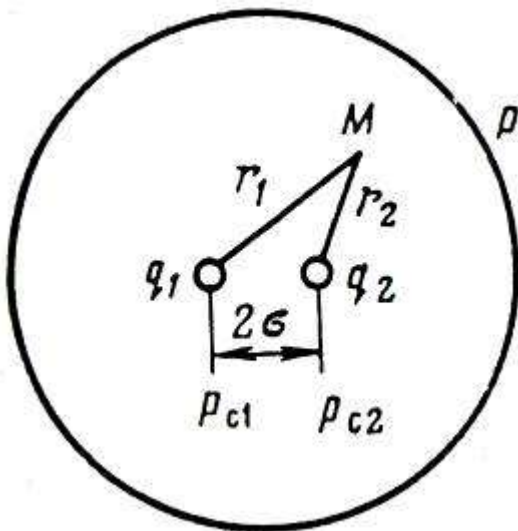
ekanligini hisobga olib,

$$\Phi_{\kappa} - \Phi_c = \frac{q}{2\pi} 4 \ell n \frac{R_{\kappa}}{R_1} + \frac{q_5}{2\pi} \ell n \frac{R_{\kappa}}{R_c}$$

ifodaga ega bo’lamiz.

(4.30) va (4.31) larga berilgan ma’lumotlarni qo’yib

$$10 = \frac{q}{2\pi} \ell n \frac{(10^4)^4}{4 \cdot 2^3 \cdot 10^6 \cdot 0,1} + \frac{q_5}{2\pi} \ell n \frac{10^4}{200},$$



$$10 = \frac{q \cdot 4}{2\pi} \ell n \frac{10^4}{200} + \frac{q_5}{2\pi} \ell n \frac{10^4}{0,1}$$

va hosil qilgan sistemalarni “q” va “q₅” ga nisbatan yechib, qo’yidagilarni topamiz.

$$q = 2,28 \text{ sm}^2/\text{s},$$

$$q_5 = 1,95 \text{ sm}^2/\text{s},$$

$$Q = q \cdot h = 2,28 \cdot 10^3 \text{ sm}^2/\text{s}, \quad = 197$$

$$\text{m}^2/\text{sut}$$

$$Q_5 = q_5 \cdot h = 1,95 \cdot 10^3 \text{ sm}^2/\text{s} = 168^3$$

$$\text{m}^2/\text{sut}.$$

2-masala.

Agar radiusi $R_k = 10 \text{ km}$ bo’lgan doiraviy qatlamda, $r_c = 0,1 \text{ m}$ radiusli 1-quduqdan $2\sigma = 150 \text{ m}$ masofada joylashgan va quduq tubi bosimi $P_{s2} = 6,82 \text{ MPa}$ (70 kgs/sm^2) bo’lgan 2-quduq kiritilishida, radiusi $r_c = 0,1 \text{ m}$ bo’lgan 1-quduq qanday quduq tubi bosimida ishlayotganligi aniqlansin. Iste’mol konturida bosim $P_k = 9,8 \text{ MPa}$ (100 kgs/sm^2).

Yechish. Quduqlar iste’mol konturidan anchagina uzoqda deb qarab va superpozitsiya printsipini qo’llab ixtiyoriy “M” nuqtadagi natijaviy oqim potentsiali ifodasini yozamiz (4.9-rasm).

$$\Phi_{\kappa} - \Phi_M = \frac{q_1}{2\pi} \ell n \frac{R_{\kappa}}{r_1} + \frac{q_2}{2\pi} \ell n \frac{R_{\kappa}}{r_2}$$

“M” nuqtani 1-quduq konturiga joylashtirib,

$$\Phi_{\kappa} - \Phi_{c1} = \frac{q_1}{2\pi} \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c} + \frac{q_2}{2\pi} \ln \frac{R_{\kappa}}{2\sigma}$$

va uni 2-quduq konturiga joylashtirib

$$\Phi_{\kappa} - \Phi_{c2} = \frac{q_1}{2\pi} \ln \frac{R_{\kappa}}{2\sigma} + \frac{q_2}{2\pi} \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}$$

4.9-rasm

ifodalarni topamiz.

1-quduq to'la to'xtatilgani uchun uning debiti

$q=0$ va tenglama.

$$\Phi_{\kappa} - \Phi_{c1} = \frac{q_2}{2\pi} \ln \frac{R_{\kappa}}{2\sigma};$$

$$\Phi_{\kappa} - \Phi_{c2} = \frac{q_2}{2\pi} \ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}$$

ko'rinishni oladi va bunda " q_2 " debitni olib tashlab, " Φ_{c1} " potentsialni aniqlaymiz:

$$\frac{\Phi_{\kappa} - \Phi_{c1}}{\Phi_{\kappa} - \Phi_{c2}} = \frac{\ln \frac{R_{\kappa}}{2\sigma}}{\ln \frac{R_{\kappa}}{r_c}},$$

$$\Phi_{c1} = \Phi_{\kappa} - (\Phi_{\kappa} - \Phi_{c2}) \frac{\lg \frac{R_{\kappa}}{2\sigma}}{\lg \frac{R_{\kappa}}{r_c}}$$

Potentsiallardan bosimga o'tib, qo'yidagilarni topamiz:

$$P_{c1} = P_{\hat{e}} - (P_{\hat{e}} - P_{c2}) \frac{\ln \frac{R_{\hat{e}}}{2\sigma}}{\ln \frac{R_{\hat{e}}}{r_c}} = 9,8 - 2,94 \frac{\lg \frac{10^4}{150}}{\lg \frac{10^4}{0,1}} = 9,8 - 2,94 \frac{1,823}{5} = 8,72 \text{ MPa}$$

3-masala.

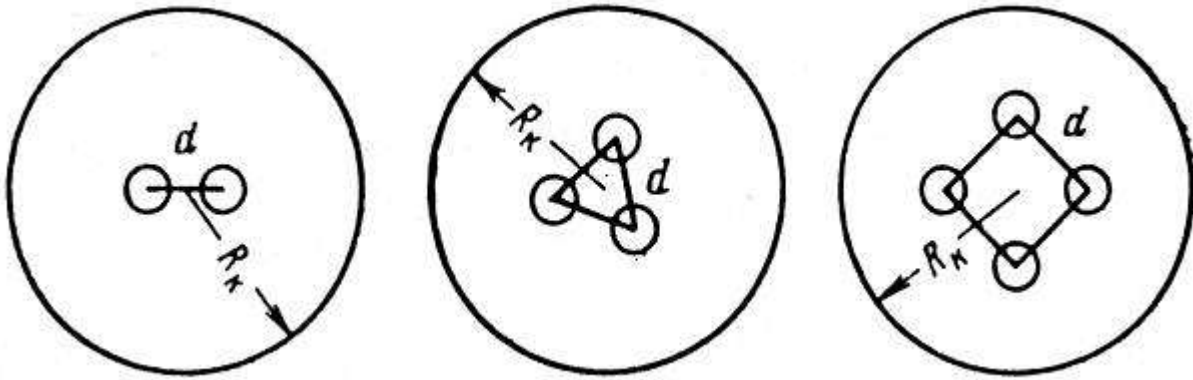
O'zaro ta'sir effekti "E" deb, hamma interferentsiyalanayotgan quduqlar debitlari yig'indisining xuddi shu sondagi quduqlar o'zaro ta'sirini inobatga olmagan debitlarining yig'indisi nisbatiga aytiladi.

Quduqlar soniga, foydalanilayotgan yotqiziq $R_k=5000$ m radiusiga, quduq $r_c=10$ sm radiusiga, quduqlar doimiy depressiyalarda ishlashining o'zaro ta'sir effekti o'zgarishiga bog'liqligi topilsin.

Qo'yidagi holatlar solishtirilsin:

a) ikki quduq $d=100$ m masofada joylashgan;

b) uchta quduq tomonlari $d=100$ m bo'lgan teng tomonli uchburchak uchlarida joylashgan;



v) to'rtta quduq tomonlari $d=100\text{m}$ bo'lgan kvadrat uchlarida joylashgan (4.10-rasm)

Yechish. Quduqlar iste'mol konturi bilan kontseptrik bo'lib, aylana bo'yicha teng masofada joylashgan deb qarab, aylanma batareyalarning bir quduq debiti formulasidan foydalanamiz:

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \ell n \left[\frac{R_k^m}{mR_1^{m-1}} \left(1 - \frac{R_1^{2m}}{R_k^{2m}} \right) \right]}$$

Qaraladigan masala sharti ($R_1/R_k \ll 1$) uchun bu formulani soddalashtirib ushbu ko'rinishda

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \ell n \frac{R_1^m}{mR_1^{m-1}r_c}}$$

yo'zish mumkin.

Doiraviy qatlamdagi bir quduq debiti Dyupuyi formulasi bo'yicha aniqlanadi:

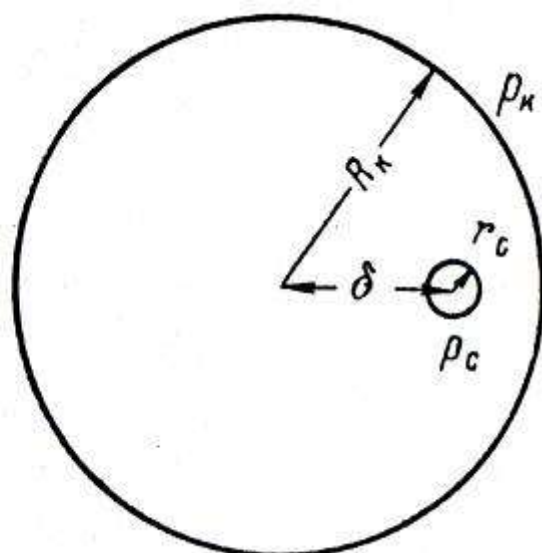
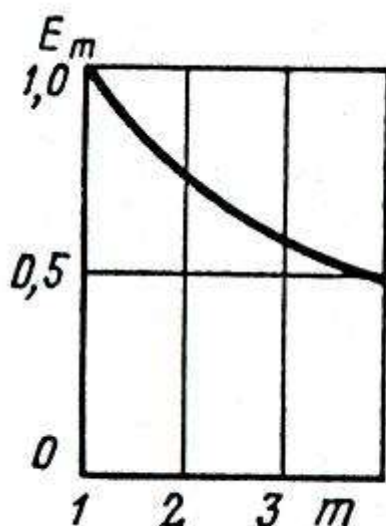
$$Q_{\text{dup}} = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \ell n \frac{R_k}{r_c}}$$

4.10-rasm.

O'zaro ta'sir effekti

$$E = \frac{mQ}{Q_{\text{dup}}} = \frac{\ell n \frac{R_k}{r_c}}{\ell n \frac{R_1^m}{mR_1^{m-1}r_c}} = \frac{\lg \frac{R_k}{r_c}}{\lg \frac{R_1^m}{mR_1^{m-1}r_c}}$$

$$\text{a) } R_1 = \frac{d}{2} = \frac{100}{2} = 50\text{m}, \quad m = 2,$$



$$E = \frac{\lg \frac{5000}{0,1}}{\lg \frac{25 \cdot 10^6}{2 \cdot 50 \cdot 0,1}} = \frac{4,699}{6,398} = 0,735;$$

b) uchta quduqdan iborat ($m=3$) batareyalar radiusi $R_1 = d\sqrt{3}$ ga teng; bu xolda

$$E_3 = \frac{\lg \frac{R_k}{r_c}}{\lg \frac{R_k^3}{3 \left(\frac{d}{\sqrt{3}} \right)^2 r_c}} = \frac{4,699}{\lg \frac{1,25 \cdot 10^9}{10^4 \cdot 0,1}} = \frac{4,699}{8,097} = 0,580$$

v) to'rt quduqdan iborat batareyalar radiusi, kvadrat uchlarida joylashgan bo'lib, $R_1 = \frac{d\sqrt{2}}{2} = 70,7$ metrni tashkil etadi.

$$E_3 = \frac{\lg \frac{R_k}{r_c}}{\lg \frac{R_k^4}{4R_1^3 r_c}} = \frac{4,699}{\lg \frac{6,25 \cdot 10^{12}}{4,70 \cdot 70,7^3 \cdot 0,1}} = \frac{4,699}{9,647} = 0,487$$

4.11-rasm

4.12-rasm

$m=1$ da $E_1=1$ ni hisobga olib va topilgan ma'lumotlar bo'yicha E_m o'zaro ta'sir effekti o'zgarishining "m" quduqlar soniga bog'liqligi grafisini ko'ramiz. (4.11-rasm).

4-masala.

Radiusi $R_k=200$ m bo'lgan doiraviy qatlamda radiusi $r_c=10$ sm bo'lgan ekstsentrik joylashgan quduq ishlayotgan bo'lsin. (4.12-rasm).

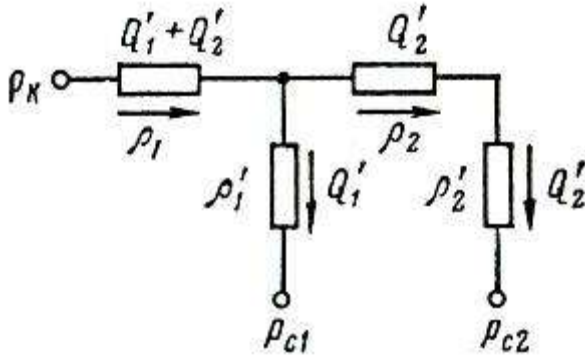
Markazga joylashgan quduq debitiga nisbatan quduq joylashishi “ σ ” ekstsentrisitetik bog’liq debit o’zgarishi aniqlansin.

Yechish. Ekstsentrik joylashgan quduq debiti ushbu

$$Q_{eks} = \frac{2\pi kh(R_e - P_c)}{\mu \ell n \left[\frac{R_k}{r_c} \left(1 - \frac{\delta^2}{R_k^2} \right) \right]}$$

formuladan aniqlanadi.

“ Q_{eks} ” ning



$$Q_0 = \frac{2\pi kh(R_e - P_c)}{\mu \ell n \frac{R_k}{r_c}}$$

ifodaga nisbati

$$\frac{Q_{eks}}{Q_0} = \frac{\ell n \frac{R_k}{r_c}}{\ell n \left[\frac{R_k}{r_c} \cdot \left(1 - \frac{\delta^2}{R_k^2} \right) \right]} = \frac{\lg \frac{R_k}{r_c}}{\lg \left[\frac{R_k}{r_c} \cdot \left(1 - \frac{\delta^2}{R_k^2} \right) \right]}$$

“ Q_{eks}/Q_0 ” qiymatining “ δ/R_k ” ga bog’liqligi quyidagicha keltirilgan:

δ/R_k	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	0,98
Q_{eks}/Q_0	1,000	1,013	1,038	1,097	1,153	1,280	1,735

5-masala.

Iste’mol konturi radiusi $R_k=3500$ m bo’lgan doiraviy qatlamda konsentrik joylashgan radiuslari $R_1=1000$ m va $R_2=600$ m bo’lgan ikki aylanali batareyalar quduqlari debiti aniqlansin. Quduq tubi radiusi o’zgarmas $P_{c1}=9,8$ MPa (100kgs/sm^2), $P_{c2}=9,31$ MPa (95 kgs/sm^2) bosimlarda, iste’mol konturi $P_k=12,25$ MPa (125kgs/sm^2) bosimda, qatlam qalinligi $h=10$ m, qatlam o’tkazuvchanlik koeffitsienti $k=0,2$ D, neft dinamik yopishqoqolik koeffitsienti $\mu=5\text{ mP}\cdot\text{s}$ bo’lganda radiusi $r_c=10$ sm bo’lgan quduqdan foydalanilmoqda Batareyalardagi quduq sonlari $m_1=10$, $m_2=6$.

Yechish: Y.P.Borisov usulidan foydalanib, ekvivalent filtratsial qarshiliklar sxemasini tuzamiz. (4.13-rasm).

Tashqi va ichki filtratsiya qarshiliklarni aniqlaymiz:

4.13-rasm

$$\rho_1 = \frac{\mu}{2\pi kh} \ell n \frac{R_k}{R_1} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 10} \cdot \lg \frac{3500}{1000} = 0,488 \cdot 10^9 \text{ P} \cdot \text{s} / \text{m}^3$$

$$\rho_2 = \frac{\mu}{2\pi kh} \ell n \frac{R_k}{R_1} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 10} \cdot \lg \frac{1000}{600} = 0,199 \cdot 10^9 \text{ P} \cdot \text{s} / \text{m}^3$$

Ichki filtratsiya qonunlarini aniqlah uchun birinchi va ikkinchi batareyalar quduqlari orasidagi yarim masofani topamiz:

$$\sigma_1 = \frac{2\pi R_1}{2m_1} = \frac{6,28 \cdot 1000}{2 \cdot 10} = 314m,$$

$$\sigma_2 = \frac{2\pi R_2}{2m_2} = \frac{6,28 \cdot 600}{2 \cdot 6} = 314m.$$

$$\rho_1^1 = \frac{\mu}{2\pi k m_1 h} \ln \frac{\sigma_1}{\pi c} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3}{6,28 \cdot 0,2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10} \cdot \lg \frac{3,14}{3,14 \cdot 0,1} = 0,269 \cdot 10^9 P \cdot s / m^3$$

$$\rho_2^1 = \frac{\mu}{2\pi k m_2 h} \ln \frac{\sigma_2}{\pi c} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3}{6,28 \cdot 0,2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10} \cdot \lg \frac{314}{3,14 \cdot 0,1} = 0,449 \cdot 10^9 P \cdot s / m^3$$

Om va Kirxgof qonunlaridan foydalanib, birinchi batareya quduq tubi va iste'mol konturi o'rtasida uchastka zanjiri uchun tenglamani yozamiz:

$$P_k - P_{c_1} = (Q_1^1 + Q_2^1)\rho_1 + Q_1^1\rho_1^1$$

va xuddi shunday iste'mol konturi ikkinchi batareya quduq tubi o'rtasida analogik bo'ladi:

$$P_k - P_{c_2} = (Q_1^1 + Q_2^1)\rho_1 + Q_2^1(\rho_2 + \rho_2^1).$$

Ega bo'lingan tenglamalar sistemasiga berilgan ma'lumotlarni qo'yamiz:

$$\begin{aligned} 2,45 \cdot 10^6 &= (Q_1^1 + Q_2^1)0,488 \cdot 10^9 + Q_1^1 0,269 \cdot 10^9; \\ 2,94 \cdot 10^6 &= (Q_1^1 + Q_2^1)0,488 \cdot 10^9 + Q_2^1(0,199 + 0,449) \cdot 10^9, \end{aligned}$$

Tenglamani Q_1^1 va Q_2^1 ga nisbatan yechib,

$$Q_1^1 = 2,18 \cdot 10^{-3} m^3 / s = 188 m^3 / sut$$

$$Q_2^1 = 1,65 \cdot 10^{-3} m^3 / s = 142,6 m^3 / sut$$

topamiz.

Q_1^1 va Q_2^1 - birinchi va ikkinchi batareyalar yig'indi debiti ekanini inobatga olib, bir quduq debitini topamiz:

$$Q_1 = \frac{Q_1^1}{m_1} = \frac{188}{10} = 18,8 m^3 / sut$$

$$Q_2 = \frac{Q_2^1}{m_2} = \frac{142,6}{6} = 23,8 m^3 / sut$$

6-masala:

$r_c = 10$ sm radiusli mukammal quduq bir-biriga 90° burchak ostida

joylashgan ikki to'g'ri chiziqli o'tkazmaydigan chegaralar bilan cheklangan qatlamda ishlayotgan bo'lsin. (4.14-rasm) Chegaralargacha bo'lgan masofa $a=150$ m, $b=300$ m, iste'mol konturiga bo'lgan masofa $R_k=8$ km. Iste'mol konturidagi bosim $P_k=11,76$ MPa (120 kgs/sm²), quduq tubi bosimi $P_c=9,8$ MPa (100 kgs/sm²), qatlam qalinligi $h=12$ m, suyuqlik dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=3$ mPa·s, o'tkazuvchanlik koeffitsientii $k=700$ mD. Quduq debiti aniqlansin.

Yechish: O'tkazmas chegaralarni yuqoriga va chapga toki " R_k " radiusli doiraviy iste'mol konturiga davom ettiramiz va debit ishorasiga nisbatan o'zgarishsiz bo'lgan oqim kiruvchi

4.14-rasm

quduqni tasvirlaymiz. Tasvirlash natijasida qatlamda to'rta oqim kiradigan quduqlarni, ya'ni bittasi xaqiqiy va uchasi faktiv quduqlarni hosil qilamiz. Bunda to'rta oqim kiradigan quduqlarning bir vaqtda ishlashida o'tkazmas chegaralar bo'lmaganda, qatlamdagi oqim gidrodinamik ko'rinishi chegaralari oqim chizig'i bo'lgan o'tkazmas chegaralarga ega gidrodinamik ko'rinishga mos bo'ladi. Iste'mol konturi quduqdan ancha uzoqda joylashgan deb hisoblab, qatlam qaysidir nuqtasidagi natijaviy potensialni chegaralanmagan qatlamdagi har qaysi oqim kirishida ta'sirlangan potentsiallar yig'indisi ko'rinishida yozish mumkin,

$$F_M = \frac{q}{2\pi} \sum_{i=1}^n \ln r_i + C$$

"M" nuqtani quduq konturiga joylashtiramiz va unda

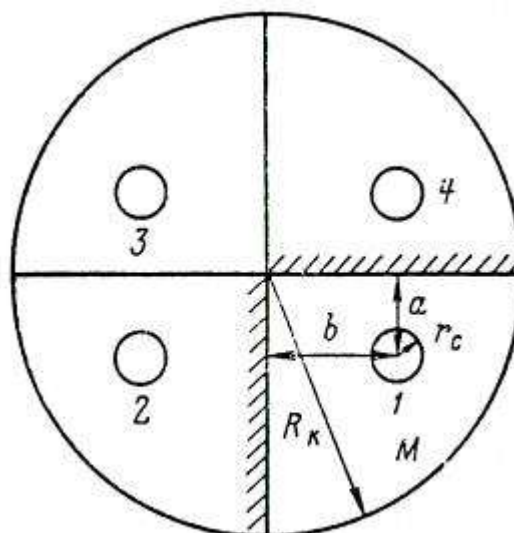
$$r = r_c, \quad r_2 = 2b, \\ r_3 = 2\sqrt{a^2 + b^2}, \quad r_4 = 2a$$

bo'ladi.

"M" nuqtani iste'mol konturiga joylashtirib,

$$F_k = \frac{q}{2\pi} 4\ln R_k + C$$

" F_M " dan " F_c " ni ayirib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:



$$F_k - F_{\tilde{n}} = \frac{q}{2\pi} \left(\ln \frac{R_k}{r_c} + \ln \frac{R_k}{2b} + \ln \frac{R_k}{2\sqrt{a^2 + b^2}} + \ln \frac{R_k}{2a} \right)$$

topamiz. Bundan

$$q = \frac{2\pi(F_k - F_{\tilde{n}})}{\ln \frac{R_k^4}{8r_c ab \sqrt{a^2 + b^2}}}$$

yoki

$$Q = \frac{2\pi k(P_k - P_{\tilde{n}})}{\mu \ln \frac{R_k^4}{8r_c ab \sqrt{a^2 + b^2}}} = \frac{6,28 \cdot 0,7 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 12 \cdot (11,76 - 9,8) \cdot 10^6}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \lg \frac{8,4^4 \cdot 10^{12}}{0,1 \cdot 8 \cdot 150 \cdot 300 \cdot \sqrt{150^2 + 300^2}}} =$$

$$= 1,79 \cdot 10^{-3} m^3 / s = 155 m^3 / sut$$

7-masala:

Quyidagi xarakteristikali funksiyalar (kompleksli funksiyalar) qaysi tekis filtratsiya oqimlariga kelishi aniqlansin:

- 1) $F(z) = Az$;
- 2) $F(z) = Az^2$;
- 3) $F(z) = A \ln(z-a)$;
- 4) $F(z) = A \ln \frac{z-\tilde{a}}{z+\tilde{a}}$;

bu yerda A va a - xaqiqiy o'zgarmas sonlar.

Yechish: Misol sifatida 2 va 4 holatlarni qaraymiz. Bu hollar uchun filtratsiya tezliklari potentsiallarini va oqim funksiyalarini, izobar tenglamasini va oqim chizig'ini, filtratsiya tezliklari modulini va izobarlar guruxini va oqim chizig'ini ko'ramiz.

2-hol uchun.

$$F(z) = Az^2 = A(x+iy)^2 = A(x^2 + 2ixy - y^2) = A(x^2 - y^2) + i2Axy.$$

Xaqiqiy qismini " Φ " filtratsiya potentsial tezligiga faraz qilinadigan qismini " ψ " oqim funksiyalariga tenglashtirib,

$$F(x,y) = A(x^2 - y^2)$$

$$\psi(x,y) = 2Axy$$

hosil qilamiz.

Ekvipotensiallar guruhi tenglamasini

$$F(x,y) = \text{const}$$

deb qarab, ya'ni

$$A(x^2 - y^2) = C_1 \quad (4.32)$$

oqim chiziqlari guruxi tenglamasini esa

$$\psi(x,y) = \text{const} = C_2$$

deb qarab, ya'ni

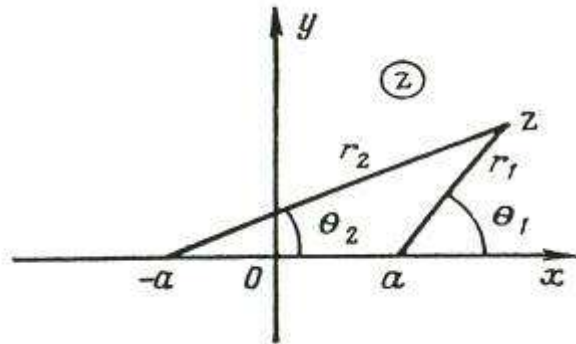
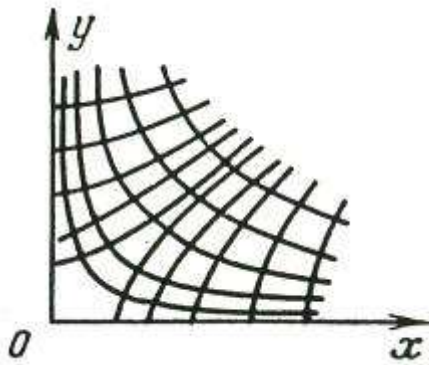
$$2Axy=C_2 \quad (4.33)$$

hosil qilamiz.

(4.32) tenglama asimptotasi koordinat burchaklari bissektisa bo'lib, hisoblanadigan giperbola guruxlarini, (4.33) tenglama esa koordita o'qiga mos tushadigan asimptotaga ega bo'lgan giperbola guruxlarini aniqlaydi.

(4.15-rasm).

Filtarsiya tezligini tashkil etuvchini topamiz:



$$\sigma_x = -\frac{d\Phi}{dx} = -2Ax;$$

$$\sigma_y = -\frac{d\Phi}{dy} = -2Ay,$$

bu filtratsiya tezligi moduli

$$|\sigma| = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \sqrt{4A^2x^2 + 4A^2y^2} = 2A\sqrt{x^2 + y^2} = 2Ar$$

4-hol uchun polyar koordinatalarda “ $z - \dot{a}$ ” va “ $z + \dot{a}$ ” kompleks sonlarni

$$z - \dot{a} = r_1 e^{i v_1},$$

$$z + \dot{a} = r_2 e^{i v_2}$$

ko'rinishida ifodalaymiz. U holda kompleks potensial

$$F(z) = A \ln \frac{z - \dot{a}}{z + \dot{a}} = A \ln \frac{r_1 e^{i v_1}}{r_2 e^{i v_2}} = A \left[\ln \frac{r_1}{r_2} + i(v_1 - v_2) \right],$$

4.15-rasm

4.16-rasm

bundan

$$F = A \ln \frac{r_1}{r_2},$$

$$\psi = A(v_1 - v_2),$$

hamda ekvipotensiallar va oqim chiziqlar gurux tenglamalarini

$$\frac{r_1}{r_2} = C_1,$$

yoki

$$\frac{r_1^2}{r_2^2} = C_1^2 = C, \quad (4.34)$$

$$v_1 - v_2 = C_2 \quad (4.35)$$

ko'rinishida yozish mumkin.

Dekart koordinatalariga o'tib, qaysi egri chiziqlar (4.35) tenglamalar bilan ifodalanilishini aniqlaymiz (4.16-rasm)

$$v_1^2 = (x - a)^2 + y^2$$

$$v_2^2 = (x + a)^2 + y^2$$

va (4.34) tenglama

$$\frac{(x - a)^2 + y^2}{(x + a)^2 + y^2} = C$$

yoki

$$x^2 - 2ax \frac{1+C}{1-C} + y^2 + a^2 = 0$$

ko'rinishni oladi. Tenglamaga $a^2(\frac{1+C}{1-C})$ hadni ham qo'shib, ham ayirib

$$x^2 - 2ax \frac{1+C}{1-C} + a^2(\frac{1+C}{1-C}) + y^2 + a^2 - a^2(\frac{1+C}{1-C}) = 0$$

ko'rinishda yozamiz. Tenglama chap tomoni uch xadi ikki son yig'indisining kvadratini ifodalaydi, ya'ni

$$(x - a \frac{1+C}{1-C})^2 + y^2 + a^2 = a^2(\frac{1+C}{1-C})^2,$$

yoki

$$(x - a \frac{1+C}{1-C})^2 + y^2 = \frac{4a^2C}{(1-C)^2},$$

bu koordinatalari

$$x_0 = a \frac{1+C}{1-C}, \quad y_0 = 0$$

nuqtada markaziy tenglamasi bo'ladi.

Chizmadan ko'rinadiki,

$$v_1 = \arctg \frac{y}{x - a}$$

$$v_2 = \operatorname{arctg} \frac{y}{x+a},$$

(4.35) tenglamaga qo'ygandan keyin

$$\operatorname{arctg} \frac{y}{x-a} - \operatorname{arctg} \frac{y}{x+a} = C_2$$

ifodani beradi.

Ikki burchak farqi tangensi formulasidan

$$\operatorname{arctg} \frac{y}{x-a} - \operatorname{arctg} \frac{y}{x+a} = \operatorname{arctg} \frac{\frac{y}{x-a} - \frac{y}{x+a}}{1 + \frac{y^2}{(x+a)(x-a)}} = C_2$$

yoki

$$\frac{\frac{y}{x-a} - \frac{y}{x+a}}{1 + \frac{y^2}{(x+a)(x-a)}} = C_2^1$$

ifodani yozamiz.

5. SUYUQLIKNING NOMUKAMMAL QUDUQLARGA OQIB KIRISHI.

Agar quduq maxsuldor qatlamni qalinligi bo'yicha to'liq ochsa va quduq tubi ochiq, ya'ni tubning hamma ochilgan sirti filtrlovchi bo'lib hisoblansa, bunday quduq gidrodinamik mukammal quduq deyiladi.

Agar ochiq tubli quduq qatlamni «h» qalinligi bo'yicha to'liq ochmasdan, faqat qandaydir «b» chuqurlik bo'yicha ochsa, bunday quduqni qatlam ochilishi darajasi bo'yicha gidrodinamik nomukammal quduq deyiladi. Bunda $\bar{h} = b/h$ nisbiy qatlam ochilishi deyiladi.

Nomukammal quduqlar 3 xil bo'ladi:

1) Qatlam ochilishi darajasiga ko'ra gidrodinamik nomukammal quduq – bu qatlamni qalinligi bo'yicha to'liq ochmagan ochiq tubli quduq;

2) Qatlam ochilishi xarakteriga ko'ra gidrodinamik nomukammal quduq – bu qatlamni to'liq ochgan, lekin qatlam bilan kolonna quvurlariga o'rnatilgan teshiklar orqali aloqa qiladigan quduq.

3) Ham qatlam ochilish darajasiga ko'ra, ham ochilish xarakteristikasiga ko'ra gidrodinamik nomukammal quduq.

Ochilish darajasiga ko'ra nomukammal bo'lgan quduq debitini M.Masket formulasidan qatlam radiusi $R_k \geq \frac{1}{2}h$ bo'lganda aniqlash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi kh}{\mu} \cdot \frac{P_k - P_c}{\zeta}, \quad (5.1)$$

bu yerda

$$\zeta = \frac{1}{2h} \left[2\ell n \frac{4h}{r_c} - \varphi(\bar{h}) \right] - \ell n \frac{4h}{R_k}; \quad (5.2)$$

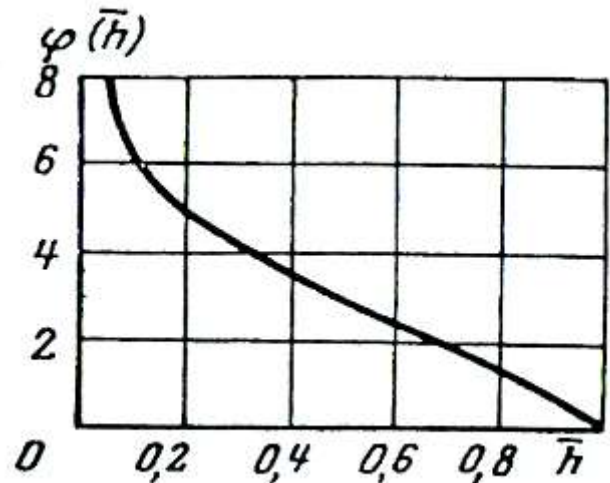
$\bar{h} = b/h$ - nisbiy qatlam ochilishi.

$\varphi(\bar{h})$ funksiya quyidagi analitik ifodaga ega bo'ladi:

$$\varphi(\bar{h}) = \ell n \frac{\Gamma(0.875 \cdot \bar{h}) \cdot \Gamma(0.125 \bar{h})}{\Gamma(1 - 0.875 \bar{h}) \cdot \Gamma(1 - 0.125 \bar{h})} \quad (5.3)$$

bu yerda Γ – Eyler integrali yoki matematikada jadvallarda keltirilgan gamma funksiya; $\varphi(\bar{h})$ (5.2) – rasmda grafik tarzda tasvirlangan.

Chegarasiz qalinlikda qatlam qudug'i uchun debitni N.K. Girinskiy formulasidan



$$Q = \frac{2\pi k \vartheta}{\mu} \cdot \frac{P_k - P_c}{\ell n \frac{1.6 \vartheta}{r_c}} \quad (5.4)$$

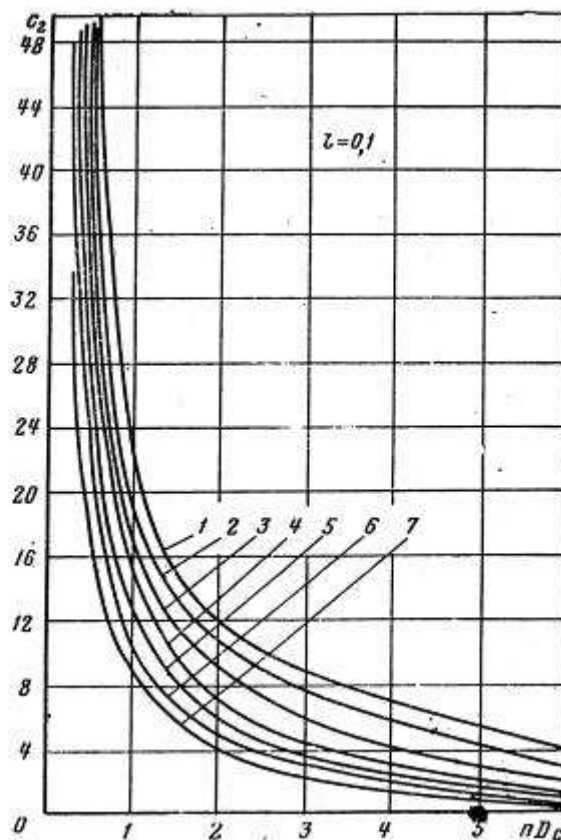
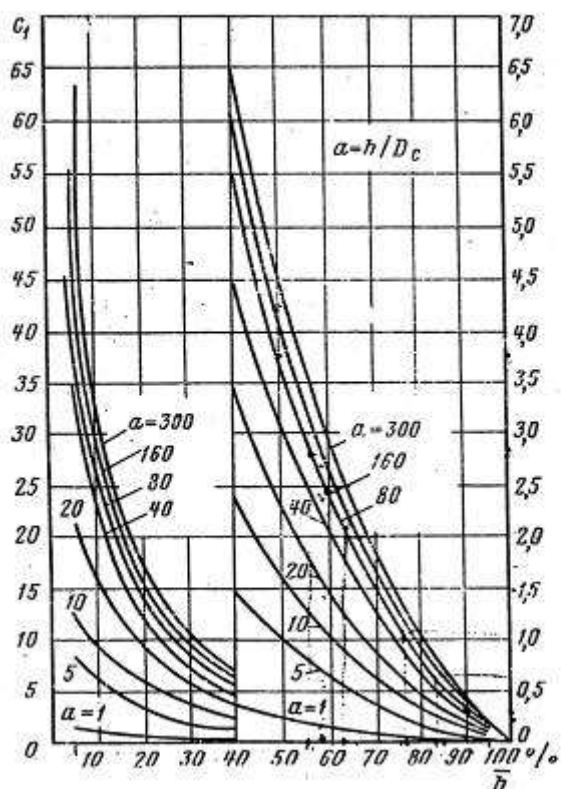
topish mumkin.

Ham qatlam ochilishi darajasiga ko'ra, ham ochilish xarakteristikasiga ko'ra, gidrodinamik nomukammal quduq debitini quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \left(\ell n \frac{R_k}{r_c} + C_1 + C_2 \right)} \quad (5.5)$$

bu yerda C_1 – qo'shimcha filtratsiya qarshiliklarini aniqlovchi o'lchovsiz kattalik bo'lib, bu qatlam ochilishi darajasiga ko'ra nomukammal quduq sharoitini hisobga oladi; C_2 – qo'shimcha filtratsiya qarshiliklarini aniqlovchi koeffitsient bo'lib, bu qatlam ochilish xarakteriga ko'ra nomukammal quduq sharoitini hisobga oladi. C_1 va C_2 koeffitsientlari V.I. Shurovning ikki xil nomukammal quduqlarga, elektrolitik modelda, suyuqlik oqimining tushishi tadqiqot

5.1-rasm



lariga asosan ko'rilgan grafikdan topiladi.

5.2 – rasmda C_1 kattalik $a = h / D_c$ va $\bar{h} = b / h$ parametrlariga bog'liq holda ko'rsatilgan.

5.4, 5.5- rasmlarda « C_2 » ning quyidagi uch parametrlariga bog'liqligi ko'rsatilgan:

$$n \cdot D_c \quad \ell = \ell^1 / D_c, \quad \alpha = d_0 / D_c,$$

bu yerda n – bir metrdagi perforatsion teshiklar; D_c – quduq diametri, m; ℓ^1 - o'qning jinsga kirish chuqurligi; d – teshik diametri.

Egri chiziqlar bilan $\alpha = d_0 / D_c$ parametr qiymatlarining mosliklari quyidagilardan ko'rinadi:

5.1-jadval

Egri chiziq nomeri	1	2	3	4	5	6	7
α	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.06

(5.5) formulaga keltirilgan quduq radiusini

$$r_c^1 = r_c \cdot e^{-(C_1+C_2)} = r_c e^{-C}, \quad (5.6)$$

5.2-rasm

5.3-rasm

5.4-rasm

5.5-rasm

qo'yib (shunday mukammal quduqni radiusini qo'yish kerakki, bunda bu quduq debiti nolmukammal quduq debitiga teng bo'lishi kerak), quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

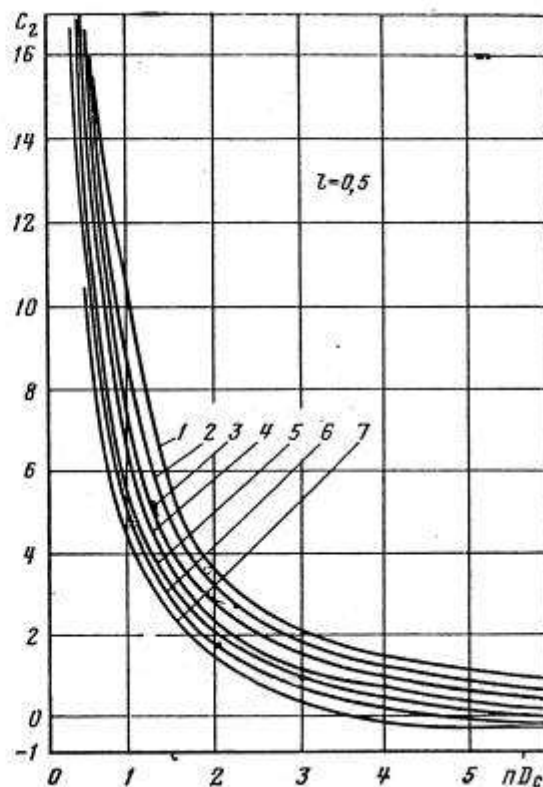
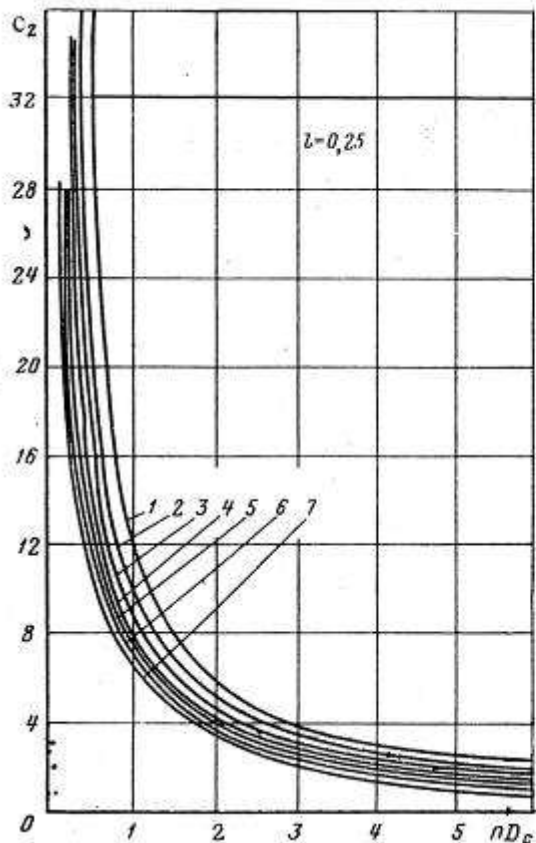
$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \cdot \ln \frac{R_k}{r_c^1}}. \quad (5.7)$$

Ba'zan gidrodinamik nomukammal quduqlarni quduqlarning nomukammallik koeffitsienti yordamida hisobga olinadi:

$$\delta = \frac{Q}{Q_{muk}}, \quad (5.8)$$

bu yerda Q – nomukammal quduq debiti; Q_{muk} – mukammal quduq debiti.

« δ » va $C=C_1+C_2$ kattaliklar o'zaro quyidagicha bog'lanadi:



$$\delta = \frac{\ln \frac{R_k}{r_c}}{\ln \frac{R_k}{r_c} + C} \quad (5.9)$$

yoki

$$C = \left(\frac{1}{\delta} - 1 \right) \ln \frac{R_k}{r_c} \quad (5.10)$$

1-masala.

$l=50$ m uzunlikdagi qatlam $b=0,4$ m kichik chuqurlikda radiusi $r_e=12,35$ smli quduq bilan ochilgan. Iste'mol konturiga bo'lgan masofa $R_k=1$ km, qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=0,4$ D, neft dinamik yopishqoqlik koeffitsienti $\mu=2$ mPc, iste'mol konturidagi bosim $P_k=9,8$ MPa (100 kg/cm^2) quduq tubi bosimi $P_c=7,84$ MPa (80 kg/cm^2).

Charniyning yaqinlashish yechimi bo'yicha quduq debiti aniqlansin, hamda Masket bo'yicha aniqlangan debit bilan taqqoslansin.

Ko'rsatma: Quduq o'qidan qandaydir $R_0=1$ k masofa narida quduq (5.6-rasm) o'qiga mos bo'lgan silindrga " R_k " iste'mol konturi " R_0 " silindrni sirt radiusi o'rtasidagi filtratsiya oqimini chegaraga bosim " P_0 " bo'lgan tekis radial deb hisoblansin. R_0 radiusli yordamchi sirt va quduq orasidagi oqim, radiusi

5.6-rasm

$$2\pi R_c^2 = 2\pi r_c b$$

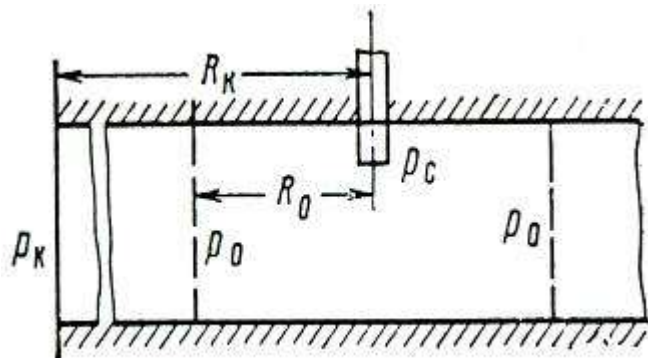
shartdan aniqlanadigan yarim sferali quduq tubiga oqib kiradigan radial-sferik deb qaralsin.

Javob: $Q_{np} = 47,5 \text{ m}^3/\text{sut}$ $Q_m = 58,9 \text{ m}^3/\text{sut}$

$$(Q_m - Q_{np}) / Q_m = 19\%$$

2-masala:

Gidrodinamik nomukammal quduq 20 m qalinlikdagi qatlamni 10 m quuruqlikda ochadi. Quduq radiusi 10 sm, iste'mol konturi radiusi $R_k=200$ m.



Masket formulasi bo'yicha aniqlangan xaqiqiy debit, qatlamni qisman ochgan quduqqa tekis-radial bo'lgan holatidagi debitga nisbatan qancha farqlanadi?

Yechish: Masket formulasi bo'yicha aniqlangan debit

$$Q_M = \frac{2\pi k h (P_k - P_c)}{M \left\{ \frac{1}{2\pi} \left[2 \ln \frac{4h}{r_c} - \varphi(\bar{h}) \right] - \ln \frac{4h}{R_k} \right\}}$$

bo'ladi. Bunda

$$\varphi(\bar{h}) = \ln \frac{\tilde{A}(0,125\bar{h}) \cdot \tilde{A}(0,875\bar{h})}{\tilde{A}(1-0,125\bar{h}) \cdot \tilde{A}(1-0,875\bar{h})}.$$

Qisman ochingan qatlamdagi quduqqa keladigan qat'iy tekis radial oqim xolatidagi debit, qatlam qalinligi "b" ochilishga teng deb faraz qilinib, Dyupyi formulasiga ko'ra aniqlanadi.

$$Q = \frac{2\pi k b (P_k - P_c)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

Debitlar nisbati

$$\frac{Q_m}{Q} = \frac{h \ln \frac{R_k}{r_c}}{b \left\{ \frac{1}{2h} \left[2 \ln \frac{4h}{r_c} - \varphi(\bar{h}) \right] - \ln \frac{4h}{R_k} \right\}}$$

bo'ladi.

$\varphi(\bar{h}) = \varphi(0.5)$ funksiya qiymatlarini aniqlaymiz. Buning uchun gamma-funksiya xossalariidan foydalanib, jadvallardan gamma-funksiya qiymatlarini topamiz.

$$\tilde{A}(\tilde{\alpha}+1) = \tilde{\alpha} \tilde{A}(\tilde{\alpha}),$$

$$\tilde{A}(0,125 \cdot 0,5) = \tilde{A}(0,0625) = \frac{\tilde{A}(1,0625)}{0,0625} = \frac{0,9676}{0,0625} = 15,5,$$

$$\tilde{A}(0,875 \cdot 0,5) = \tilde{A}(0,4375) = \frac{\tilde{A}(1,4375)}{0,4375} = \frac{0,8858}{0,4375} = 2,02,$$

$$\tilde{A}(1-0,125 \cdot 0,5) = \tilde{A}(0,9375) = \frac{\tilde{A}(1,9375)}{0,9375} = \frac{0,9761}{0,9375} = 1,04,$$

$$\tilde{A}(1-0,865 \cdot 0,5) = \tilde{A}(0,5625) = \frac{\tilde{A}(1,5625)}{0,5625} = \frac{0,8896}{0,5625} = 1,58,$$

Bundan

$$\varphi(0.5) = \ln \frac{15,5 \cdot 1,02}{1,04 \cdot 1,58} = 2,3 \lg 19 = 2.94$$

nisbatlari

$$\frac{Q_m}{Q} = \frac{20 \cdot 2,3 \lg \frac{200}{0,1}}{10 \left\{ \left[2 \cdot 2,3 \lg \frac{4 \cdot 20}{0,1} \right] - 2,3 \lg \frac{4 \cdot 20}{200} \right\}} = 1,34$$

Debitlar farqi 34 % ni tashkil etadi.

3-masala:

Masket yechimi va V.I.Shurov grafiklaridan foydalanib, ochish darajasiga ko'ra quduq nomukammalligini hisobga oluvchi "C₁" koeffitsient aniqlansin. Diametri d_e=203 mm bo'lgan quduq h=25 m qalinlikdagi qatlamni b=5 m chuqurlikda ochadi. Iste'mol konturiga bo'lgan masofa R_k=1000 m.

Javob: Masket bo'yicha C₁=1,51. Shurov bo'yicha C₁=15,0

4-masala:

Ochilish xarakteriga ko'ra nomukammal quduq mukammallik koeffitsiyenti aniqlansin. Quduq tubida diametrlari d₀=16 mm, kanal uzunligi l'=100 mm bo'lgan 1m da n=10 doiraviy teshiklar teshilgan, quduq radiusi r_c=10 sm, iste'mol konturiga bo'lgan masofa R_k=500m.

Javob: δ = 0,825

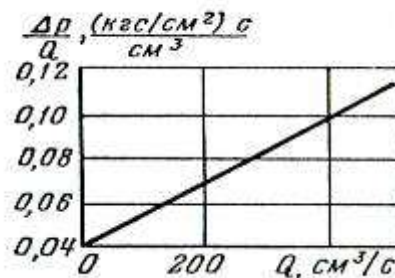
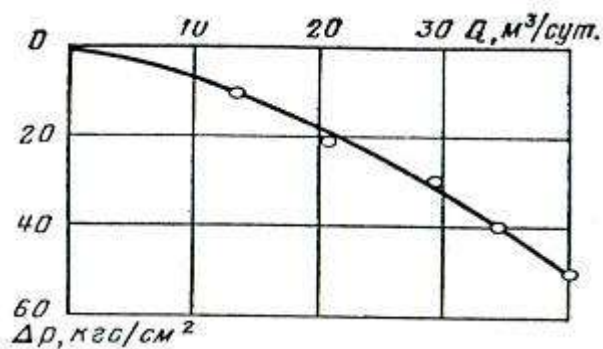
5-masala:

Doiraviy iste'mol konturli qatlamda, ochilish darajasiga ko'ra radiusi r_c=0,1 m bo'lgan gidrodinamik nomukammal quduq "δ" mukammallik koeffitsiyenti, qo'shimcha filtratsiya qarshiliklarini hisobga oluvchi "C₁" koeffitsient h xamda "r_c¹" keltirilgan radiuslar aniqlansin. Qatlam qalinligi h=16 m, qatlam ochilgan qismi qalinligi b=9,6 m, iste'mol konturi radiusi R_k=1km.

Javob: C₁=2,4; r_c¹=0,907 sm; δ=0,793.

6-masala:

Gidrodinamik nomukammal quduq sharoitlaridagi qo'shimcha filtratsiya qarshiliklarini aniqlaydigan "C" koeffitsientning qaysisiga δ=0,75 mos keladi. Quduq radiusi r_c=0,1 m, iste'mol konturi radiusi R_k=1 km. Shuningdek quduq keltirilgan radiusi aniqlansin.



Javob: $C=3,067$; $r_c^1=0,466$ sm;

7-masala:

Quduq barqaror saralash usuli bo'yicha tadqiqot qilinadi va quduq tubi bosimining chuqurlikli registratsiya qiladigan manomet bilan o'lchanadi. O'lchash ma'lumotlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

5.2-jadval.

ΔP , kgs/sm ²	Q , 10 ⁻⁶ m ³ /c	Q , m ³ /sut	$\Delta P/Q$, kgs/sm ² ·c/sm ²
10	157	13,5	0,0638
20	256	22,1	0,0782
30	334	28,8	0,0900
40	401	34,6	0,100
50	459	39,7	0,109

Agar qatlam qalinligi $h=12$ m, qatlam ochilishi $b=7$ m, quduq diametri $d_c=24,7$ sm, ochilgan qatlam qalinligi 1 metriga teshiklar soni $n=8$ ta, kanal uzunligi $l^1=0$, kanal diametric $d=1,1$ sm, qo'shni quduqlargacha bo'lgan yarim masofa $\sigma = R_k = 300m$, suyuqlikning dinamik yopishqoqligi $\mu = 4\tilde{n}\tilde{I}$ bo'lsa o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti aniqlansin.

Tadqiqot ma'lumotlaridan ko'rinadiki, "Q" va " ΔP " orasidagi bog'lanish chiziqsiz, ya'ni indicator chiziq to'g'ri bo'lmaydi (5.7-rasm)

Ikki hadli $\Delta P=AQ+BQ^2$ formuladan va keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib, $\Delta P/Q$ va "Q" larni bog'lanish grafigini ko'ramiz. (5.8-rasm)

Grafikdan $\Delta P/Q=A+BQ$ to'g'ri chiziq $\Delta P/Q$ o'q bilan kesishgan nuqtasi

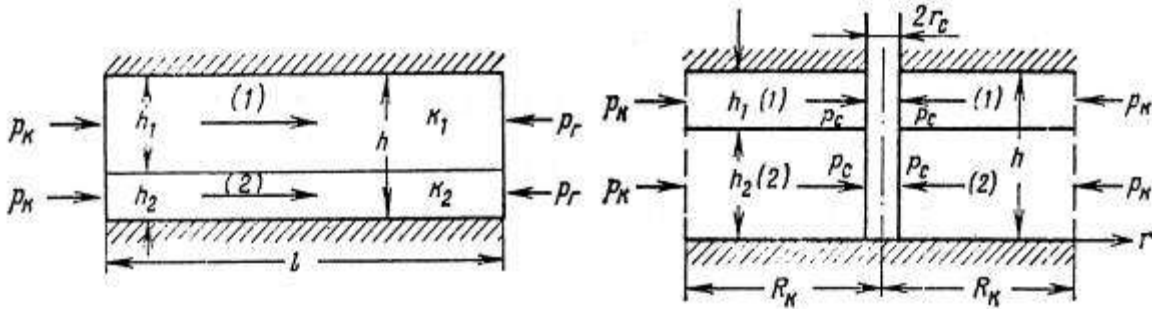
5.7-rasm

5.8-rasm

bo'yicha $A=0,04$ (kgs/sm²)·c/sm³, abscissa o'qiga nisbatan qiya to'g'ri chiziq bo'lgan tangensi bo'yicha esa $(Q)-B=0,00015$ (kgs/sm²)·c²/sm⁶ qiymatlarni topamiz.

O'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

$$A = \frac{\mu}{2\pi kh} \left[\ln \frac{R_k}{r_c} + C_1 + C_2 \right]$$



formuladan xisoblangan “A” qiymat bo’yicha topamiz.

C_1 va C_2 qiymatlarni Shurov grafigi yordamida topamiz. $b/h=0,584$; $h/d_c=48,7$; $n \cdot d_c=1,97$; $d/d_c=0,0447$; $l^1/d_c=0$ parametrlarni aniqlaymiz va ularni qiymatlari bo’yicha $C_1=2,3$ va $C_2=34$ qiymatlarini topamiz; bundan o’tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$k = \frac{\mu}{2\pi Ah} \left[\ln \frac{R_k}{r_c} + C_1 + C_2 \right] =$$

$$= \frac{4}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,04 \cdot 1200} \cdot (2,3 \lg \frac{3000}{12,35} + 2,3 + 34) = 0,585 \text{Ä}$$

6. BIR JINSLI BO’LMAGAN O’TKAZUVCHAN QATLAMDA SUYUQLIK HARAKATI.

Maxsuldor qatlam har-xil nuqtalarida o’tkazuvchanlik o’zgarmas kattalik bo’lib hisoblanmaydi. Ba’zan qatlam bo’yicha o’zgaruvchanlik xaotik xarakterga ega bo’lib, bunda qatlamni o’rtacha bir jinsli o’tkazuvchanlik deb qarash mumkin.

Agar suyuqlik harakati Darsi qonuniga ko’ra to’g’ri chiziqli parallel bo’lsa (6.1-rasm), unda har qaysi qavatda “P” bosim taqsimlanishi chiziqli va tenglama

$$P = P_k - \frac{P_k - P_{\bar{A}}}{l} \cdot x \quad (6.1)$$

bilan harakterlanadi.

6.1-rasm

6.2-rasm

Oqim debiti

$$Q = \frac{B(P_k - P_{\bar{A}})}{l} \cdot x \quad (6.2)$$

formula bo'yicha, o'rta o'tkazuvchanlik koeffitsienti esa

$$\hat{E}_{o'r} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (6.3)$$

formula bilan hisoblanadi.

Darsi qonuniga ko'ra ko'p qavatli qatlam gidrodinamik mukammal qudug'iga keladigan suyuqlik tekis radial harakati (6.2-rasm) xolatida bosim har qaysi qavatda logarifmik qonun bo'yicha o'zgaradi, ya'ni

$$P = P_k - \frac{P_k - P_{\tilde{n}}}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r_c} \quad (6.4)$$

Quduq debiti

$$Q = \frac{2\pi(P_k - P_{\tilde{n}})}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}} \sum_{i=1}^n k_i h_i \quad (6.5)$$

formula bilan, o'rtacha qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti ega (6.3) formula bilan aniqlanadi.

2. Qatlam har xil o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan bir necha zonalaridan tashkil topgan (6.3, 6.4-rasm). Ikki zona chegarasida o'tkazuvchanlik sakrashsimon; bir va o'sha zona chegarasida o'tkazuvchanlik o'rtacha bir xil.

Gorizontal 1qatlam qalinligi "h", uzunligi "l" yuqori va pastki qismlari o'tkazuvchan bo'lmagan turli o'tkazuvchanli "n" zonadan tashkil topgan deb faraz qilaylik. i-zona uzunligi l_i , o'tkazuvchanlik koeffitsienti k_i (6.3-rasm).

Darsi qonuniga ko'ra bunday qatlamdagi suyuqlik to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyada oqim debiti

$$Q = \frac{Bh(P_k - P_{\tilde{n}})}{\mu \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{k_i}} \cdot \ln \frac{R_k}{r_c} \quad (6.6)$$

formuladan aniqlanadi. Bunda B-oqim eni.

O'rtacha o'tkazuvchanlik koeffitsient

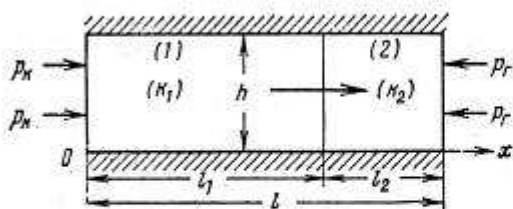
$$\hat{E}_{o'r} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{k_i}} = \frac{l}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{k_i}} \quad (6.7)$$

$n=2$ da bosim taqsimlanishlari birinchi zonada “ P_1 ” va ikkinchi zonada “ P_2 ” bo’lib, quyidagi tenglamalar bilan ifodalaniladi.

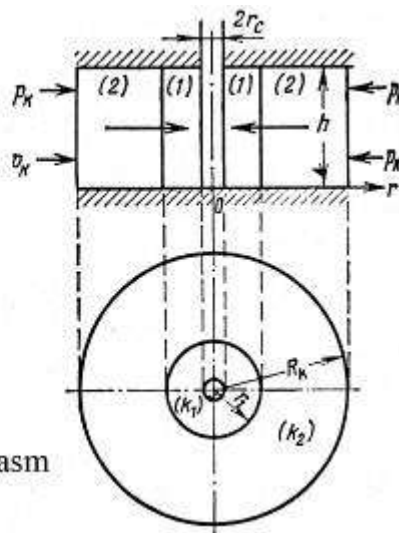
$$P_1 = P_k - \frac{(P_k - P_{\hat{A}})k_2}{l_1 k_2 + l_2 k_2} \cdot x; \quad 0 \leq x \leq l_1, \quad (6.8)$$

$$P_2 = P_{\hat{A}} + \frac{(P_k - P_{\hat{A}})k_1}{l_1 k_2 + l_2 k_1} \cdot (l - x); \quad l_1 \leq x \leq l,$$

Agar Darsi qonuniga ko’ra gidrodinamik mukammal quduqqa oqib kiradigan suyuqlikning tekis radial oqimida qatlam turli o’tkazuvchanli zonalarni xalqasimon formaga ega bo’ladilar (6.4-rasm), bunda quduq debiti formulasi quyidagi ko’rinishga ega bo’ladi:



6.3-rasm



6.4-rasm

$$Q = \frac{2\pi h(P_k - P_c)}{\mu \sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i} \ln \frac{r_i}{r_{i-1}}}, \quad (6.9)$$

bu yerda r_{i-1} va r_i - "i" mos ravishda i-zona ichki va tashqi radiuslari. ($r_0=r_c$, $r_n=R_k$).

Bu holda o'rtacha o'tkazuvchanlik koeffitsient

$$\hat{E}_{o'r} = \frac{\ln \frac{R_k}{r_c}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i} \ln \frac{r_i}{r_{i-1}}} \quad (6.10)$$

formuladan topiladi.

$n=2$ da birinchi zonadan "P₁" va ikkinchi zonada "P₂" bosim taqsimlanishlari quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$P_1 = P_{\tilde{n}} + \frac{(P_k - P_{\tilde{n}}) \ln \frac{r}{r_c}}{\ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{k_1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_1}}; \quad r_c \leq r \leq r_1, \quad (6.11)$$

$$P_2 = P_k + \frac{\frac{k_1}{k_2} (P_k - P_{\tilde{n}}) \ln \frac{r}{R_k}}{\ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{k_1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_1}}; \quad r_1 \leq r \leq R_k,$$

3.Qatlam o'tkazuvchanligi qaysi yo'nalishda bo'lsa ham ko'payib yoki kamayib uzluksiz o'zgaradi. Aytaylik, tekis radial oqimda o'tkazuvchanlik koeffitsienti chiziqli qonunga ko'ra o'zgaradi, ya'ni

$$k = a + br = \frac{k_c R_k - k_0 r_c}{R_k - r_c} + \frac{k_0 - k_c}{R_k - r_c} \cdot r.$$

O'tkazuvchanlik koeffitsienti quduq tubida "k_c" ga, iste'mol konturida ($r=R_k$) esa $k=k_0$ ga teng.

Suyuqlik filtratsiyasi Darsi qonuni bo'yicha sodir bo'layapti. Bu holda debit formulasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q = \frac{2\pi h(P_k - P_c)}{\mu \int_{r_c}^{R_k} \frac{dv}{rk(r)}} = \frac{2\pi h(P_k - P_c)(k_c R_k - k_0 r_c)}{\mu(R_k - r_c)(\ln \frac{R_k}{r_c} + \ln \frac{k_c}{k_0})}. \quad (6.12)$$

1-masala:

Ucha qavatdan iborat qatlamning qalinligi bo'yicha o'ratcha o'tkazuvchanlik koeffitsienti aniqlansin. Suyuqlik qatlamlanish ko'ra yo'nalishi bo'yicha harakatlanayotgan bo'lsin. Har qaysi qavatning qalinligi va o'tkazuvchanligi koeffitsientlari jadvalda keltirilgan:

6.1-jadval.

Qavat	Qalinligi, m	O'tkazuvchanlik, m
I	5	600
II	8	200
III	3	900

2-masala:

Bir xil debitni hosil qilish uchun, o'sha debitni quyidagi holatlar uchun ham hosil qilish uchun, $r_c=100$ mm quduq tubida qanday bosimlar bo'lishi kerak: 1) agar qatlam radiusi $R_k=10$ km bir jinsli o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k_2=1000$ mD bo'lsa; 2) agar qatlam ikki zonaga bo'linsa, quduq tubi zonasida radius $r_1=5$ m va $k_1=150$ mD xamda qatlam qolgan qismida $k_2=1000$ mD bo'lsa? Qatlam bosimi $P_k=14,7$ MPa (150 kgs/sm²), bir jinsli qatlamdagi depressiya $P_k-P_c=2,94$ MPa (30 kgs/sm²).

Yechish: Masalani shartiga ko'ra bir jinsli qatlam debiti

$$Q = \frac{2\pi k_2 h(P_k - P_0)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}},$$

bir jinsli bo'lmagan qatlam debitiga

$$Q_1 = \frac{2\pi(P_k - P_{\tilde{n}}^1)}{\mu(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_1})}$$

teng bo'ladi. Bundan

$$\frac{P_k - P_{\tilde{n}}^1}{P_k - P_{\tilde{n}}} = \frac{k_2 \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_2} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_1} \right)}{\ln \frac{R_k}{r_c}} = \frac{\frac{k_2}{k_1} \lg \frac{r_1}{r_c} + \lg \frac{R_k}{r_1}}{\ln \frac{R_k}{r_c}} =$$

$$= \frac{\frac{1000}{150} \lg 50 + \lg \frac{10000}{5}}{\lg \frac{10000}{0,1}} = 2,92$$

$$P_c = P_k - 2,94 = 14,7 - 2,94 = 11,76 \text{ MPa},$$

$$P_c^1 = P_k - (P_k - P_c) \cdot 2,92 = 14,7 - 2,94 \cdot 2,92 = 6,11 \text{ MPa},$$

ya'ni o'sha debitni saqlab turish uchun quduq tubi bosimini salkam ikki marotaba pasaytirish kerak.

3-masala:

Agar $\ell_1 = 2 \text{ km}$ uchastkada qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k_1 = 800 \text{ mD}$, qatlamning quduq tubi qismidagi $\ell_2 = 500 \text{ m}$ uchastkasida esa k_1 dan $k_2 = 80 \text{ mD}$ gacha chiziqli kamayadi (6.5-rasm), iste'mol konturidagi bosim $P_k = 7,35 \text{ MPa}$ (75 kgs/sm^2), dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $\mu = 5 \text{ mPa} \cdot \text{c}$, qatlam qalinligi 15 m , filtratsiya oqimi eni $B = 600 \text{ m}$, kattaliklar ma'lum bo'lsa, bir jinsli bo'lmagan o'tkazuvchanli qatlamda Darsi qonuniga ko'ra suyuqlikning barqaror filtratsiyasidagi bosim taqsimlanishi va galereyaning debiti aniqlansin.

Javob:

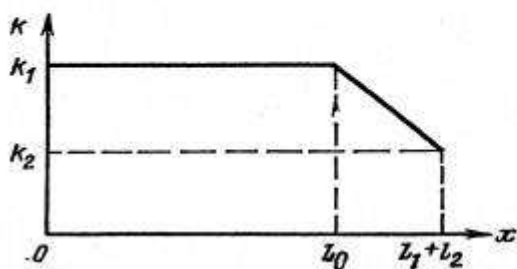
$$Q_1 = \frac{(P_k - P_c) c v}{\mu \left(\frac{\ell_1}{k_1} + \frac{\ell_2}{k_1 - k_2} \ln \frac{k_1}{k_2} \right)} = 95 \text{ m}^3 / \text{sut};$$

$$0 \leq x \leq l_1 \text{ da } P = P_k - \frac{Q \mu}{\omega k_1} \cdot x = 9,8 \cdot 10^6 - 748x_{(\text{Pa})}$$

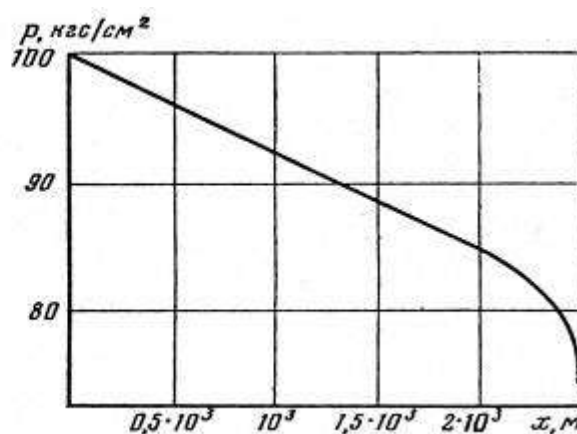
$$l_1 \leq x \leq l_1 + l_2 \text{ da}$$

$$P = P_k - \frac{Q \mu l_1}{\omega k_1} - \frac{Q \mu l_2}{\omega_2 (k_2 - k_1)} \cdot \ln \left[1 + \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) \left(\frac{l_1}{l_2} - \frac{x}{l_2} \right) \right] =$$

$$= 8,3 \cdot 10^6 + 0,957 \cdot 10^6 \lg(4,6 - 1,8 \cdot 10^{-3} x) \quad (\text{Pa}) \quad (6.6\text{-rasm})$$



6.5-rasm



6.6-rasm

4-masala:

Ikki konsentrik zonadan iborat, doiraviy qatlam markazida joylashgan mukammal quduqning debiti aniqlansin. Radiuslari $r_c=10$ sm va $r_0=3$ m aylanalar bilan chegaralangan birinchi zonada, o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k_1=200$ mD dan $k_2=1$ D gacha chiziqli o'zgaradi. Radiuslari $r_0=3$ m va $R_k=10$ km aylanalari bilan chegaralangan ikkinchi zonada o'tkazuvchanlik koeffitsienti o'zgarmas va k_2 ga teng.

Qatlam qalinligi $h=10$ m, neftning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $\mu=4$ cP. Iste'mol konturi va quduq konturi orasidagi bosim farqi $\Delta P=1,47$ MPa. Filtratsiya Darsi qonuniga ko'ra sodir bo'ladi.

Yechish: Darsi qonunini differensial ko'rnishda olamiz:

$$-\frac{dP}{dS} = \frac{\mu\omega}{k(r)}, \text{ bu yerda } \omega = \frac{Q}{2\pi h},$$

yoki

$$\frac{dP}{dr} = \frac{\mu Q}{k(r)2\pi h}.$$

Bundan

$$dP = \frac{\mu Q}{2\pi h} \cdot \frac{dr}{k(r)r}.$$

P bo'yicha P_c dan P_k gacha, r bo'yicha r_c dan r_0 gacha va r_0 dan R_k gacha integrallab,

$$\int_{P_c}^{P_k} dP = \frac{\mu Q}{2\pi h} \left[\int_{r_0}^{R_k} \frac{dr}{k_2 r} + \int_{r_c}^{r_0} \frac{dr}{k(r)r} \right]$$

ifodani hosil qilamiz.

Tub zonada o'zgaruvchanlik

$$k = ar + b$$

chiziqli o'zgaradi.

a va b qiymatlarni chegaraviy shartlardan topamiz:

$$\begin{aligned} r=r_c \text{ da } k &= k_1, \\ r=r_0 \text{ da } k &= k_2, \\ k_1 &= ar_c + b, \\ k_2 &= ar_0 + b. \end{aligned}$$

Hosil qilingan algebraik sistema-tenglamalarni yechib,

$$\begin{aligned} a &= \frac{k_2 - k_1}{r_0 - r_c}, & b &= \frac{k_1 r_0 - k_2 r_c}{r_0 - r_c}, \\ k(r) &= \frac{k_2 - k_1}{r_0 - r_c} \cdot r + \frac{k_1 r_0 - k_2 r_c}{r_0 - r_c}. \end{aligned}$$

$k(r)$ ifodani integral ostiga kiritamiz:

$$\int_{P_c}^{P_k} dP = \frac{Q\mu}{2\pi h} \left[\frac{1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_0} + \int_{r_c}^{r_0} \frac{dr}{r \left(\frac{k_2 - k_1}{r_0 - r_c} \cdot r + \frac{k_1 r_0 - k_2 r_c}{r_0 - r_c} \right)} \right].$$

O'ng tomonda turgan integral jadvali bo'lib,

$$\int \frac{dx}{(ax+b)x} = -\frac{1}{b} \ln \frac{ax+b}{x}$$

ifodaga teng.

Bizning holatda

$$P_k - P_c = \frac{Q\mu}{2\pi h} \left[\frac{1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_0} + \frac{r_0 - r_c}{k_2 r_c - k_1 r_c} \ln \frac{\left(\frac{k_2 - k_1}{r_0 - r_c} \cdot r_0 + \frac{k_1 r_0 - k_2 r_c}{r_0 - r_c} \right)}{\left(\frac{k_2 - k_1}{r_0 - r_c} \cdot r_c + \frac{k_1 r_0 - k_2 r_c}{r_0 - r_c} \right) r_0} \right].$$

yoki

$$P_k - P_c = \frac{Q\mu}{2\pi h} \left(\frac{1}{k_2} \ln \frac{R_k}{r_0} + \frac{r_0 - r_c}{k_2 r_c - k_1 r_0} \ln \frac{k_2 r_c}{k_1 r_0} \right) =$$

$$= \frac{Q\mu}{2\pi k_2 h} \left(\ln \frac{R_k}{r_0} + \frac{r_0 - r_c}{\frac{k_1}{k_2} r_c - r_0} \ln \frac{k_1 r_0}{k_2 r_c} \right).$$

Bundan

$$Q = \frac{6,28 \cdot 10,2 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 1,47 \cdot 10^6}{\mu \left(\ln \frac{R_k}{r_0} + \frac{r_0 - r_c}{\frac{k_1}{k_2} r_c - r_0} \right)} = \frac{6,28 \cdot 10,2 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 1,47 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^{-2} \cdot 2,3 \left(\lg \frac{10000}{3} + \frac{3 - 0,1}{0,2 \cdot 3 - 0,1} \lg \frac{0,2 \cdot 3}{0,1} \right)} =$$

$$= 1,28 \cdot 10^{-3} m^3 / c = 110 m^3 / sut$$

7.SIQILUVCHAN SUYUQLIK VA GAZNING BARQAROR FILTRTASIYASI.

7.1. SIQILUVCHAN SUYUQLIK (GAZ) VA SIQILMAYDIGAN SUYUQLIK BARQAROR FILTRATSIYALARI ORASIDAGI ANALOGIYA. LEYBENZON FUNKSIYASI.

Siqiluvchan suyuqlik va gazning barqaror filtratsiyasida qatlamning hamma ko'ndalang kesimlarida massali sarf bir xil

$$Q_m = const, \quad (7.1)$$

suyuyqlik va gazning kengayishi xisobiga bosim tushishi bilan hajmiy sarf orta boradi.

$$\wp = \int \rho dp + c \quad (7.2)$$

funksiyani L.S.Leybenzon funksiyasi deb ataladi.

Siqilmaydigan suyuqlik uchun Darsi qnuni differensial ko'rinishida ifodalaydigan formulalarni taqqoslashdan, bu funksiya kiritilishining maqsadga muvofiqligi ko'rinadi.

$$Q = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dS} \omega(S), \quad (7.3)$$

bu yerda Q-suyquqlikning o'zgarmas hajmiy sarfi (siqiluvchan suyuqlik va gaz uchun ham).

$$Q_m = -\frac{k}{\mu} \cdot \rho \cdot \frac{dP}{dS} \omega(S) = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dS} \omega(S) \quad (7.4)$$

bu yerda Q_m -o'zgarmas massali sarf; $dP=\rho d\wp$ - Leybenzon differensial tenglamasi.

(7.3) va (7.4) ifodalar bir turdagi differensial tenglamalar bo'lib, bularda (7.3) tenglamadagi "Q" hajmiy sarfga, (7.4) tenglamadagi " Q_m " massali sarf, (7.3) tenglamadagi "P" bosimga esa (7.4) tenglamadagi " $\wp$ " Leybenzon funksiyasi mos bo'ladi.

Bundan Darsi qonuniga ko'ra siqilmaydigan suyuqlik barqaror filtratsiyasi uchun hosil qilingan hamma formulalarni, siqiluvchan suyuqlik va gazlar barqaror filtratsiyasida foydalanish mumkin. Buning uchun o'sha chegaraviy shartlarda o'zgaruvchilar quyidagicha almashtiriladi:

Siqilmaydigan suyuqlik	Siqiluvchan suyuqlik yoki gaz
"Q" hajmiy sarf	" Q_m " massali sarf
"P" bosim	" $\wp$ " Leybenzon funksiyasi
"g" xajmiy filtratsiya tezligi	$\rho g = Q_m / \omega$ massali filtratsiya tezligi

7.2.SIQILUVCHAN SUYUQLIKNING BARQAROR FILTRATSIYASI.

Syuqlik zichligini bosimga bog'lanishini ifodalaydigan holat tenglamasi (Guk qonuniga amal qiladigan) siqiluvchan tomchili suyuqlik uchun quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\rho = \rho_0 \overset{\circ}{a}^{\beta_{\tilde{n}}(P-P_0)} = \rho_0 e^{\frac{P-P_0}{k_e}} \quad (7.5)$$

bu yerda β_c -suyuqlikning hajmiy siqilish koeffitsienti; $k_c=1/\beta_c$ -suyuqlikning elastiklik moduli.

$\beta_c(P-P_0) \leq 1$ (masalasi suv uchun $\beta_b=4,5 \cdot 10^{-5} \text{ sm}^2/\text{kgs}$) va $P-P_0=100 \text{ kgs/sm}^3$ da $\beta_c(P-P_0)=4,5 \cdot 10^{-3}$ bo'lganda, u holda $\overset{\circ}{a}^{\beta_{\tilde{n}}(P-P_0)}$ qatorni yoyib va qatorning birinchi ikki a'zolari bilan cheklanib, taqribiy

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_{\tilde{n}}(P - P_0)] \quad (7.6)$$

tenglamani yozishimiz mumkin.

Siqiluvchan suyuqlik uchun Leybenzon funksiyasining aniq qiymati

$$P = \int \rho dP + C = \int \rho_0 \dot{a}^{\beta_n(P-P_0)} dP + C = \frac{\rho}{\beta_c} + C \quad (7.7)$$

formuladan aniqlanadi.

$\beta_c(P-P_0) \leq 1$ bo'lgani uchun

$$P \approx \rho_0 P + C \quad (7.8)$$

deb qabul qilish mumkin, ya'ni suyuqlikni siqilmaydigan deb sanab, barqaror harakatni siqilmaydigan suyuqlik filtratsiyasi uchun chiqarilgan formulalar bo'yicha hisoblash kerak.

7.3. IDEAL GAZNING BARQAROR FILTRATSIYASI.

Ideal gazning izotermik oqimidagi holat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P_{at}}{\rho_{at}} = RT, \quad (7.9)$$

bu yerda ρ_{at} – gazning atmosfera bosimi va qatlam temperaturasidagi zichligi.

Bundan

$$\rho = \frac{\rho_{at} P}{P_{at}},$$

(7.10)

shuning uchun ideal gaz uchun Leybenzon funksiyasi

$$\wp = \int \rho dP + C = \int \frac{\rho_{at} P}{P_{at}} dP + C = \frac{\rho_{at} P^2}{2P_{at}} + C \quad (7.11)$$

ko'rinishni oladi. Bunda P -absolyut bosim.

1. Ideal gazning Darsi qonuniga ko'ra to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyasini qaraymiz. Siqilmaydigan suyuqlikning to'g'ri chiziqli-parallel oqimidagi hajmiy sarf (3.1) formula bilan aniqlanadi; siqilmaydigan

suyuqlik va gaz o'rtasidagi analogiyadan foydalanib, gaz uchun massaviy sarf formulasini

$$Q_m = \frac{k(P_k - P_{\tilde{A}})}{\mu \ell} Bh \quad (7.12)$$

yozamiz yoki (7.12) ifodani inobatga olib,

$$Q_m = \frac{k\rho_{at}(P_k^2 - P_{\tilde{A}}^2)}{\mu 2P_{at}\ell} Bh \quad (7.13)$$

yozamiz.

“ Q_{at} ” keltirilgan sarf deb, atmosfera bosimiga va qatlam haroratiga keltirilgan hyajmiy sarfga aytiladi, ya'ni

$$Q_{at} = \frac{Q_m}{\rho_{at}}. \quad (7.14)$$

(7.13) formuladan

$$Q_{at} = \frac{k(P_k^2 - P_{\tilde{A}}^2)Bh}{2\mu P_{at}\ell} \quad (7.15)$$

ifodani hosil qilamiz.

Siqilmaydigan suyuqlikning to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyasidagi bosim taqsimlanish qonunini ifodalovchi (3.2) formulada “ P ” ni “ $\wp$ ” ga almashtirib, chiziqli qonunga ko'rta Leybenzon funksiyasining taqsimlanishini

$$\wp = \wp_k - \frac{\wp_k - \wp_{\tilde{A}}}{\ell} \cdot x \quad (7.16)$$

va (3.12) formuladan foydalanib, parabolik bosim taqsimlanishini

$$P^2 = P_k^2 - \frac{P_k^2 - P_{\tilde{A}}^2}{\ell} \tilde{o} \quad (7.17)$$

hosil qilamiz.

Gazning qatlam hajmi bo'yicha o'rtacha bosimi

$$\tilde{P} = \frac{2}{3} \cdot \frac{P_k^3 - P_{\tilde{A}}^3}{P_k^2 - P_{\tilde{A}}^2} \quad (7.18)$$

teng.

Gazning tekis radial filtratsiyalari (3.4) Dyupyui formulasiga mos gazning massali debiti

$$Q_m = \frac{2\pi k(P_k - P_c)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (7.19)$$

formulasiga ega bo'lamiz.

(7.11) formuladan Leybenzon funksiyasining qiymatini (7.19) formulaga qo'yib,

$$Q_m = \frac{\pi k h \rho_{at} (P_k^2 - P_c^2)}{\mu \rho_{at} \ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (7.20)$$

ekanligini topamiz. Atmosfera bosimiga va qatlam haroratiga keltirilgan gazli quduqning hajmiy debiti ifodasini

$$Q_{at} = \frac{\pi k h (P_k^2 - P_c^2)}{\mu \rho_{at} \ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (7.21)$$

ko'rinishda hosil qilamiz.

(3.6) formulada "P" ni " $\wp$ " ga almashtirib, gazning tekis radial filtratsiyasida " $\wp$ " bosim taqsimlanishining logarifmik qonunini hosil qilamiz:

$$\wp = \wp_k - \frac{\wp_k - \wp_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}, \quad (7.22)$$

bundan, (7.11) tenglamadan foydalanib, bosim taqsimlanish qonunini

$$P = \sqrt{P_k^2 - \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (7.23)$$

topamiz.

Darsi qonuniga ko'ra barqaror tekis radial filtratsiyasida gazning o'rtacha bosimi taqriban

$$\tilde{P} = P_k \left[1 - \frac{1 - \left(\frac{P_c}{P_k}\right)^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{2 \ln \frac{R_k}{r_c}} - \frac{1}{\frac{R_k^2}{r_c^2} - 1} \right) \right] \quad (7.24)$$

formula bo'yicha aniqlanadi.

3. Ideal gazning tekis radial filtratsiyasi xolatidagi (2.8) formula bilan ifodalanadigan filterasiyaning chiziqli qonunida, atmosfera bosimi va qatlam haroratiga keltirilgan quduq sarfi

$$P_k^2 - P_c^2 = \frac{\mu P_{at}}{\pi k h} \ln \frac{R_k}{r_c} Q_{at} + \frac{\beta^* \rho_{at} P_{at}}{2 \pi^2 h^2} \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right) Q_{at}^2 \quad (7.25)$$

formuladan aniqlanadi.

7.4. REAL GAZNING BARQAROR FILTRATSIYASI.

Katta bosimlarda real gazning holat tenglamasi Klapayron tenglamasidan faqr qiladi va

$$\frac{P}{\rho} = \tilde{a} R T \quad (7.26)$$

ko'rinishga ega bo'ladi. Bunda $\tilde{a} = \tilde{a}(P_r, T_r)$ - gazning yuqori siqlish koeffitsienti bo'lib, real gazning ideal gazdan farqlanishini hisobga oladi.

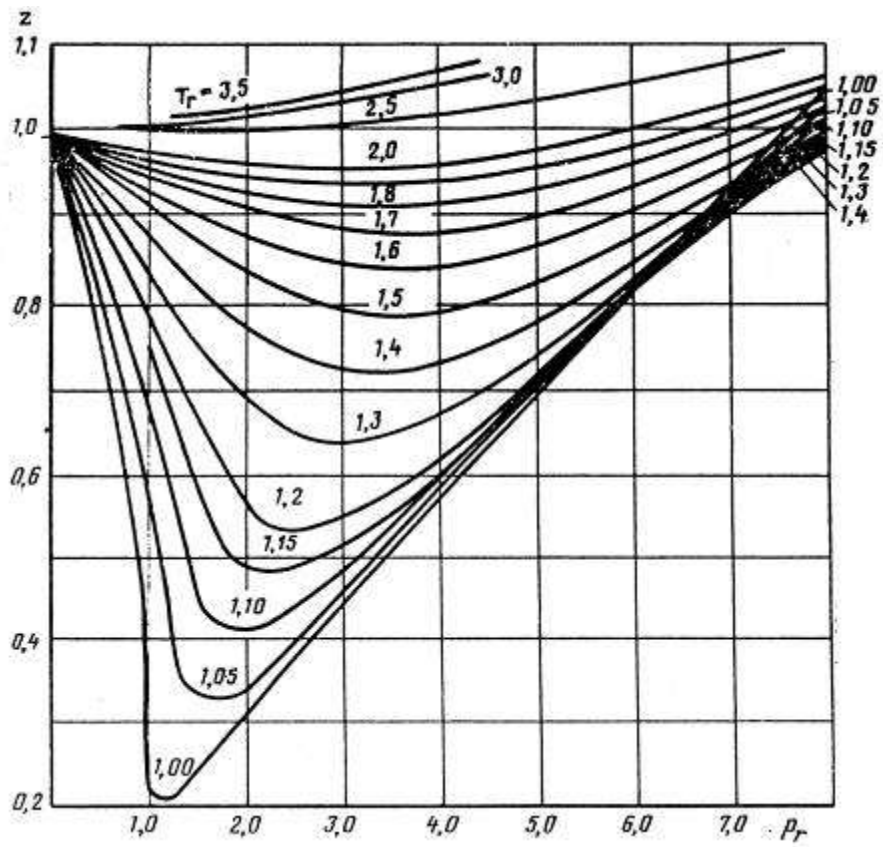
Bu koeffitsient keltirilgan bosim

$$P_r = \frac{P}{P_{o'r.kr}}$$

va haroratga

$$T_r = \frac{T}{T_{o'r.kr}}$$

bog'liq, hamda grafikdan (7.1-rasm) aniqlanadi. Bunda $P_{o'r.kr}$ va $T_{o'r.kr}$ - mos ravishda o'rtacha kritik bosim va o'rtacha kritik harorat. Tabiiy gaz har-xil komponentlardan (metan, etan, propan va boshqa) tashkil topgani uchun, $P_{o'r.kr}$ va $T_{o'r.kr}$ qiymatlarni oldindan



$$P_{o'r.kr} = \frac{\sum n_j P_{krj}}{\sum n_j}$$

$$T_{o'r.kr} = \frac{\sum n_j T_{krj}}{\sum n_j}$$

7.1-rasm

formulalar bo'yicha hisoblash kerak.

Tabiiy gazning dinamik yopishqoqlik koeffitsienti bosim va haroratga bog'liq. Protseini izotermik deb, “ $\mu(P)$ ” bog'lanishni hisobga olish kerak.

1-masala:

Gazning barqaror tekis radial holatidagi va siqilmaydigan suyuqlikning Darsi qonuniga ko'ra bir xil chegaraviy shartlarida qatlamdagi bosim taqsimlanishi taqqoslansin: $r_c=0,1$ m, $P_c=50$ kgs/sm² $R_k=750$ m, $P_k=100$ kgs/sm²

Yechish:

P_k-P_c depressiyaning qanday qismi (foizlarda) siqilmaydigan suyuqlik va gazning harakatida qatlamdagi $r-r_c$ masofada yo'qolishini aniqlaymiz.

$$\delta = \frac{P - P_c}{P_k - P_c} \cdot 100\%.$$

Siqilmaydigan suyuqlikdagi

$$P = P_c - \frac{P_k - P_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{r}{r_c}$$

bosim taqsimlanishi qonunidan

$$\delta_c = \frac{\ln(r/r_c)}{\ln(R_k/r_c)} \cdot 100 = \frac{\lg(r/r_c)}{\lg(R_k/r_c)} \cdot 100.$$

ifodani hosil qilamiz.

Gaz

$$P = \sqrt{P_c^2 - \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{r}{r_c}}$$

bosim taqsimlanish qonunidan

$$\delta_g = \frac{1}{P_k - P_c} \left(\sqrt{P_c^2 - \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} - P_c} \right) \cdot 100.$$

ekanligini topamiz.

“ r/r_c ” ning har-xil qiymatlarini berib, “ δ_s ” va “ δ_g ” larni hisoblaymiz va natijalarni (7.2-rasm) da ko’rsatamiz.

7.2-rasm

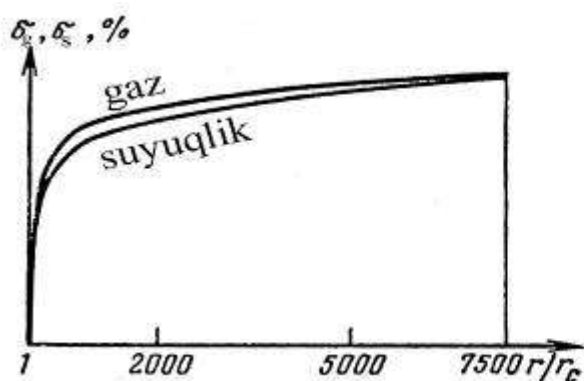
2-masala:

Qatlamda gazning Darsi qonuniga qonuniga ko’ra barqaror tekis radial filrtatsiyasi sodir bo’lishi ma’lum. Iste’mol konturi radiusi $R_k=1000$ m, quduq radiusi $r_c=0,1$ m, iste’mol konturidagi gazning absolyut bosim $P_k=100$ kgs/sm², quduq tubi bosimi $P_c=92$ kgs/sm². Qatlam hajmi bo’yicha “ $\tilde{P}$ ” o’rtacha bosim aniqlansin.

Gazning Darsi qonuni bo’yicha barqaror tekis radial filtratsiyasidagi bosim qatlam har qaysi nuqtasida

$$P = \sqrt{P_k^2 - \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}}$$

formula bilan aniqlanadi.



r/r_c	$\delta_s, \%$	$\delta_g, \%$
1	0	0
2	7,77	11,0
5	18,05	24,2
10	25,8	33,2
100	51,6	59,6
500	69,7	75,8
1000	77,6	82,4
5000	95,5	96,7
7500	100	100

Qatlam “ $\tilde{P}$ ” o’rtacha bosimni topish uchun quduqdan “ r ” masofa narida eni “ dr ” bo’lgan halqali element ajratamiz. Bu elementning g’ovak muhiti xajmi

$$d\Omega = 2\pi r dr$$

teng.

Butun qatlam g’ovak muhiti hajmi

$$\Omega = \pi(R_k^2 - r_c^2)hm$$

teng.

Bosim

$$\tilde{P} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} P d\Omega = \frac{1}{\pi(R_k^2 - r_c^2)hm} \int_{r_c}^{R_k} \sqrt{P_k^2 - \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}} \cdot 2\pi r dr$$

$$\cdot 2\pi r h m d r = \frac{2}{(R_k^2 - r_c^2)} \int_{r_c}^{R_k} \sqrt{P_k^2 - \frac{P_k^2 - P_c^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}} \cdot r d r.$$

Agar tenglamaning chap va o'ng tomonlarini "P_k" ga bo'lib va $\xi = \tilde{P}/P_k$ va $\varepsilon = P_c/P_k$ belgilashlarni kiritsak, unda

$$\xi = \frac{\tilde{P}}{P_k} = \frac{2}{(R_k^2 - r_c^2)} \int_{r_c}^{R_k} \sqrt{1 - \frac{1 - \varepsilon^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}} \cdot r d r$$

hosil qilamiz.

$$x = \frac{1 - \varepsilon^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r} \text{ deb hisoblasak, u holda}$$

$$\sqrt{1 - \frac{1 - \varepsilon^2}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}} = \sqrt{1 - x}$$

bo'ladi.

Agar $|x| < 1$ bo'lsa, unda $\sqrt{1 - x}$ ni qatorga yozish mumkin.

Ma'lumki,

$$(1 \pm x)^{\frac{1}{2}} = 1 \pm \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 \pm \frac{1}{16}x^3 - \dots$$

Qatorning birinchi ikki hadini ushlab, $\sqrt{1 - x}$ ni qatorga yozamiz.

$$\sqrt{1 - x} = 1 - \frac{1}{2}x = 1 - \frac{1 - \varepsilon^2}{2 \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r} = 1 + \frac{1 - \varepsilon^2}{2 \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}$$

U xolda

$$\xi = \frac{2}{R_k^2 - r_c^2} \int_{r_c}^{R_k} \left(1 + \frac{1 - \varepsilon^2}{2 \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \ln \frac{r}{R_k}\right) \cdot r d r$$

bo'ladi.

"r_c²" tarkibida bo'lgan ifodalarni inobatga olmay, tenglamani integrallab,

$$\xi = 1 - \frac{1 - \varepsilon^2}{2} \left(\frac{1}{2 \ln \frac{R_k}{r_c}} - \frac{1}{\frac{R_k^2}{r_c^2} - 1} \right).$$

ifodaga ega bo'lamiz va bundan

$$\xi = \frac{\tilde{P}}{P_k} = 1 - \frac{1 - 0,92^2}{2} \left[\frac{1}{2 \cdot 2,3 \lg \frac{1000}{0,1}} - \frac{1}{\left(\frac{1000}{0,1}\right)^2 - 1} \right] = 1 - 0,0042 = 0,9958$$

qiymatni topamiz. Bundan

$$\tilde{P} = 0,9958 \cdot 100 = 99,58 \text{ kgs/sm}^2.$$

Bundan ko'rinadiki, gazning barqaror tekis radial filtratsiyasidagi “ $\tilde{P}$ ” o'rtacha qatlam bosimi “ P_k ” kontur bosimiga yaqin.

3-masala:

Tabiiy gaz quyidagi tarkibga ega:

Komponent	metan	etan	propan	izobutan	N- butan	izopentan	N- petan	geksan
Tarkibi, %	86,02	7,70	4,26	0,57	0,87	0,11	0,14	0,33

Real gazning xossasini xisobga olib, gaz qudug'ining Q_{at} debiti aniqlansin va u ideal gaz uchun Q_{at}^1 debiti bilan solishtirilsin.

Masala yechimida yuqori siquvga koefitsient z ning keltirilgan harorat va bosimga bog'lanish grafigidan hamda dinamik qovushqoqlik koefitsienti μ nking bosim va qatlam harorati $t=38^0 \text{ C}$ bo'lgandagi gazning zichligiga bog'lanish grafiklaridan foydalanilsin.

Quduq tubidagi bosimni kontur bosimga teng deb qabul qilinsin. $P_k=150 \text{ kgs/sm}^2$, dinamik bosim $P_c=100 \text{ kgs/sm}^2$, o'tkazuvchanlik koefitsienti $k=0,1 \text{ D}$, qatlam qalinligi $h=10 \text{ m}$, kontur radiusi $R_k=1 \text{ m}$, quduq radiusi $r_c=10 \text{ sm}$.

Yechish: Chiziqli filtratsiya va gazning barqaror harakatida quduq massali debiti Darsi formulasi bo'yicha

$$Q_m = 2\pi r h \rho \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dr} \quad (7.27)$$

aniqlanadi.

μ va ρ bosim funksiyasi bo'lganini inobatga ilamiz va integrallab

$$Q_m = \frac{2\pi k h}{\ln(R_k / r_c)} \cdot \int_{P_c}^{P_k} \frac{\rho}{\mu} dP \quad (7.28)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

Real gazning $P / \rho = zRT$ holat tenglamasidan

$$\frac{\rho}{\mu} = \frac{P}{\mu \tilde{a} RT} \quad (7.29)$$

tenglamaga ega bo'lamiz.

Buni (7.27) integralga qo'yib (7.28) ifodani

$$\int_{P_c}^{P_k} \frac{\rho}{\mu} dP = \frac{1}{RT} \int_{P_c}^{P_k} \frac{PdP}{\mu(P)\tilde{a}(P)} \quad (7.30)$$

ko'rinishda yozamiz.

Integralning son qiymatini toppish uchun, bosim o'zgarish chegarasini olti intervalga bo'lamiz va integralni amproksimatsiyalaymiz:

$$\int_{P_c}^{P_k} \frac{PdP}{\mu(P)\tilde{a}(P)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 \frac{(P_i^1)^2 - (P_i^{11})^2}{\tilde{a}_i \mu_i} \quad (7.31)$$

bu yerda P_i^1 va P_i^{11} - i inchi intervaldagi chegaraviy qiymatlar; $\tilde{a}_i$ va μ_i - $P_i = (P_i^1 + P_i^{11})/2$ bosimdagi yuqori siqiluvchanlik $\tilde{a}(P)$ va dinamik qovushqoqlik $\mu(P)$ koeffitsientlari (7.31) ifodani xisobga olib, debit formulasini

$$Q_m = \frac{\pi k h}{RT \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(P_i^1)^2 - (P_i^{11})^2}{\tilde{a}_i \mu_i} \quad (7.32)$$

$\tilde{a}_i$ qiymatni $\tilde{a} = \tilde{a}(P_r, T_r)$ grafikdan aniqlaymiz, buning uchun keltirilgan bosim va har qaysi intervaldagi haroratni,

$$P_r = P / P_{o'r.kr}$$

$$T_r = T / T_{o'r.kr}$$

formulalardan topamiz. Bunda

$$P_{sr.kr} = \frac{\sum n_j P_{kpi}}{\sum n_j},$$

$$T_{sr.kr} = \frac{\sum n_j T_{kpi}}{\sum n_j},$$

n_j – gazdagi “j” inchi kompotsit tarkibining hajm miqdori (7.1-jadval)

7.1-jadval ma'lumotlari bo'yicha

$$P_{o'r.kr}=45,69 \text{ kgs/sm}^2, \quad T_{o'r.kr}=222,2 \text{ K}, \quad T_r=\frac{273+38}{222,2}=1,4.$$

Havoga ko'ra gazning nisbiy zichligi 7.1-jadvalning oxir qatori ma'lumotlari bo'yicha aniqlaymiz:

$$\tilde{P} = \sum \frac{n_j P_j}{100} = 0,667$$

μ_i qiymatini gazning nisbiy zichligi $\tilde{P}=0,667$ va $t=38^\circ \text{C}$ dagi bosimlarga ko'ra μ bog'lanish grafigidan topamiz (7.4-rasm).

Компонент	Tarkibi, %	Kritik harorat T_{kj}, K	Kritik bosim $P_{kj}, \text{kgs/sm}^2$	$n_j T_{kr} \cdot i/100$	$n_j P_{kr} \cdot j/100$	Havo bo'yicha zichlik ρ_j	$n \rho_j/100$
Метан	86,02	190,5	45,8	163,870	39,400	0,5538	0,4770
Этан	7,70	305,2	48,8	23,700	3,700	1,0381	0,0800
Пропан	4,26	370,2	42,0	15,762	1,789	1,5222	0,0649
Изобутан	0,57	406,7	37,0	2,328	0,211	2,0000	0,0114
Н-бутан	0,87	425,0	37,47	3,700	0,325	2,0000	0,0174
Изопентан	0,11	461,0	32,9	0,507	0,036	2,4800	0,0027
Н-пентан	0,14	470,4	33,0	0,658	0,046	2,4800	0,0035
Гексан	0,33	507,1	30,0	1,672	0,099	2,9650	0,0098

(7.32) ifodaga kiradigan yig'indi a'zolarini (7.2-jadval) dan aniqlaymiz.

i	$p_i', \text{ kgs/sm}^2$	$p_i'', \text{ kgs/sm}^2$	$(p_i')^2 - (p_i'')^2$ (kgs/sm ²) ²	$p_i, \text{ kgs/sm}^2$	$p_r = p_i / p_{o \text{ tkr}}$	z_i	$\mu_i, \text{ sP}$	$\frac{(p_i')^2 - (p_i'')^2}{z_i \mu_i}$ (kgs/sm ²) ² / sP
1	150	140	2900	145	3,18	0,710	0,019	215 000
2	140	130	2700	135	2,96	0,715	0,018	210 000
3	130	120	2500	125	2,74	0,720	0,017	204 000
4	120	110	2300	115	2,52	0,730	0,017	185 000
5	110	105	1075	107,5	2,35	0,735	0,016	91 300
6	105	100	1025	102,5	2,24	0,745	0,016	86 000

$$\sum_{i=1}^6 \frac{(P_i^1)^2 - (P_i^{11})^2}{\tilde{a}_i \mu_i} = 991300.$$

Aytmalik bosimga keltirilgan real gazning xajmiy debiti

$$Q_{at} = \frac{Q_m}{\rho_{at}} = \frac{Q_m \tilde{a}_m RT}{P_{at}}$$

teng.

$z_a = 1$ bo'lgani uchun

$$Q_{at} = \frac{\pi k h}{P_{at} \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{(P_i^1)^2 - (P_i^{11})^2}{\tilde{a}_i \mu_i} = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 10^3 \cdot 991300 \cdot 86400}{1,033 \cdot \ln \frac{1000}{0,1} \cdot 10^6} = 2,83 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{sut}$$

Gaz ideal va $\mu = 0,0175 \text{ sP}$ deb hisoblab,

$$Q = \frac{\pi k h (P_k^2 - P_c^2)}{P_{at} \mu \ln \frac{R_k}{r_c}} = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 10^3 \cdot (150^2 - 100^2) \cdot 86400}{1,033 \cdot 0,0175 \cdot \ln \frac{1000}{0,1} \cdot 10^6} = 2,05 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{sut}$$

Hosil qilingan ma'lumotlardan ko'ramizmizki, qaraladigan masala shartlarida gazning real xossalarini hisobga oladigan quduq debiti, ideal gaz debitidan 28% ko'p.

4-masala:

Mukammal quduq radiusi $R=10 \text{ km}$ bo'lgan doiraviy qatlam markazida joylashgan. Qatlam qalinligi o'rtacha $h=15 \text{ m}$, o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=400 \text{ mD}$, dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $\mu=1,02 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, suyuqlikning siqilish koeffitsienti $\beta_*=4,64 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$, iste'mol konturidagi bosim $P_k=11,76$

MPa, tub bosim $P_c=7,35$ MPa, quduq radiusi $r_c=0,1$ m. Filtratsiya Darsi qonuniga ko'rtta suv naporli rejimda sodir bo'ladi. Suyuqlikni siqilishini inobatga olgandagi va suyuqlik siqilmaydigan sharoitlarda hisoblangan quduqlarning xajmiy sutkalik debitlari farqi aniqlansin.

Yechish: Suyuqlikni hisobga oladigan quduq debitini Dyupuyi formulasidan, hajmiy sarf Q ni Q_m bilan, bosim P ni Leybenzon funksiyasi $\wp$ bilan almashtirib, hosil qilish mumkin:

$$Q_m = \frac{2\pi kh}{\mu} \cdot \frac{P_k - P_c}{\ln(R_k / r_c)}.$$

Guk qonuniga bo'ysunuvchi, $\rho = \rho_0 e^{\beta_e(P-P_0)}$ xolat tenglamali suyuqlik uchun, Leybenzon funksiyasi

$$\wp = \int \rho dP + C = \int \rho_0 e^{\beta_e(P-P_0)} dP = \frac{\rho_0}{\beta_c} \cdot e^{\beta_e(P-P_0)} + C,$$

$$\wp_k - \wp_c = \frac{\rho_0}{\beta_c} \left[e^{\beta_e(P_k-P_c)} - e^{\beta_e(P_c-P_0)} \right]$$

bo'ladi.

e^x ni qatorga yoyib va qatorning o'ng a'zosi bilan

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \dots$$

cheklanib,

$$e^{\beta_e(P_k-P_c)} - e^{\beta_e(P_c-P_0)} = \beta_c(P_k - P_0) \left[1 + \frac{\beta_c}{2}(P_k + P_c - 2P_0) \right]$$

va

$$Q_m = \frac{2\pi kh \rho_0}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \left[1 + \frac{\beta_c}{2}(P_k + P_c - 2P_0) \right] (P_k - P_c).$$

ifodalarni hosil qilamiz.

Oxirgi formuladagi bosim absolyut. Agar $P_0=P_{at}$ qo'ysak, P_k va P_c ortiqcha bosimlar orqali Q_m formulasini

$$Q_m = \frac{2\pi kh \rho_{at}(P_k - P_c)}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}} \cdot \left[1 + \frac{\beta_c}{2}(P_k + P_c) \right].$$

ko'rnishida yozish mumkin.

Siqilishni hisobga oluvchi hajmiy debit bilan, Dyupuyi formulasi bo'yicha aniqlangan debitlar orasidagi farq quyidagiga teng:

$$\frac{Q_m}{\rho_{at}} = \frac{\pi k h (P_k - P_c) \cdot \beta_c (P_k + P_c)}{\mu \ell n \frac{R_k}{r_c}} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 15 \cdot (11,76 - 7,35) \cdot 10^6 \cdot 4,64 \cdot 10^{-10} \cdot (11,76 + 7,35) \cdot 10^6 \cdot 4,64 \cdot 10^{-10} \cdot (11,76 + 7,35) \cdot 10^6}{1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \ell g \cdot \frac{10^4}{0,1}} =$$

$$= 0,642 \cdot 10^{-4} m^3 / s = 5,55 m^3 / sut.$$

Dyupyui formulasiga ko'ra aniqlanadigan

$$Q = \frac{2\pi k h (P_k - P_c)}{\mu \ell n \frac{R_k}{r_c}} =$$

$$\frac{6,28 \cdot 0,4 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 15 \cdot (11,76 - 7,35) \cdot 10^6 \cdot 0,864 \cdot 10^5}{1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \ell g \cdot \frac{10^4}{0,1}} = 1245 m^3 / sut.$$

$$\frac{\Delta Q_m}{\rho_{at}} : Q = 0,00445 = 0,445\%$$

kattalikka teng.

Barqaror rejimli filtratsiyasining ham debitini siqilmaydigan suyuqlik formulalari bilan aniqlash mumkin.

8.G'OVAK MUHITDA IKKI SUYUQLIK BO'LINISH CHEGARASINING HARA-KATI.

Suv bosimli rejim sharoitlarida neft konlarini ishlatish loyihalashtirshda, neftni suv nabori bilan siqib chiqarishda, neft tashuvchi kontur cho'zilishini hisobga olish kerak.

Neftni suv bilan siqib chiqarish bilan, suv neft kontakt deformatsiyasining hisoblarida ham duch kelinadi. Aynan shunday masalalar gaz konlaridan foydalanishda ham sodir bo'ladi. Siqib chiqarish masalalari yechimida neft va suvning qovushqoqligi farqi xisobga olinadi. Neft va suv zichliklari bir xil deb hisoblanadi. Bu ikki suyuqlik bo'linish chegarasini vertical deb qarash imkoniyati beradi. Umumiy holda, har-xil fizik xossaga ega bo'lgan ikki suyuqlik bo'linish chegarasida, oqim chizig'ining sinishi sodir bo'ladi. Shu sinishni hisobga olish, neftni bilan (yoki gazni suv bilan) siqib chiqarish masalalarining aniq yechimini toppish qiyinchiligini keltirib chiqaradi. To'g'ri chiziqli-parallel va tekis radial harakatda oqim chiziqlari sinmaydi, chunki ular boshlang'ich vaqt momentida bo'linish

chegarasiga perpendikulyar bo'ladilar. Suyuqlik (neft, suv) siqilmaydigan, qatlam gorizontal, qatlam-rejimli – suv naporli, filtratsiya chiziqli qonunga asosan deb qaralgan bu holatlar uchun aniq yechim topilgan.

Bo'linish chegarasining to'g'ri chiziqli-parallel harakatida (8.1-rasm), ya'ni u boshlang'ich holatda galereyaga parallel bo'lganda, o'zgarmas qalinlik g'ovaklik va o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qatlamdagi galereya debiti formulasi

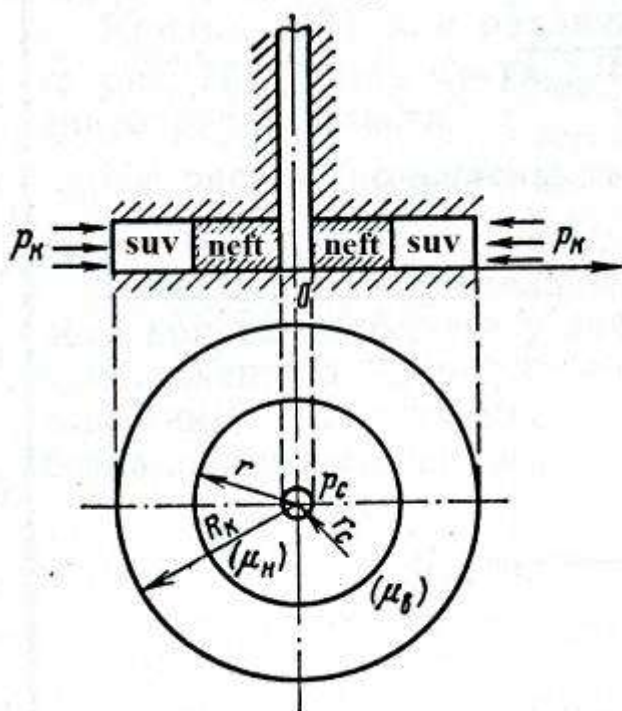
$$Q = \frac{kBh}{\mu_c S + \mu_H (\ell - S)} \quad (8.1)$$

ko'rinishni oladi. Bunda ℓ - qatlam uzunligi; S - iste'mol konturidan suv-neft konturigacha bo'lgan masofa.

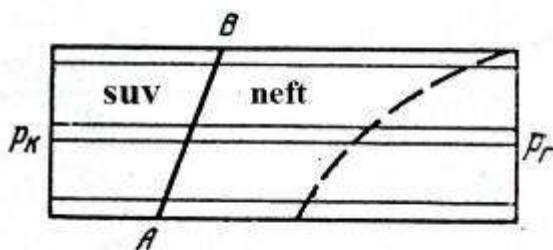
Formuladan ko'ramizki, P_k va P_r berilgan qiymatlarida neft debiti bo'linish chegarasi harakatida (agar $\mu_H > \mu_c$) oshadi.

Neftni suv bilan siqib chiqarish bo'linish chegarasining to'g'ri chiziqli-parallel ilgarilama harakatidagi vaqt ushbu

$$t = \frac{m}{k(P_k - P_A)} \left[\mu_H \ell (S - S_0) - \frac{1}{2} (\mu_H - \mu_c) (S^2 - S_0^2) \right] \quad (8.2)$$



8.2-rasm



8.3-rasm

formula bilan hisoblanadi. Bunda S_0 -boshlang'ich vaqt momentidagi bo'linish chegarasi holatini aniqlovchi koordinata.

Neftni to'liq siqib chiqarish vaqtini topish uchun, (8.2) formulaga $S=\ell$ ni qo'yish lozim.

Xuddi shunday ko'rinish tekis radial filtratsiya holatlarida ham kuzatiladi (8.2-rasm). Bu holatda debit

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu_c \ell n \frac{R_k}{r} + \mu_H \ell n \frac{r}{r_c}} \quad (8.3)$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda r - vaqt t momentda neft-suv bo'linish chegarasining holatini aniqlovchi kordinata.

Boshlang'ich $r=r_0$ ($t=0$ da) holatdan " r " gacha bo'lgan chegaraning radial ko'chishi

$$t = \frac{m}{k(P_k - P_A)} \cdot \left\{ (\mu_c \ell n R_k - \mu_H \ell n r_c) \frac{r_0^2 - r^2}{2} + (\mu_H - \mu_c) \cdot \left[\left(\frac{r_0^2}{2} \ell n r_0 - \frac{r_0^2}{4} \right) - \left(\frac{r^2}{2} \ell n r - \frac{r^2}{4} \right) \right] \right\}.$$

formuladan topiladi.

Neft va suvning har-xilligi neftni (gazni) qatlamdan chiqarish vaqti kabi, suv tashuvchi konturlar harakatiga ham jiddiy ta'sir ko'rsatadi.

Qatlamda AB neft-suv kontaktining boshlang'ich xolati galereyaga parallel bo'lmasin. Ko'rsatilgan sharoitlarda suv-neft kontakti harakati masalasi yechimi uchun V.N.Shelkachev tomonidan taklif etilgan "poloska" naboridan foydalaniladi. Zarrachaning qatlamlar bo'yicha harakati qaraladi. Bir necha tor "polosa" lar ajratiladi va har qaysi "polosa" chegarasida siqib chiqarishni suv tashuvchi kontur porshen (galereyaga parallel) kabi qaraladi. $\mu_H \succ \mu_c$ shartda tezlik B nuqtada A nuqtadagi tezlikka nisbatan katta bo'ladi. Bundan "suv tili" deb ataladigan ko'rinishdagi harakat tezligi galereya tomon harakatida cho'zilgan bo'ladi, ya'ni uning pastki qismiga nisbatan yuqori qismi tezligi tezroq orta boradi.

8.2. TUB OSTI SUVI KONUSI.

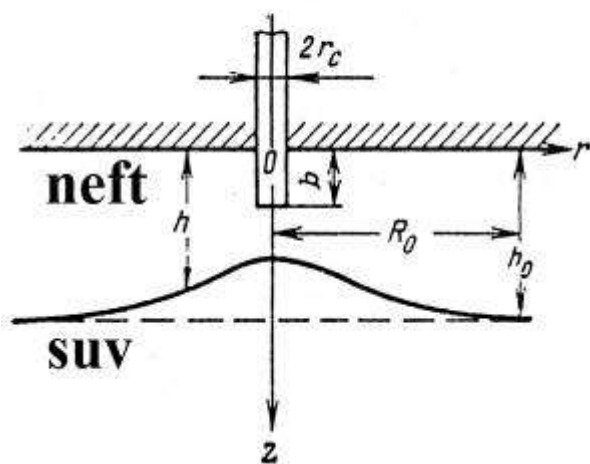
Tub osti suvli qatlamdan ochilish darajasiga ko'ra nomukammal bo'lgan gidrodinamik quduqdan neft (gaz) olishda suv-neft kontakt chegarasida deformatsiya sodir bo'ladi. Suv sathi ko'tarilishining paydo bo'lishi tub osti suvining konusi deyiladi (8.4-rasm). Debit ochilishi bilan konus ko'tariladi va qandaydir $Q=Q_{cheg}$ chegaraviy qiymatlarida quduqqa tub osti suvining uzulishi sodir bo'ladi. Konusning stabillik sharti bo'lib,

bosim gradientining konus balandligi bo'yicha suvning solishtirma og'irligiga tengligi hisoblanadi:

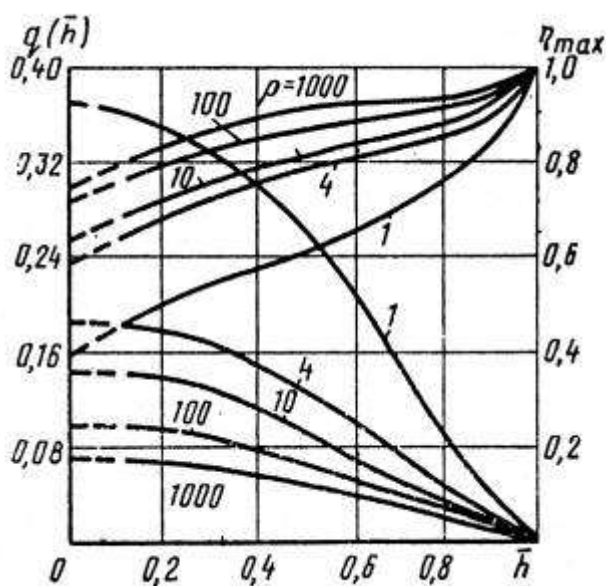
$$\left| \frac{d}{dr} \right|_{r=0} = \rho_c g \quad (8.5)$$

Chegaraviy suvsiz debitlar hisob usullari I.A.Charniy, N.F.Ivanovskiy, N.S.Piskupov, D.A.Efros, G.J.Meyer, O.A.Garder va boshqalar tomonidan taklif etilgan.

I.A.Charniy tub osti suvi konusiga ega bo'lgan neftning harakatini, $h(R_0)=h_0$ o'zgarmas qalinlikka ega qatlamdagi neftning teng debitli bosimli harakati bilan taqqoslab, hamda konus stabiligi (8.5) shartidan foydalanib, gorizontal yo'nalishdagi k_{gor} o'tkazuvchanlik qiymati vertical yo'nalishdagi



8.4-rasm



8.5-rasm

k_{ver} qiymatdan keskin farqlanadigan o'tkazuvchanlik koeffitsientlari qiymatidagi anizotrop qatlamning har-bir nuqtasida chegaraviy suv bo'lmagan debit yuqori qiymati uchun

$$Q_1 = Q_0 q(\tilde{h}) = \frac{2\pi k h_0}{\mu} (\rho_b - \rho_H) g h_0 q \tilde{h} \quad (8.6)$$

ko'rinishdagi formulani hosil qildi. Bunda $\tilde{h} = b/h_0$; $q(\tilde{h})$ - o'lchamsiz debit.

$q(\tilde{h})$ ning $\rho = R_0 / h_0$ har-xil qiymtlar uchun egri chizig'i 8.5-rasmda ko'rsatilgan.

Shuningdek 8.5-rasmda $h_{mak} = y_{mak}/(h_0 - b)$ ning Q_1 ga mos keluvchi y_{mak} ko'tarilish balandligi xisobi uchun grafigi keltirilgan.

Suv konusi balandligi quduq tubida bo'lgan chap chegaraviy holat uchun N.F.Ivanovskiy chegaraviy suv bo'lmagan quduq debiti uchun (8.5) formulaga o'xshash bosimsiz harakat uchun

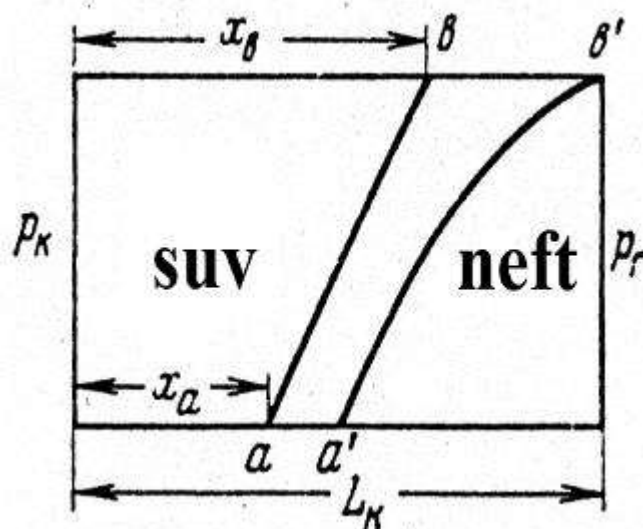
$$Q_{cheg} = \frac{\pi k(\rho_c - \rho_H)g(h_0^2 - b^2)}{\mu \ell n \frac{R_0}{r_c}} \quad (8.7)$$

formula kelib chiqadi.

1-masala:

G'ovak qatlamda suv-neft kontakti (ab chiziq) xolati, 8.6-rasmdagi planda ko'rsatishicha boshlang'ich vaqt momentida galereyaga parallel emas. a va b nuqtalardagi filtratsiya tezliklari topilsin.

b nuqta galereyaga yetib kelgandagi a nuqta holati aniqlansin. Galereyadan iste'mol konturigacha bo'lgan masofa $L_k=10$ km, iste'mol konturidan a nuqtagacha masofa $x_a=9200$ m, b nuqtagacha bo'lgan masofa $x_b=9500$ m, neftning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $\mu_H = 6$ sP, suvniki $\mu_c = 1$ sP, qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsienti $k=1$ D, qatlam g'ovaklik koeffitsienti $m=20$ %, iste'mol konturidagi bosim $P_k=9,8$ MPa (100 kgs/sm²), galereya tubidagi bosim $P_r=6,86$ MPa (70 kgs/sm²).



8.6-rasm

Yechish: Masalani V.N.Shelkachev taklif etgan usul bilan yechamiz. a va b nuqtalar chegarasidagi qatlamda ikkita tor poloskalar ajratamiz va bularning har birining suv-neft bo'linish chegarasida vertikal va galereyaga parallel bo'ladi. Bo'linish chegarasining har qaysi poloskasidagi ko'chishini porshenli, to'g'ri chiziqli parallel siqib chiqarish formulalari bo'yicha aniqlaymiz.

a va b nuqtalardagi filtratsiya tezliklarini aniqlaymiz:

$$v_a = \frac{k(P_k - P_{\bar{A}})}{\mu_H(L_k - x_a)} = \frac{1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 2,94 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^{-3} \cdot 800 + 10^{-3} \cdot 9200} = 2,12 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

$$v_b = \frac{k(P_k - P_{\bar{A}})}{\mu_H(L_k - x_b)} = \frac{1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 2,94 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^{-3} \cdot 500 + 10^{-3} \cdot 9500} = 2,40 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

b nuqta galereyaga yetib borishdagi vaqtni aniqlaymiz:

$$T_b = \frac{m}{2k(P_k - P_{\tilde{A}})} \cdot [\mu_c(L_k^2 - x_b^2) + \mu_H(L_k - x_b)^2] =$$

$$= \frac{0,2}{2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 2,94 \cdot 10^6} \cdot [10^{-3}(10^2 - 9,5^2 \cdot 10^6) + 6 \cdot 10^{-3}(10^4 - 0,95 \cdot 10^4)^2] =$$

$$3,75 \cdot 10^8 \tilde{n} = 11,9 \text{ yil.}$$

b nuqta galereyaga yetib borganda a nuqtaning holatini topamiz:

$$x_a^1 = \frac{\mu_H}{\mu_H - \mu_c} \cdot L_k - \sqrt{\left(\frac{\mu_H}{\mu_H - \mu_c} \cdot L_k - x_a\right)^2 - \frac{2k(P_k - P_{\tilde{A}})}{m(\mu_H - \mu_c)} \cdot t} =$$

$$\frac{6}{5} \cdot 10^4 - \sqrt{\left(\frac{6}{5} \cdot 10^4 - 0,92 \cdot 10^4\right)^2 - \frac{2 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 2,94 \cdot 10^6 \cdot 3,75 \cdot 10^8}{0,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}} = 9640m$$

ya'ni a nuqtada galereyadan 360 m narida bo'ladi va neft-suv bo'linish chegarasi a^1b^1 holatni egallaydi.

2-masala:

Agar $R_k=200$ m, quduq radiusi $r_c=10$ sm, neft bilan to'yibgan qatlam qalinligi $h_0=12$ m, suv va neft zichliklari farqi $\rho_c - \rho_H = 0,398 \text{ kgs/sm}^3$, neftning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $\mu_H = 2,54 \text{ sP}$ bo'lsa, neft atlamni tubli suv bilan ochgan quduqning chegaraviy suvsiz debiti aniqlansin. Qatlamni bir jinsli ($H=1$) deb hisoblansin. $k=1 \text{ D}$; b 6m va 2m.

Yechish: N.F.Ivanovskiyning formulasi bo'yicha chegaraviy suvsiz debitni aniqlaymiz:

1)

$$Q_{cheg} = \frac{\pi k(\rho_c - \rho_H)g(h_0^2 - b^2)}{\mu \ell n \frac{R_0}{r_c}} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 398 \cdot 9,8 \cdot (144 - 36)}{2,54 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \ell g \frac{200}{0,1}} = 0,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s} = 6,05 \text{ m}^3 / \text{sut.}$$

U.A.Charniy grafigi (8.5-rasm) bo'yicha $\tilde{q}(\rho, h) = Q_{cheg} / Q_0$ ni topamiz, bu yerda

$$Q_0 = \frac{2\pi k h_0}{\mu_H} \cdot (\rho_c - \rho_H) g = \frac{6,28 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 144 \cdot 398 \cdot 9,8}{2,54 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 1,425 \cdot 10^{-3} m^3 / s = 123 m^3 / sut;$$

$$\rho = \frac{R_k}{\aleph h_0} = \frac{200}{12} = 16,6;$$

$$\bar{h} = \frac{b}{h_0} = 0,5;$$

$$q(16,6;0,5)=0,097, \text{ bundan } Q_{cheg}=0,097 \cdot 123=1195 m^3/sut.$$

$$2) \quad Q_{cheg} = \frac{3,14 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} (144 - 4) \cdot 398,8}{2,54 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \ell g \frac{200}{0,1}} = 0,91 \cdot 10^{-4} m^3 / s = 7,85 m^3 / sut.$$

U.A.Charniy usuliga ko'ra chegaraviy suvsiz debitga nisbatan, N.F.Ivanov usuli bilan aniqlangan chegaraviy suvsiz debit formulasi keskin pasayishni ko'rsatadi.

3-masala:

Qatlamni $b=12,5$ m chuqurlikda tub osti suvi bilan ochgan quduqdan neft chiqarilishidagi chegaraviy ruxsat etilarli depressiya aniqlansin. Quduqdan naridagi neft tashuvchi qatlam qismi qalinligi $h_0=50$ m, qatlam o'tkazuvchanligi $k=0,5$ D, suvning zichligi $\rho_c=1$ g/sm³, neft zichligi $\rho_H=0,7$ g/sm³, neftning dinamik qovushqoqlik koeffitsienti $\mu_H=2$ sP, iste'mol konturiga bo'lgan masofa $R_k=200$ m, quduq diametri $d_c=21,9$ sm, qatlamni izotrop ($\aleph = k_{gor} / k_{ver} = 1$) deb hisoblansin.

Yechish: I.A.Charniy usuliga ko'ra neftning chegaraviy suvsiz debitini qiymatini aniqlaymiz:

$$Q_1 = Q_0 q(\bar{h}, \rho),$$

bu yerda

$$Q_0 = \frac{2\pi k h^0 (\rho_c - \rho_H) g}{\mu_H} = \frac{6,28 \cdot 0,5 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 25 \cdot 10^2 \cdot 300 \cdot 9,8}{2 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 1,175 \cdot 10^{-2} m^3 / s$$

$$\bar{h} = \frac{b}{h_0} = \frac{12,5}{50} = 0,25,$$

$$\rho = \frac{R_k}{\aleph h_0} = \frac{200}{50} = 4;$$

q ning ρ va $\bar{h}$ bog'lanish grafigidan (8.5-rasm) $\rho=4$ va $\bar{h}=0,25$ qiymatlarida

$$q(0,25;4)=0,173$$

va bundan

$$Q_1 = 1,175 \cdot 10^{-12} \cdot 0,173 = 2,04 \cdot 10^{-3} m^3 / s.$$

Chegaraviy ruhsat etilarli depressiyani ochilish darajasiga ko'ra, nomukammal quduqqa olib kiradigan Masketyechimidan aniqlaymiz:

$$\Delta P = \frac{Q_1 \mu_H \left\{ \frac{1}{2h} \left[2 \ell n \frac{4h_0}{r_c} - \varphi(\bar{h}) \right] + \ell n \frac{R_k}{4h_0} \right\}}{2\pi k h} =$$

$$= \frac{2,04 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \left\{ \frac{1}{2 \cdot 0,25} \left[4,6 \lg \frac{4 \cdot 50}{0,109} - 4,6 \right] + 2,3 \lg \frac{200}{4 \cdot 50} \right\}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot 50} = 0,529 MPa,$$

bunda $\varphi(\bar{h}) = \varphi(0,25) = 4,6$ funksiya qiymati (3.4-rasmga qarang).

9.DEFORMATSIYALANADIGAN YORIQSIMON QATLAMDA SUYUQLIK VA GAZNING BARQAROR FILTRATSIYASI.

9.1.ASOSIY XARAKTERISTIKALAR.

Kollektorlar toza yoriqsimon va yoriqsimon-g'ovak bo'ladilar. Agar birinchisida suyuqlik va gazning harakati faqat yoriqlarda bo'lsa, ikkinchisida esa yoriqlar orasida joylashgan yoriq va g'ovak bloklarda bo'ladi. Yoriqsimon-g'ovak muhitni ikki har-xil masshtabli g'ovak muhitlar yig'indisi deb qaraladi: birinchi muhitda g'ovak kanallar bo'lib, yoriqlar xizmat qiladi, ular ular orasidagi yoriq bloklar esa g'ovakligi m_T va o'tkazuvchanligi k_t bo'lgan donador jins bo'ladi; ikkinchi muhit- g'ovakligi m_n va o'tkazuvchanligi k_n bo'lgan g'ovak bloklar sistemasidan iborat.

Toza yoriqsimon qatlamlarda m_T g'ovaklik va k_t o'tkazuvchanlik Γ yoriqlar tig'izligi:

$$\tilde{A} = \frac{n}{h}$$

bilan aniqlanadi.

m_T g'ovaklik yoriqlar tig'izligiga va ularning o'rtacha ochilish nisbatiga bog'liq:

$$m_T = \sigma \tilde{A} \delta, \quad (9.1)$$

bu yerda σ - yoriqlar sistemasi geometriyasining hisobga oluvchi koeffitsient, $1 \leq \sigma \leq 3$.

Izotrop yoriqsimon qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsienti yoriq tig'izligi va ularning o'rtacha yorilishi orqali ifodalanadi:

$$k_T = \frac{\sigma \tilde{A} \delta^3}{12} = \frac{m_T \delta^3}{12}. \quad (9.2)$$

Agar qatlam bosimi o'zgargandagi yoriq yorilishining o'zgarishi

$$\delta = \delta_0 - \Delta \delta = \delta_0 [1 - \beta(P_0 - P)] \quad (9.3)$$

formula bilan ifodalansa va yoriqsimon qatlamdagi elastik deformatsiyalar bilan aniqlansa, unda bunday qatlamda k_T o'tkazuvchanlik koeffitsienti (9.2) formulaga mos bo'ladi:

$$k_T = k_{T0} [1 - \beta(P_0 - P)]^3, \quad (9.4)$$

bu yerda $\sigma_0 - P_0$ bosimdagi yoriqlar yorilishi; $\beta = \beta_T \ell / \delta_0$ - yoriqsimon muhitning kompleksli parametri; $\beta_T = (1 - 2\sigma) / E$ - elastiklik o'zgarishi; σ - Puasson koeffitsienti; E - jinsning Yunga moduli; ℓ - yoriqlar orasidagi o'rtacha masofa.

Bosimning kam o'zgarishlarida k_T o'tkazuvchanlik koeffitsientining bosimga bog'lanishi

$$k_T = k_{T0} [1 - \alpha(P_0 - P)], \quad (9.5)$$

chiziqli deb hisoblash mumkin. Bunda $\alpha = 3\beta$.

Ba'zi avtorlar yoriqsimon qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsientining bosimga bog'lanish ekspopensial funksiya

$$k_T = k_{T0} e^{-\alpha(P_0 - P)} \quad (9.6)$$

ko'rinishida ifodalaydilar.

Yoriqsimon-g'ovak qatlamdagi filtratsiya qaralishida k_T yoriq o'tkazuvchanlik koeffitsienti bosimga bog'liq bo'ladi, g'ovak bloklardagi k_F o'tkazuvchanlik esa bosimga bog'liq bo'lmaydi va o'zgarmas bo'ladi

$$Q = \frac{2\pi k_{T0} h(P_k - P_c) \left[1 - \frac{\alpha}{2}(P_k - P_c) \right]}{\mu \ell n \frac{R_k}{r}} \quad (9.7)$$

va bosim taqsimlanishi

$$P = P_k - \frac{1}{\alpha} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2\alpha(P_k - P_c) \left[1 - \frac{\alpha}{2}(P_k - P_c) \right]}{\ln \frac{R_k}{r}} \cdot \ln \frac{R_k}{r}} \right] \quad (9.8)$$

ifodalarni hosil qilamiz.

Agar o'tkazuvchanlik koeffitsientini (9.4) ifodadan olsak, unda debit

$$Q = \frac{\pi k_{T0} \left\{ 1 - [1 - \beta(P_k - P_c)]^4 \right\}}{2\mu\beta \ln \frac{R_k}{r}}, \quad (9.9)$$

bosim

$$P = P_k - \frac{1 - \sqrt{1 - \left\{ 1 - [1 - \beta(P_k - P_c)]^4 \right\} \cdot \frac{\ln R_k / r}{\ln R_k / r_c}}}{\beta} \quad (9.10)$$

trayektoriya bo'yicha suyuqlik zarrachasi harakati qonuni esa

$$t = \frac{2m_T(r_0^2 - r^2)\mu\beta \ln R_k / r_c}{k_{T0} \left\{ 1 - [1 - \beta(P_k - P_c)]^4 \right\}} \quad (9.11)$$

bo'ladi, bunda r_0 -boshlang'ich vaqt ($t=0$) momentidagi nuqta koordinatasi.

(9.4) bog'lanish bajarilishida yoriqsimon qatlam deformatsiyasidagi ideal gaz filtratsiyasining barqaror tekis radial masalasi yechilishi gaz xajmiy debitining atmosferaga keltirilgan formulasiga olib keladi:

$$Q_{at} = \frac{\pi k_{T0} h}{2\mu\beta P_{at} \ln \frac{R_k}{r}} \cdot \left\{ [P_k - P_c(1 - \beta(P_k - P_c))]^4 \right\} - \frac{1}{5\beta} [1 - (1 - \beta(P_k - P_c))^5] \quad (9.12)$$

Q_{at} ma'lum bo'lgandagi qatlamda bosim taqsimlanishni topish uchun (9.12) ni ushbu

$$Q_{at} = \frac{\pi k_{T0} h}{2\mu\beta P_{at} \ln \frac{R_k}{r}} \cdot \left\{ [P_k - P(1 - \beta(P_k - P))]^4 \right\} - \frac{1}{5\beta} [1 - (1 - \beta(P_k - P))^5] \quad (9.13)$$

ko'rinishida yozish mumkin. $P < P_k$ qiymatlar berib, (9.13) bo'yicha mos r qiymatlari topiladi.

1-masala:

O'tkazuvchanlik koeffitsienti quyidagicha deb qaralasin:

1) k_T bosimning chiziqli funktsiya bo'ladi.

$$k_T = k_{T0} [1 - \alpha(P_0 - P)] \quad (9.14)$$

bu yerda, α - g'ovaksimon muhitning reologik doimiysi.

2) k_T formula

$$k_T = k_{T0} [1 - \beta(P_0 - P)]^3 \quad (9.15)$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda α - kompleksli parameter β bilan $\alpha=3\beta$ tenglik orqali bog'lanadi;

3) k_T eksponent qonuni bo'yicha o'zgaradi

$$k_T = k_{T0} e^{-\alpha(P_0 - P)} \quad (9.16)$$

k_T ni yuqorida ko'rsatilganlarga asosan deb qarab, har-xil bosimlarda deformatsiyalanadigan yoriqsimon qatlamdagi o'tkazuvchanlik koeffitsienti aniqlansin.

Quyidagi ma'lumotlar berilgan: $\sigma=0,25$; $E=10^{10}$ N/m²; $\ell=0,1$ m;
 $\delta_0=100$ mkm, $k_{T0}=50$ mD; $P_0=3 \cdot 10^7$ N/m²;

Quyidagi xollar qaralsin: $P=29$ MPa; 25 MPa; 20 MPa; 10 MPa.

(9.14)-(9.16) formulalar bo'yicha hisoblash natijalarini 9.1-jadvalda keltirilgan:

9.1-jadval

k_T , mD	P , MPa			
	29	25	20	10
$k_T = k_{T0} [1 - \alpha(P_0 - P)]$	42,5	12,5	-	-
$k_T = k_{T0} [1 - \beta(P_0 - P)]^3$	42,8	21,1	6,25	-
$k_T = k_{T0} e^{-\alpha(P_0 - P)}$	43,0	23,6	11,15	2,49

2-masala:

Deformatsiyalanadigan yoriqsimon qatlamdagi siqilmaydigan suyuqlik filtratsiyasida haydash va foydalanish quduqlari uchun indikator chiziqlari qurilsin. Bunda k_T yoriqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining bosimga bog'liqligini quyidagi ko'rinishda qabul qilinsin:

$$a) k_T = k_{T0} [1 - \alpha(P_k - P)]$$

$$b) k_T = k_{T0} [1 - \beta(P_k - P)]^3$$

Quyidagi ma'lumotlar berilgan: yoriqli o'tkazuvchanlik koeffitsienti ($p=p_k$ da) $k_{T0}=25$ mD, qatlam qalinligi $h=30$ m, dinamik qovushqoqlik

koeffitsienti $\mu=1,5 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, nisbat $R_k/r_c=10^5$, boshlang'ich qatlam bosimi $P_k=20 \text{ mPa}$, yoriqsimon qatlamning kompleks parametri $\beta=0,002\cdot 10^{-5} \text{ m/N}$.

Yechish: a) foydalaniladigan debit formulasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Q_{\text{foy}} = \frac{2\pi k_{T0} h (P_k - P_c) \left[1 - \frac{\alpha}{2} (P_k - P_c) \right]}{\mu \ell n \frac{R_k}{r}},$$

bu yerda $\alpha=3\beta=0006\cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{N}$.

$$\begin{aligned} Q_{\text{foy}} &= \frac{6,28 \cdot 0,025 \cdot 10^{-12} \cdot 30(P_k - P_c) \left[1 - 3 \cdot 10^{-8} (P_k - P_c) \right]}{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 5} \cdot 0,864 \cdot 10^5 = \\ &= 2,36 \cdot 10^{-6} \cdot 30(P_k - P_c) \left[1 - 3 \cdot 10^{-8} (P_k - P_c) \right] \text{m}^3 / \text{sut} \end{aligned}$$

b) Bu xol uchun debit formulasi

$$\begin{aligned} Q_{\text{foy}} &= \frac{\pi k_{T0} h}{2\mu\beta P_{at} \ell n \frac{R_k}{r}} \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \beta(P_k - P_c) \right]^4 \right\} = \\ &= \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 0,025 \cdot 10^{-12}}{2,15 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 2,3 \cdot 5} \cdot \left\{ 1 - \left[1 - 2 \cdot 10^{-8} (P_k - P_c) \right]^4 \right\} \cdot 0,864 \cdot 10^5 = \\ &= 294 \left\{ 1 - 2 \cdot 10^{-8} (P_k - P_c)^4 \right\} \text{m}^3 / \text{sut} \end{aligned}$$

Deformatsiyaning har xil qiymatlarini berib, mos debitlarni xisoblaymiz va 9.2-jadvalga kiritamiz, hamda grafikni quramiz (9.1-rasm)

9.2-jadval

$P_k - P_c$, MN/m	Q_{foy} , m^3/sut		Q_{Hay} , m^3/sut	
	a)	b)	a)	b)
0,5	11,6	11,5	12,0	11,76
1,0	22,9	22,9	24,3	24,1
2,0	44,4	44,4	50,0	49,9
3,0	64,2	64,2	77,2	77,0
4,0	83,0	83,5	105,7	105,8
5,0	100,0	101,0	135,7	136,4
7,0	131,0	133,0	200,0	203,0
10,0	165,0	173,0	307,0	316,0

Haydash qudug'i uchun:

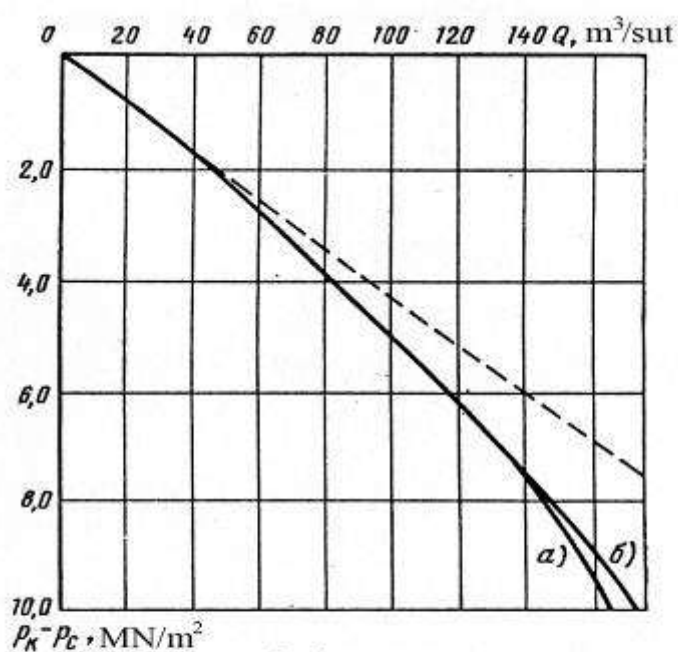
a) debit formulasidan

$$Q_{xay} = \frac{2\pi k_{T0} h (P_c - P_k) \left[1 + \frac{\alpha}{2} (P_k - P_c) \right]}{\mu \ell n \frac{R_k}{r}} = 2,36 \cdot 10^{-5} (P_c - P_k) [1 + 3 \cdot 10^{-8} (P_c - P_k)] m^3 / sut$$

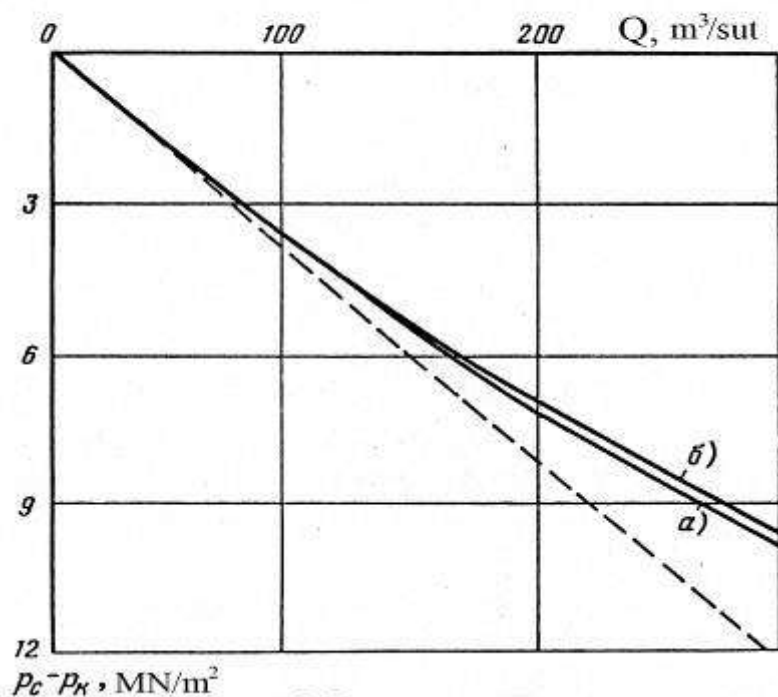
b) debit formulasidan

$$Q_{xay} = \frac{\pi k_{T0} h}{2\mu \beta P_{at} \ell n \frac{R_k}{r}} \cdot \left\{ 1 - [1 + \beta (P_c - P_k)]^4 \right\} = 294 \cdot \left\{ 1 - [1 + 2 \cdot 10^{-8} (P_c - P_k)]^4 \right\} m^3 / sut$$

Haydash qudug'ining debit qiymatlariga mos depressiyalari 9.2-jadvalga keltirilgan va grafikda ko'rsatilgan (9.2-rasm).



9.1-rasm



9.2-rasm

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Gimatudinov Sh.K., Shirkovskiy A.I. Fizika neftyanogo i gazovogo plasta. – M.: OOOTID «Alyans», 2005. 311 s.
2. Basniev K.S. i dr. Podzemnaya gidravlika. M.: Nedra, 1986. 304 s.
3. Yevdokimova V.A., Kochena I.N. Sbornik zadach po podzemnoy gidravliki. M.: Nedra, 1979. 170 s.
4. Pixachev G.B., Isaev R.G. Podzemnaya gidravlika. M. Nedra, 1973. 360 s.
5. SHelkachev V.N., Lapuk B.B. Podzemnaya gidravlika. Moskva – Ijevsk, 2002. 735 s.

Mundarija.

Soʻz boshi	3
1. Filtratsiya nazariyasi toʻgʻrisida asosiy tushunchalar	4
1.1. Filtratsiya	4
1.2. Darsi chiziqli filtratsiya qonuni. Filtratsiya va oʻtkazuvchanlik koeffitsientlari	5
2. Darsi qonunining qoʻllanilish chegaralari. Chiziqli boʻlmagan filtratsiya qonunlari	10
2.1. Reynolds kriteriysi	10
2.2. Chiziqli boʻlmagan filtratsiya qonunlari	12
3. Suv bosimli rejim sharoitlarida siqilmaydigan suyuqlikning bir oʻlchamli harakati	14
3.1. Siqilmaydigan suyuqlikning toʻgʻri chiziqli – parallel harakati. Drenaj galereyasiga oqib kirish	14
3.2. Siqilmaydigan suyuqlikning bosimli tekis radial harakati. Mukammal quduqqa oqib kirish. Dyupuyi formulasi	16
3.3. Siqilmaydigan suyuqlikning Darsi qonuniga koʻra radial – sferik harakati	18
4. Suyuqlikning barqaror tekis filtratsiyasi. Quduqlar interferentsiyasi. Tekis filtratsiya nazariyasini kompleks oʻzgaruvchan funktsiya nazariyasi bilan bogʻliqligi	21
4.1. Nuqtali oqim potentsiali	21
4.2. Quduqlar interferentsiyasi	23
4.3. Ekvivalent filtratsiya qarshiliklar usuli	25
4.4. Filtratsiya nazariyasi tekis masalasining kompleks oʻzgaruvchi funktsiya nazariyasi bilan bogʻliqligi	27
5. Suyuqlikning nomukammal quduqlarga oqib kirishi	40
6. Bir jinsli boʻlmagan oʻtkazuvchan qatlamdagi suyuqlikning harakati ..	47
7. Siqiluvchan suyuqlik va gazning barqaror filtratsiyasi	55
7.1. Siqiluvchan suyuqlik (gaz) va siqilmaydigan suyuqlik barqaror filtratsiyalari orasidagi analogiya. Leybenzon funktsiyasi	55
7.2. Siqiluvchan suyuqlikning barqaror filtratsiyasi	56
7.3. Ideal gazning barqaror filtratsiyasi	57
7.4. Real gazning barqaror filtratsiyasi	60
8. Gʻovak muhitda ikki suyuqlik boʻlinish chegarasining harakati	69
8.1. Boʻlinish chegarasining harakati	69
8.2. Tub osti suvi konusi	71
9. Deformatsiyalanadigan yoriqsimon qatlamda suyuqlik va gazning barqaror filtratsiyasi	76
9.1. Asosiy karakteristikalar	76
Foydalanilgan adabiyotlar	77

