

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ Ш. ЕСЕНОВ АТЫНДАҒЫ КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК
ТЕХНОЛОГИЯ ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ

С.Ж. НУРУМОВА, Г.К. ЕСБОЛАЙ

МҰНАЙДЫ ҰҢҒЫМЕН ӨНДІРУ

Зертханалық жұмысқа арналған әдістемелік оқу құралы.

Ақтау, 2011

УДК 665.6/.7(075.8)
ББК 35.514я273
Н 83

Рецензенттер:

т.ғ.д., профессор Айтқұлов А.О.

т.ғ.д., профессор Кулиев Ю.М.

т.ғ.д., профессор Мырзабеков Т.К.

Н 83 Нурумова СЖ., Есболай Г.К.

Мұнайды ұңғымен өндіру. – Ақтау: КМТИУ, 2011. 51 б.

ISBN 978-601-7276-64-5

Зертханалық жұмысқа арналған нұсқауда: вертикаль құбырларда көп фазалы ағыстың қозғалыстыориясының кейбір сұрақтары, газдысұйық көтергіштерінің жұмыс принципі, зертханалық қондырғы жабдықтары, зеттеу тәсілдері мен техникасы, эксперименттерді нақты бағалауға арналған материалдар қарастырылды.

Әдістемелік оқу құралы 200140 «Мұнай және газ кен орындарын игеру» мен 050708 «Мұнайгаз ісі» мамандықтарының студенттеріне арналған.

УДК 665.6/.7(075.8)
ББК 35.514я273

Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технология және инжиниринг университетінің оқу-методикалық кеңесінің шешімі бойынша басылады. Хаттама № 4 18.03 2011ж.

ISBN 978-601-7276-64-5

© Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ, 2011

Мазмұны

Кіріспе	4
1. Газдысұйық көтергіші, оның жұмысының физикалық мағынасы және ол туралы түсінік.....	4
2. Газдысұйық көтергіші жұмысының теориялық негізі.....	6
3. Вертикальды құбырда газдысұйық ағысының қозғалыс теңдеуі.....	10
4. Зертханалық қондырғы суреттемесі.....	14
5. Басты өлшеу құрылғылары.....	16
6. Дәл өлшеу бағасы.....	16
7. Зертханалық жұмысты жүргізу бойынша нұсқау.....	21
1-ші жұмыс. Сұйықтық деңгейінде тұрақты бату кезінде газдысұйық көтергішінің жұмысын зерттеу.....	22
2-ші жұмыс. Газдысұйық көтергішінің жұмысына салыстырмалы батудың әсерін зерттеу.....	28
3-ші жұмыс. Сұйықтық деңгейінде тұрақты бату кезінде газдысұйық көтергішінің жұмысына диаметрдің әсерін зерттеу.....	30
4-ші жұмыс. Газдысұйық көтергішінің пайдалы әсер коэффициентін анықтау және оның салыстырмалы батуға әсерін меңгеру.....	36
5-ші жұмыс. Фонтанды ұңғының өнімділік коэффициентін анықтау және оның жұмыс режимін қалыптастыру.....	41
6-ші жұмыс. Газлифт ұңғысын зерттеу.....	46
Әдебиеттер.....	50

КІРІСПЕ

Газдысұйық көтергіштерінің зертханалық қондырғыларының жұмыс мақсаты – ұңғыларды кейбір жұмыс дағдыларын алу мен сығылған газ энергиясы арқылы сұйықтықты көтеру теориясы бойынша студенттер білімін толықтыру.

Зертханалық қондырғы газдысұйық көтергіштерінің жұмысын зерттеуге, сондай-ақ УСҒИЖ шеңберінде, бірқатарлы көтергіштермен жабдықталған, сақиналы жүйемен газ берілген газлифт ұңғыларының жұмысын модельдеуде және фонтанды ұңғыларда.

Нұсқауда зертханалық жұмыстарды жүргізуге қажетті газдысұйық көтергіштер теориясының кейбір сұрақтары; зертханалық қондырғылардың принципіалды сызбасы суреттелген; зертханалық жұмыстарды жүргізуге арналған методикалық нұсқаулар мен алынған мәліметтерді өңдеу қарастырылған.

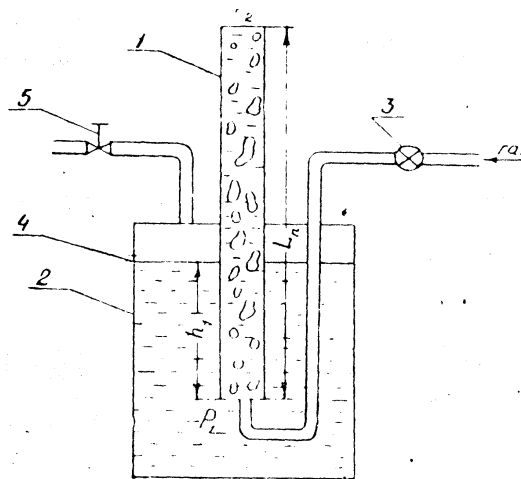
Газдысұйық көтергіштерінің зертханалық қондырғыларындағы жұмыстар оқу жоспарына мұнай өндіру курсы енгізілген барлық мамандықтар студенттеріне арналған. Бағдарлама курсы бойынша лектор зертханалық жұмыстардың түрлерін, көлемі мен өткізу тәртібін бекітеді.

Нұсқау арқылы зертханалық сабақтар басталар алдында істейтін жұмыстар мазмұнын студенттер өздігінен меңгере алады.

1. Газдысұйық көтергіші. жұмыстардың физикалық мағынасы мен ұғымын анықтау.

Газдысұйық көтергіші (лифт) ұңғының басты элементтерінің бірі. Ол газ көлемінің үлкею энергиясының арқасында сұйықтық жоғары көтеретін қондырғы болып табылады. Газдысұйық көтергішінің құрлысы қарапайым. Схемасы 1 – суретте көрсетілген, ол: 2 ыдысқа батырылған тік немесе қиғаш құбырдан (сұйықтықты көтеруге арналған) тұрады. Сығылған ауа (газ) көтергіш құбырға келіп түседі немесе құбырдың батырылған бөлігінде орналасқан арнайы енгізу қондырғысы арқылы, немесе башмак деп аталатын төменгі ашық бөлігі арқылы енеді. Реттегіш 3 арқылы газ көлемін реттеуге болады.

Құбырдың жоғарғы бөлігін газдысұйық көтергішінің сағасы деп, ал сағадан газды енгізу нүктесіне дейінгі арақашықтық көтергіштің ұзындығы боп табылады L_n . Көтергіштің қалыптасқан жұмысында 2 ыдыстағы сұйықтық бетінен газды енгізу нүктесінен дейінгі ара қашықтық көтергіштің динамикалық бату тереңдігі h_1 деп аталады. Бату мәні көтергіштің түбіндегі қысыммен $p_1 = h_1 \rho g$ анықталады.



Бұл қысым көтергіштің қалыптасқан жұмысында ыдыста 4 тесік болған кезде және 5 су құбырында су көлемін реттеуге мүмкіндік бар кезде өзгермейді. Көтергіш құбыр толы сұйықтыққа газ жіберген кезде сұйықтыққа толы құбыр көлемі газ көтіршектер көлемімен бірге өседі де, тығыздығы сұйықтық тығыздығынан төмен газдысұйық қоспасы пайда болады. Қоспа тығыздығын газ көлемін көбейту арқылы азайтқанда оның деңгейі өседі. Белгілі бір газ көлемінде қоспа деңгейі құбыр сағасына жетеді.

1-ші сурет. Газдысұйық көтергішінің принципиялды сызбасы: 1 – көтергіш құбыр; 2 – сұйықтыққа толы ыдыс; 3 – газ шығынын реттегіш; 4 – ағызу тесігі; 5 – су көлемін реттегіш кран;

Газ көлемін әрі қарай өсіргенде газдысұйық қоспасының тығыздығы азаяды да құбыр түбіндегі қысым гидростатикалық қысымнан көбейеді, нәтижесінде газдысұйық қоспасы қозғалып, көтергіштен шығады. Газ көлеміне сәйкес қоспа көлемі де қалыптасып, көтергіш сағасындағы қысым p_2 тең болады.

Сондықтан, қаныққан режимде жұмыс жасайтын көтергіштің түбіндегі қысым p_1 гидростатикалық қысымнан басым болып қана қоймай, сондай-ақ құбырда қоспа қозғалған кезде пайда болған барлық шығындарды компенсация жасау қажет және өнімді тасымалдауға қажетті көтергіш сағасындағы қысымды p_2 ұстау керек.

Көтергіш жұмысының физикалық мағынасы мынада: сыртқы h_1 арынының негізінде газдысұйық қоспасындағы газ көлемінің ұлғаюы. Оның тығыздығы көтерілетін сұйықтықтың тығыздығынан кіші, онда сыртқы арын энергиясы қоспа компоненттеріне беріліп және олардың сағаға көтерілуін қамтамассыз етеді.

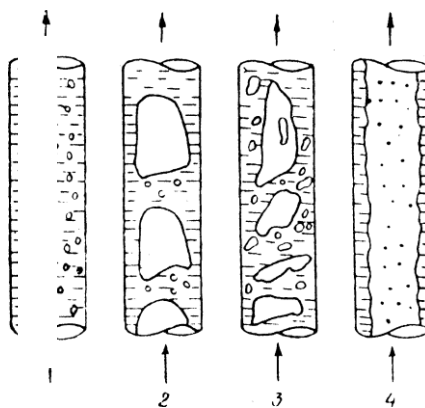
Мұнайлы ұңғыларды пайдалану тәжірибесінде (кейбір жағдайларда газды ұңғыларда) сұйықтықты жартылай немесе толықтай көтеру әртүрлі тәсілдермен (фонтанды, газлифтті, сорапты) газ көлемінің ұлғаю энергиясы арқылы іске асады. Сондықтан пайдаланудың әрбір тәсілінде сұйықтықты көтеретін газдысұйық көтергіші болуы қажет. Айталық, фонтанды ұңғыларда газдысұйық көтергіші ретінде сорапты компрессорлық құбыр бойындағы нүктеден (қысымы қанығу қысымына тең) сағаға дейінгі интервалды алады. Фонтанды ұңғылардың жұмыс режимі өзгерген кезде қысымы қанығу қысымына тең нүкте СКҚ бойында

қозғалады, сондықтан газдысұйық көтергішінің ұзындығы да өзгереді. Егер ұңғының түп қысымы қанығу қысымына тең немесе кіші болса, онда көтергіш ұзындығы СКҚ ұзындығына тең болады. Құбыр бойымен қоспа көтергілгенде газ көлемі ұлғайып қана қоймай, қысым төмендегенде газ мұнай құрамынан да бөліне бастайды. Газдысұйық қоспасы жоғары көтерілгенде біртіндеп тығыздығы төмендейді, ал оның қозғалыс жылдамдығы өседі.

Газлифтті ұңғыларда газдысұйық қоспасының тығыздығы қосымша газ көлемін енгізу арқылы азайтады. Газды әдетте максималь тереңдікке жібереді. Сондықтан, газдысұйық көтергіші сорапты компрессорлық құбырларда қанығу қысымының нүктесінен газды енгізу нүктесіне дейін тек қабат газы арқасында жұмыс жасайды.

2. Газдысұйық көтергіші жұмысының теориялық негізі.

Газдысұйық көтергішінің жұмыс жағдайы газдысұйық қоспасы көтергіш құбыр бойымен қозғалғанда оған әсер ететін сыртқы күштер мен және гидродинамикалық құбылыстармен анықталады. Газдысұйық ағысының қозғалысы бірқатар ерекшеліктерге ие, оларға қозғалыстағы фазалардың өзара және құбыр қабырғасымен гидромеханикалық әсерлесуін жатқызуға болады. Айтылған құбылыс ағыс формасының құрлысының әртүрлі болуына септігін тигізеді. Ағыс құрлысының типі сұйықтық пен газдың қасиеттеріне, кейбір фазалар шығынына, өлшеміне және кеңістікте құбырдың орналасуына байланысты. Вертикальды құбырдағы газдысұйық ағыс құрлысының басты түрлері 2-ші суретте көрсетілген.



2-ші сурет. Вертикальды құбырдағы газдысұйық құрлысының басты түрлері: 1- көпіршікті (эмульсионды), 2- тығынды (снарядты), 3- көбіктенген (тығындыдан сақиналыға өту), 4 – сақиналы (стерженді).

1. Көпіршікті құрылыс. Газ фазасы диаметрі (1—3 мм) жеке көпіршік түрінде сұйықтық ағысында біркелкі таралған. Ереже бойынша, құбыр ортасында газ көпіршіктер концентрациясы құбыр қабырғасымен қозғалған сұйықтыққа қарағанда көбірек. Жоғары қысымды облыстан төменгі облысқа ауысқанда көпіршіктер көлемі өседі, көпіршіктердің соғысу жиілігі газдың көлемдік концентрациясына β байланысты:

$$\beta = \frac{v_z}{v_z + q} \quad (1)$$

мұндағы V_r, q — газ шығыны мен құбырда термодинамикалық жағдайдағы сұйықтық көлемі, m^3/c

$\beta < 0,1$ болған жағдайда соғысу жиілігі аз болады, бұл ағыстың тұрақты екенін білдіреді, ал $\beta > 0,3$ болған жағдайда соғысу жиілігі жоғары, ағыс тұрақсыз болады.

2. Тығынды (снарядты) құрылыс. Тығынды ағыста көпіршіктер қосылып снаряд тәрізді газдың үлкен көлемі жинақталады. Үлкен емес қысымда снаряд тәрізді көпіршіктердің ұзындығы 1 м және одан да жоғары болады.

3. Көбіктенген құрылыс. Кейде оларды тығындыдан сақиналыға өту құрылысы деп те атайды. Газдысұйық ағысының жылдамдығы секундына бірнеше метрге тең болғанда газды тығын айналасындағы сұйықтық ағыны төменге ағады да көбіктене бастайды. Бұл құрылыстың ағыс ағыны тұрақты емес және пульсацияның пайда болуымен сипатталады (құбыр бойында сұйықтықтар төмен және жоғары тербелмелі қозғалыс жасайды).

4. Сақиналы (дисперсті-сақиналы) құрылыс. Бұл құрылыс былай сипатталады: газ шығымын көбейткенде сұйықтық канал қабырғасына (егер ол оны суландырса) пленка немесе тілім болып топталады, құбыр ортасында газ қозғалып ағыс беті толқынды болады.

Қабырғадағы ламинарлы тілім сұйықтығында газ көпіршіктері болуыда, болмауыда мүмкін. Сұйықтық не газ ағысына қарай қозғалады, не ағысқа қарсы боп пульсационды сипатта қозғалады. Сұйықтық тілімінің қозғалыс бағытының өзгерісін білдіретін ағыс жылдамдығы гидродинамикада газдысұйықтық қоспасының жылдамдық реверсі деп аталады. Жылдамдық реверсі өлшемсіз күйде былай анықталады

$$W_p = w_{cm} \left(\frac{p - p_z}{g \sigma} \right)^{0.25} \left(\frac{p_z}{p} \right)^{0.5} \quad (2)$$

мұндағы w_{cm} - газдысұйықтық қоспасының жылдамдығы, м/с;

$$w_{cm} = \frac{v_z + q}{F} \quad (3)$$

ρ , ρ_r — сәйкесінше сұйықтық пен газ тығыздығы, кг/м³;

σ — сұйықтық пен газ шекарасында беттік керілуі.

Егер $W_p < 3,3$ болса, онда тілім кері ағыста болады; егер $W_p > 3,3$ болса, онда тілім мен газ ағысының қозғалысы бір бағытта болады. Газ ағысында сұйықтықтың ірі немесе уақ тамшылары болуы да болмауы да мүмкін (дисперсті-сақиналы құрылыс).

Көтергіш құбыр l (1-ші сурет) биіктігі үлкен болған кезде оның төменгі бөлігіне айтарлықтай қысым өзгерісі әсер етеді, бұл құбырдың белгілі бір бөлігінде көлемдік газ концентрациясы β мен қоспаның қозғалыс жылдамдығы w_{cm} әртүрлі газдысұйық ағысының әртүрлі құрлыс формасының бір мезгілде болуын көруге болады.

Ағыстың құрлыс формасы ағысқа әсер ететін гравитациялық, инерциялық күштер мен беттік керілу күші арқылы анықталады. Бұл күштердің пайда болуының математикалық және физикалық сипаттамасы ретінде келесі критерияларды атауға болады:

а) Рейнольдс критерийі

$$Re = \frac{wD\rho}{\mu} \quad (4)$$

- газ, сұйықтық немесе қоспа ағысының гидродинамикалық режимін сипаттайды және инерция күші мен молекулярлық үйкеліс қатынасының шамасын білдіреді;

б) Фруда критерийі

$$Fr_{cm} = \frac{w^2_{cm}}{gD} \quad (5)$$

- қоспа ағысындағы инерциялық күш пен ауырлық күшінің қатынасымен сипатталады;

в) Вебера критерийі

$$We = \frac{\sigma}{g(\rho - \rho_r)D^2} \quad (6)$$

- беттік керілу күші мен ауырлық күшінің қатынасымен сипатталады;

г) Газдысұйықтық қоспа ағысының құрлыс түзуге тұрақтылық критерийі (газдың өлшемсіз жылдамдығы)

$$w_{г.б.} = w_{г.п} \sqrt[4]{\rho(g\sigma)} \quad (7)$$

мұндағы $w_{г.п}$ - газ фазасының келтірілген жылдамдығы,

$$w_{г.п} = v_{г.п} / F, \text{ м/с} \quad (8)$$

$w_{г.п}$ - динамикалық арын, архимед күші мен беттік керілу күшінің қатынасымен сипатталады.

Қазіргі кезде құрлыс формасының қалыптасқан сандық бағасы жоқ. Бірақ бұл сұрақты көптеген зерттеулерді талдап қорыту негізінде анықталған сенімділік дәрежесімен бағаланады:

а) көпіршікті құрылыс облысы тұрақтылық критерийінің шекті мәнімен анықталады

$$w_{г.б} \leq w_{г.б.п.} \quad (9)$$

мұндағы

$$w_{г.б.п.} = L_1 + L_2 \frac{q}{v_2} w_{2.б.} \quad (10)$$

L_1 и L_2 - өлшемсіз функции, ол өлшемсіз диаметрге байланысты

$$D_{\sigma} = D \sqrt{pg / \sigma} \quad (11)$$

және 3-ші суреттегі диаграмма бойынша анықталады.

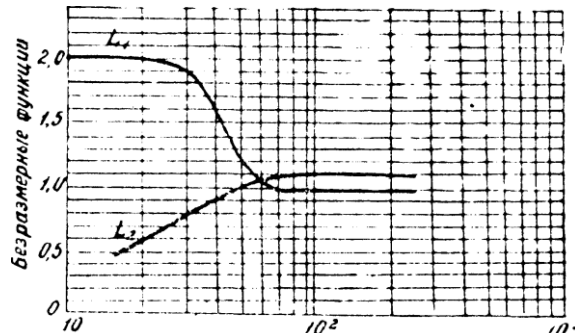
б) тығынды облысы келесі көрсеткіш мәнімен анықталады

$$W = (\text{Re} \cdot Fr_{cm} \cdot \frac{p_2}{p - p_2})^{1/3} \quad (12)$$

мұндағы $\text{Re}_г$ - Рейнольдс критерийі

$$\text{Re}_г = \frac{w_{cm} D p_2}{\mu_2} \quad (13)$$

$\mu_г$ – газ тұтқырлығы.



3-ші сурет. L және L_i өлшемсіз функциясы мен D_{σ} өлшемсіз диаметрі арасындағы байланыс.

Тығынды құрлыс зонасының шекарасы физикалық және шығымдық көрсеткіштерді ескеріп былай анықталады

$$W_{гр} = \left[8,2 - 1,7 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\mu_z}{\mu_{жс}} \right)^{-0,6} \right] \exp \left[\left(8 + 62 \frac{\mu_z}{\mu_{жс}} \right) (1 - \beta) \right] \quad (14)$$

$\mu_{жс}$ – сұйықтық тұтқырлығы, мПа·с

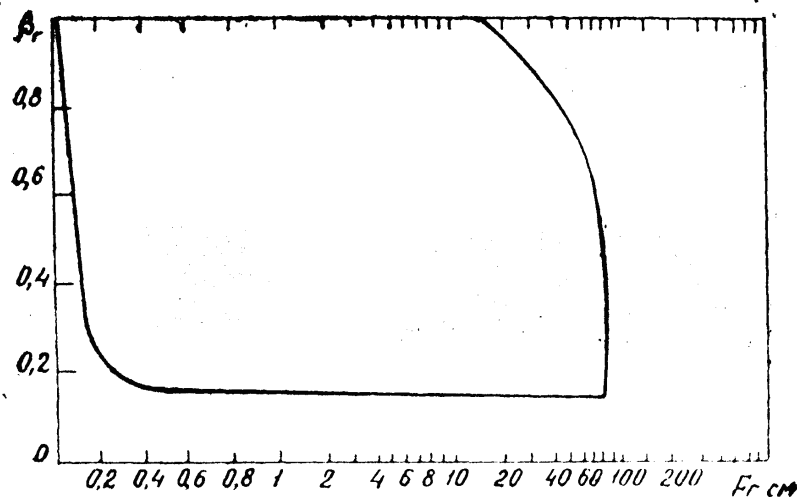
Сөйтіп, тығынды құрлыс келесі шарт орындалған кезде болады

$$W \leq W_{гр} \quad (15)$$

в) сақиналы құрылыс облысы келесі шартпен анықталады

$$W > W_{гр} \quad (16)$$

Ал оның сипаттамасы – өлшемсіз реверс жылдамдық мәнімен анықталады (2). Вертикальды құбырда ауа-су ағын ағысының құрлыс типіне жобамен сапалы баға беру үшін Уоллис диаграммасын қолданад



4-ші сурет. Сулы – ауа ағынының вертикальды ағыс құрылысының картасы.

3. Вертикальды құбырда газдысұйық ағынының қозғалыс теңдеуі.

Газдысұйық ағыны – бұл күрделі гидродинамикалық үрдіс, өйткені құбырдағы ағыс жағдайы тек қана құбыр ұзындығына байланысты емес, сондай-ақ уақытқа да байланысты. Жалпы алғанда бұл - үшөлшемді үрдіс, дәл қазіргі уақытта оның нақты шешімін табу мүмкін емес, газдысұйық

ағынының ағысын талдау кезінде оны бір өлшемді, яғни ағыс жағдайы тек қана құбыр ұзындығына байланысты деп алады.

Қазіргі уақытта көбінесе қозғалысты екі тәсілмен: газдысұйық ағынындағы масса мен энергияның тасымалдануы арқылы анықтайды. Бұл бөліну ағыс моделі деп аталады, онда қозғалыс әрбір фазаға жеке қарастырылады.

Келесі модель - гомогенді модель, онда фазалар бір бірінен кткенде белгілі бір заңдылық бойынша таралады деп есептеледі.

Жалпы алғанда бірөлшемді газдысұйық ағынының қозғалыс теңдеуі былай анықталады:

$$\frac{dp}{dL} = p_{cm} g \cos \alpha + \frac{\Pi}{F} \tau + p_{cm} w_{cm} \frac{dw_{cm}}{dL} \quad (17)$$

мұндағы dp – құбыр ұзындығының интервалы dL бойынша қысым өзгерісі,

α - құбыр өсі бойынан вертикал бойынша ауытқу бұрышы,

Π - құбыр периметрі;

$$\Pi = 2\pi R, \quad (18)$$

F – каналдың көлденең қимасының ауданы;

p_{cm} – қоспаның орташа тығыздығы;

τ – қоспа қозғалған кезде құбыр қабырғасына түсірілген уақыт бойынша орташа жанама күш

$$\tau = \frac{\lambda_{cm} p_{cm} w_{cm}^2}{8} \quad (19)$$

$\lambda_{см}$ – газдысұйық қоспасы қозғалған кездегі гидродинамикалық кедергі коэффициенті;

$w_{см}$ – қоспаның орташа қозғалыс жылдамдығы;

g – еркін түсу үдеуі.

(17) теңдеу көрсеткендей, қоспа ағысының толық қысым градиенті градиенттер, яғни қоспаның гидростатилық қысым градиенті, жанкама күштер градиенті (немесе кедергі күші) және ағын ағысын күшейту нәтижесінде туындаған градиент қоспасына тең. Өз кезегінде жалпы градиенттің әрбір мүшесі тек әрбір жеке фазаның физикалық қасиетіне байланысты ғана емес, сондай-ақ ағынның құрлыс формасының гидродинамикалық ерекшеліктеріне де байланысты. Құбырда жоғары көтеріліп келетін газдысұйық ағынының басты ерекшелігі – сұйықтыққа қарағанда газ фазасының қозғалысы алда келеді. Бұл жағдай қоспадағы газдың көлемдік концентрациясы оның шығымдық көлемдік концентрациясынан төмен болуына әкеп соқтырады. Егер газдысұйық қоспасының элементі термодинамикалық жағдайда $V_{см}$ көлемге тең болса, ал осы элемент ішінде уақыт бойынша орташа газ фазасының көлемі V_2 болса олардың қатынасы газдың шынайы көлемдік концентрациясы деп аталады.

$$\varphi = \frac{V_2}{V_{см}} \quad (20)$$

$$V_{см} = F \cdot \Delta L, \quad V_2 = F_2 \cdot \Delta L \quad (21)$$

Мұндағы $F = F_2 + F_{жс}$ – құбырдың көлденең қимасының ауданы;

ΔL – қоспа элементінің ұзындығы;

$F_2, F_{жс}$ – уақыт бойынша алынған газ және сұйықтық фазасының орташа көлденең қимасының ауданы.

Газдың шынайы орташа көлемдік концентрациясында газ фазасымен толтырылған құбырдың көлденең қимасының ауданының үлесі бар

$$\varphi = \frac{F_2}{F} \quad (22)$$

Газдысұйық қоспасын сипаттау үшін екі топ көрсеткіштерін қолданамыз. Бірінші топқа материального баланса жағдайында анықталған шығымдық көрсеткіштерді аламыз. Басты Основными шығымдық көрсеткіштер мыналар:

а) сұйық фазасының келтірілген жылдамдығы:

$$w_{ж.н.} = q/F \quad (23)$$

б) газ фазасының келтірілген жылдамдығы:

$$w_{2n} = v_2 / F \quad (24)$$

в) қоспаның келтірілген жылдамдығы:

$$w_{cm} = (q + v_2) / F \quad (25)$$

Екінші топқа фазалардың салыстырмалы қозғалысын және келтірілген көрсеткіштермен байланысын ескеріп относятся анықталған орташа шынайы көрсеткіштер:

а) сұйық фазасының шынайы жылдамдығы:

$$w_{жс} = \frac{w_{ж.п.}}{1 - \varphi} \quad (26)$$

б) газ фазасының шынайы жылдамдығы:

$$w_2 = \frac{w_{2.п.}}{\varphi} \quad (27)$$

в) фазалардың салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы (жылжу жылдамдығы):

$$w_0 = w_2 - w_{жс} \quad (28)$$

г) жылжу факторы деп аталатын шынайы фазалар жылдамдығының қатынасы:

$$K = \frac{w_2}{w_{жс}} \quad (29)$$

д) әрбір фазалардың дрейф жылдамдығы - бұл фаза жылдамдығының қарастырылған көлем ортасының жылдамдығына қатынасына тең.

Мысалы, газ фазасы үшін

$$w_{2.0} = w_2 - w_{cm} \quad (30)$$

Газдысұйық ағынының гидродинамикасында шынайы және келтірілген көлемдік газ концентрациясының арасындағы қатынас маңыздылардың бірі болып табылады. (22), (23), (25), (27), (29), (30) формулаларын ескеріп, (1) формуланы былай өрнектеуге болады

$$\varphi = \frac{F_z}{F} = \frac{w_{z,n}}{w_z} = \frac{\beta}{\beta + K(1-\beta)} = \frac{\beta}{1 + w_{z,0}/w_{cm}} \quad (31)$$

Ағынның салыстырмалы қозғалыс жылдамдығы сұйықтық пен газдың физикалық қасиеттері мен каналдың геометриясына байланысты және үнемі оң мәнді. Бұның нәтижесінде $\varphi \leq \beta$. φ және β шамаларды қолданып қоспаның шынайы, шығымдық тығыздықтарын анықтауға болады:

$$p_{cm}(\varphi) = p(1-\varphi) + p_z\varphi \quad (32)$$

$$p_{cm}(\beta) = p(1-\beta) + p_z\beta \quad (33)$$

$$p_{cm}(\varphi) \geq p_{cm}(\beta) \quad (34)$$

$$\Delta p_{cm} = p_{cm}(\varphi) - p_{cm}(\beta) = (\beta - \varphi)(p - p_z) \quad (35)$$

$\varphi = \beta$, $p_{cm}(\varphi) = p_{cm}(\beta)$ болса, онда шынайы фаз жылдамдықтары $w_{г}$, $w_{ж}$ және қоспа жылдамдығы w_{cm} бір-бірімен тең болады.

(17) формуламен анықталатын газдысұйық қоспасының қозғалыс теңдеуі құбырдың көлденең қимасының орташа шынайы көрсеткіштері бойынша мынадай түрге ие болады:

$$\frac{dp}{dl} = p_{cm}(\varphi)g \cos \alpha + \frac{\lambda_{cm}}{2D} [(1-\varphi)pw_{ж}^2 + \varphi p_z w_z^2] + \frac{d}{dL} [(1-\varphi)pw_{ж}^2 + \varphi p_z w_z^2] \quad (36)$$

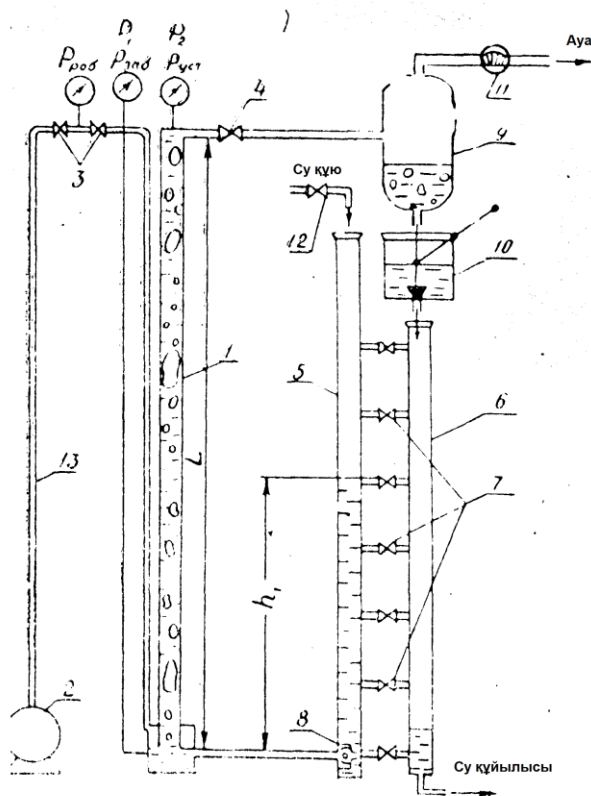
Берілген теңдеу газдысұйық көтергішінің зерттеу жұмысының негізі боп табылады. Көтергішті есептеуде немесе зерттеуде қоспа ағынының басты екі гидродинамикалық сипаттамасын білу керек: газдың шынайы көлемдік концентрациясын φ және гидравликалық кедергі коэффициентін λ_{cm} .

4. Зертханалық қондырғыны бейнелеу.

Газдысұйық көтергішінің жұмысын зерттеуге арналған қондырғы вертикальды орналасқан диаметрі $D = 0,018; 0,024; 0,030$ м және ұзындығы $L_n = 20,3$ м үш құбырдан тұрады. Қондырғы сызбасында (5-ші сурет) тек бір ғана көтергіш құбыр суреттелген. Газдысұйық қоспасының ағын құрлысын нақты бақылау үшін құбырлар түссіз болады. Ауа компрессордан 2 газдысұйық көтергішінің түбіне жіберіледі. Ауа өткізгіште 13 ауа мен жұмыс қысымын реттегіш вентилдер 3 орналасқан. Сұйықтық колонна түбіне арынды құбырдан 5 келеді. Арынды құбырға ауа кетіп қалмас үшін кері клапан 8 орнатылған.

Көтергіш жұмыс жасап тұрған кезде арынды құбырдан аққан сұйықтық шығымы сукұбырында орналасқан кран 12 көмегімен компенсацияланады.

Арынды құбыр 5 вентилдермен 7 қоса суды ағызуға арналған құбырмен байланысқан. Газдысұйық көтергіші жұмыс жасап тұрған кезде арынды құбырдағы деңгейді (h_1) су жіберу мен вентилді 7 ашу арқылы реттейді. Манометр көрсеткіші бойынша деңгей (h_1) мәнін анықтауға болады. Газдысұйық қоспасы колоннадан 1 шыққаннан кейін вентиль 4 (штуцер қызметін атқарушы) арқылы сепараторға 9 бағытталады. Судан айрылған ауа расходомерге 11 келіп түседі, ал су өлшеуіш емкостьға 10 және ары қарай ағызу құбырына 6 келіп түседі. Ауа расходомері ретінде не газды сағаттарды ГСБ-400 (газ шығымы аз болғанда), не ротационды счетчиктерді РС-40 и РС-100 қолданады. Газдысұйық көтергішінде жұмысшы сұйықтығы мен газы ретінде су мен ауа алынады, олардың басты физикалық сипаттамалары стандарт жағдайға келтірілген 1-ші кестеде берілген.



5-ші сурет. Зертханалық қондырғы сызбасы: 1 – газдысұйық көтергіші; 2 – компрессор; 3 – ауа айдау және қысымды реттеулі вентиль; 4 – саға қысымын реттеуші вентиль; 5 – арынды құбыр; 6 – ағызу құбыры; 7 – көтергішті толтыру және ұңғы «өнімділігін» реттеуші вентиль; 8 – кері клапан; 9 – сепаратор; 10 – дебитометр; 11 – ауа шығын өлшегіші (расходомер); 12 – су жіберуді реттеуші вентиль; 13 – ауа жүретін жер.

Зертханалық жұмысты жүргізуге ыңғайлы болуы үшін барлық манометрлер, өлшегіш қондырғылар мен реттегіш вентилдер бір пультте жинақталған.

$p_0=0,1$ МПа және $t=20^0\text{C}$ болғандағы су мен ауаның басты физикалық сипаттамалары.(1-ші кесте)

1-ші кесте

зат	тығыздық ρ , кг/м ³	тұтқырлық μ , мПа*с	Беттік керілу күші σ , мН/м
су	≈ 1000	1.0	72,8
ауа	1,205	0,02	

5. Басты өлшеуіш құралдар.

Қондырғыда зертханалық эксперименттер жүргізу кезінде (5-ші сурет) газдysұйық қоспасының қозғалысын сипаттайтын әртүрлі көрсеткіштерді өлшеуіміз қажет болады. Сөйтіп, бұл жұмысты жүргізу барысында келесі көрсеткіштер анықталады: қысым, сұйықтық пен газ көлемі (ауа), уақыт, фазлар шығымы, олардың жылдамдығы, температурасы. Эксперимент нәтижесі өлшеуіш құралдардың дәлдігіне байланысты. Құралдардың дәлдігі дәлдік классымен (δ_{np}) анықталады, ол мүмкінді терістіктің (Δ_{max}), құралдың өлшеуіш шегіне (Π) бөлгенге тең

$$\delta_{np} = \frac{\Delta_{max}}{\Pi} * 100\% \quad (37)$$

Жоғарыда айтып кеткендей, сұйықтық шығымын өлшеу үшін шкаламен жабдықталған бір камерлі өлшемді емкость 10 (5-ші сурет) қолданылады. Өлшемді емкостьтің терістігі шкала бөлігінің жартысына тең, яғни $\Delta_{max} = \pm 0,5$ л.

Зертханада уақытты өлшеу үшін бөлігі 0,1 немесе 0,2 с тең С-1, С-2, 51СД типті секундомерлер қолданылады. Бұл секундомерлердің басты қателігі бөлік бағасына теңдігі. Дәлдік есебі секундомерді қосып, айырғанда тез реакция түзуін аэтуға болады. Қосып, тоқтату терістігі 0,3 с тең. Сөйтіп, бөлігі 0,2 с секундомермен жұмыс жасаған кезде терістік 0,5 с тең болады. 51СД секундомері үшін жүріс терістігі 15 минутта 0,2 с тең болады.

6. Өлшеу дәлдігін бағалау

Берілген тәжірибені өңдеу тәсілі өлшеу сипаттамасына байланысты. Олар тікелей және жанама, бір рет және бірнеше рет болып бөлінеді. Прибор шкаласының есебі мен өлшенетін шаманың арасында белгілі бір

байланыс бар. Ол өлшенетін шамаға санды баға беретін өлшеу теңдеуімен сипатталады.

Тікелей өлшеу – табу керек шаманы өлшеу. Тікелей өлшеу теңдеуі мынадай:

$$y=cx, \quad (38)$$

мұндағы, y - өлшенетін шама мәні; x – өлшеуші құралдың шкаласы; c – шкала бөлігінің бағасы.

Берілген зертханалық жұмыста тікелей өлшеу деп қысымды, температураны, уақытты, газ бен сұйықтық көлемін өлшеуші құралмен анықтауды атайды.

Жанама өлшеу деп өлшенетін шамамен белгілі бір функциональдық байланыста болатын және іздеп отырған шаманы басқа шамаларды тікелей өлшеу нәтижесі бойынша анықтауға болатын өлшеуді атайды. Жанама өлшеу теңдеуі мына түрге ие:

$$z=f(A, B, C, \dots) \quad (39)$$

мұндағы z - өлшенетін шама мәні; A, B, C, \dots – бір-біріне байланыссыз ауыспалы шама; f – айқын функция.

Қарапайым жанама өлшеу деп сұйықтық, газ және қоспаның шығымы мен жылдамдығын анықтауды айтады. Күрделі өлшеу деп гидравликалық кедергі коэффициентін (λ), газдысұйық қоспа ағынындағы шығындық және шынайы көлемдік газ үлесін анықтауды айтады және т.б.

Жанама және тікелей өлшеу сапасын эксперимент шарттарын өзгертпеген жағдайда бірнеше рет тікелей өлшеу арқылы айтарлықтай арттыруға болады. Бірақ өлшенетін шама мәнін тұрақты ұстай алмау салдарынан көп жағдайда тек бір рет қана өлшеуге мүмкіндік береді.

Әртүрлі факторлар әсерінің нәтижесінде өлшенетін шама белгілі бір қателікпен өлшенеді. Абсолютті қателік – бұл өлшеу нәтижесінен x мен өлшенетін шаманың шынайы мәнін A алғанға тең:

$$\Delta=x-A \quad (40)$$

Неғұрлым қателік аз болса, соғұрлым өлшеу дәлдігі жоғары болады. Салыстырмалы қателік дәлдіктің тиімді сипаттамасы:

$$\delta = \frac{\Delta}{A} \quad (41)$$

Қателіктер екі топқа бөлінеді: систематикалық және кездейсоқтық. Систематикалық қателік деп бір өлшеу сериясында тұрақты боп қалуын

айтады. Бұл қателік түрі өлшеу тәсілін, қондырғы приборларын дұрыс таңдамаған кезде, сыртқы факторларды ескермеген кезде кездеседі.

Кездейсоқтық қателік - эксперимент кезінде заңдылықсыз шығады және оның мәні оң не теріс болуы мүмкін. Кездейсоқтық қателік өлшеудің кез келген түрінде әртүрлі кездейсоқ факторлардың әсері нәтижесінде пайда болады. Кездейсоқтық қателікті өлшеу нәтижесінен толықтай алып тастау мүмкін емес. Бұл қателікті бағалау үшін математикалық статистика мен мүмкіндік теориясы тәсілдеріне негізделген қателік теориясының аппаратын қолданады.

Тікелей бір рет өлшеу кезінде өлшенетін көрсеткіштің шынайы мәні мен қателігі белгісіз. Бірақ тікелей өлшеудің қателік теориясының нәтижесі өлшенетін көрсеткіштің шынайы мәніне қарағанда прибордың дәлдік класынан $\delta_{пр}$ кеткен тек максимум қателіктен аспайды (37):

$$\Delta_{\max} = \frac{\delta_{np} * \Pi}{100} \quad (42)$$

Бір рет өлшеу кезінде қателіктің әртүрлі мәнін мына аралықта - Δ_{\max} , + Δ_{\max} алуға болады. Орташа квадраттық өлшеу қателігі былай анықталады:

$$\sigma_{\Delta} = \Delta_{\max} / \sqrt{3} \quad (43)$$

Егер $\Delta \approx \sigma_{\Delta}$, онда бір рет тікелей өлшеу нәтижесі былай жазылады:

$$A = x \pm \sigma_{\Delta} \quad (44)$$

Тікелей бірнеше рет өлшеу кезінде бір рет өлшеу тәрізді өлшенетін көрсеткіштің шынайы мәні мен қателігі белгісіз. Өлшенетін көрсеткіштің шамалас мәні ретінде жеке өлшемдердің нәтижесінен орташа арифметикалық мәнін n алу ұсынылады.

$$A \cong x = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (45)$$

Абсолюттік қателіктің шамалас бағасы ретінде жеке өлшемдер нәтижесінің орташа арифметикалық мәннен ауытқуын алады:

$$\Delta_i = x_i - x \quad (46)$$

Өлшеу санын шексіз көбейткенде $n \rightarrow \infty$ x шамалас мәні шынайы мәнге A ұмтылады. Өлшеу санын шектеген кезде шынайы өлшенетін мәнді A шамалас

мәнге x әкелу айтарлықтай қателікке әкеп соқтырады. Орташа арифметикалық баға ретінде оның орташа квадраттық қателігі алынады.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_1^2}{n(n-1)}} \quad (47)$$

Тікелей бірнеше рет өлшеу нәтижесін шамамен былай жазуға болады:

$$A = x \pm \sigma_x \quad (48)$$

Тікелей бірнеше рет өлшеудің мысалы ретінде газдысұйық көтергішінің сағасындағы және түбіндегі қысымды өлшеуді алуға болады.

Жанама өлшеу кезінде іздеп отырған шама мәні бір-біріне байланыссыз A , B , C мәндерді өлшеу мен (39)-шы теңдеу арқылы есептелінеді. Өлшеудің абсолютті қателігі былай анықталады [1]

$$\Delta_z = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial A}\right)^2 \cdot \Delta A^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial B}\right)^2 \cdot \Delta B^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial C}\right)^2 \cdot \Delta C^2 + \dots}, \quad (49)$$

мұндағы $\frac{\partial f}{\partial A}, \frac{\partial f}{\partial B}, \frac{\partial f}{\partial C}$ - $f(A, B, C)$ функциясының A, B, C ауыспалы шамалары бойынша жеке туындысы.

Салыстырмалы қателік мынаған тең:

$$\delta_z = \frac{\Delta_z}{z} = \sqrt{\left(\frac{1}{f} * \frac{\partial f}{\partial A}\right)^2 \cdot \Delta A^2 + \left(\frac{1}{f} * \frac{\partial f}{\partial B}\right)^2 \cdot \Delta B^2 + \left(\frac{1}{f} * \frac{\partial f}{\partial C}\right)^2 \cdot \Delta C^2 + \dots}$$

$$\frac{1}{f} \cdot \frac{\partial f}{\partial A} = \frac{\partial}{\partial A} \cdot \ln f; \quad \frac{1}{f} \cdot \frac{\partial f}{\partial B} = \frac{\partial}{\partial B} \cdot \ln f; \quad \frac{1}{f} \cdot \frac{\partial f}{\partial C} = \frac{\partial}{\partial C} \cdot \ln f,$$

$$\delta_z = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial A} \cdot \ln f\right)^2 \cdot \Delta A^2 + \left(\frac{\partial}{\partial B} \cdot \ln f\right)^2 \cdot \Delta B^2 + \left(\frac{\partial}{\partial C} \cdot \ln f\right)^2 \cdot \Delta C^2 + \dots} \quad (50)$$

(49) және (50)-ші формулалардан келесі жағдайлар туындайды:

а) екі көрсеткіш қосындысының қателігі:

$$z = A + B, \quad (51)$$

$$\Delta_z = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2}, \quad (52)$$

$$\delta_z = \frac{\sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2}}{A + B} ; \quad (53)$$

б) екі көрсеткіш айырмасының қателігі:

$$z = A - B , \quad (54)$$

$$\Delta_z = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2} , \quad (55)$$

$$\delta_z = \frac{\sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2}}{A - B} ; \quad (56)$$

в) екі көрсеткіш көбейтіндісінің қателігі:

$$z = A \cdot B , \quad (57)$$

$$\Delta_z = \sqrt{B^2 \Delta A^2 + A^2 \Delta B^2} , \quad (58)$$

$$\delta_z = \sqrt{\delta_A^2 + \delta_B^2} ; \quad (59)$$

г) екі көрсеткіш қатынасының қателігі:

$$z = A / B , \quad (60)$$

$$\Delta_z = \sqrt{\frac{1}{B^2} \cdot \Delta A^2 + \frac{A^2}{B^4} \cdot \Delta B^2} , \quad (61)$$

$$\delta_z = \sqrt{\delta_A^2 + \delta_B^2} ; \quad (62)$$

ΔA , ΔB , ΔC қателіктер өлшеу кезінде белгісіз болғандықтан дәлдік орташа квадраттық қателікпен белгіленеді:

$$\Delta A \approx \sigma_{\Delta A};$$

$$\Delta B \approx \sigma_{\Delta B};$$

$$\Delta C \approx \sigma_{\Delta C},$$

7. Зертханалық жұмысты жүргізуге арналған нұсқау.

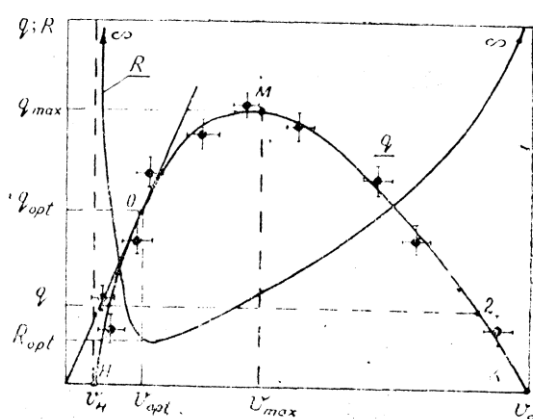
Өлшеулер жүргізу.

Өлшеуге кіріспес бұрын ең алдымен қондырғыдағы құрылғының орналасуын, оның жұмыс істеу принципін, ережелерін, шкала бөліктерінің бағасын мен өлшеу құрылғысының дәлдік классын анықтай білуі қажет.

Графиктер тұрғызу.

Газдысұйық көтергішін зерттеу нәтижесі график түрінде беріледі. Графиктер миллиметрлік қағазда тұрғызылады, миллиметр қағаздың размері дәптер бетімен бірдей болуы қажет. Бетке координаттар өсі салынады. Ереже бойынша тәуелсіз көрсеткіш үшін абсцисса өсі алынады. Өс соңында физикалық көрсеткіштер мен оның өлшемдері көрсетіледі. Содан кейін өске бөліктер арақашықтығы 1, 2, 5-ке тең етіп немесе бұл сандарды $10^{\pm n}$ (n — бүтін сан) көбейтіп масштабтық бөліктерге бөледі. Әдетте масштаб тәртібі бойынша $10^{\pm n}$ өс соңында жазылады.

Масштабты анықтағаннан кейін дөңгелектермен, квадраттармен, үшбұрыштармен және тағы басқалармен бейнеленген экспериментальды нүктелер енгізіледі. Содан кейін әрбір нүктенің үстінен, астынан, оңға және солға график масштабында қателік көрсеткішін бейнелейтін бөлікті кейінге қалдырады. Сосын графикті тұрғызады, яғни бір қалыпты қисық сызық жүргізіледі (6-шы сурет).



6-шы сурет. $\xi = \text{const}$ және $D = \text{const}$ болғандағы газдысұйық көтергіш жұмысының қисық сипаттамасы.

Есепті дайындау.

Жасалған жұмыс есебінде мыналар болуы қажет:

- а) зерттеу міндеттері мен оның мақсаттары;
- б) қондырғы схемасы;
- в) өлшенген және есептелген көрсеткіштер таблицасы;
- г) іздеп отырған көрсеткішті есептеу тәртібі;
- д) іздеп отырған байланыстар графигі;
- е) қортынды.

1 - ш і ж ұ м ы с .

Сұйықтыққа үнемі батырылған газдысұйық көтергішінің жұмысын зерттеу.

Жұмыс мақсаты — көтергіш жұмысын сипаттайтын қисық сызық деп аталатын газ шығыны мен эксперимент жүзінде алынған көтергіш өнімінің арасындағы байланысты алу. Бұл байланысты фактілік және есептелген көрсеткіштерді көтергіштің қолайлы және максималь режимдерінде зерттеп анықтайды.

Қысқаша теория

Ұзын емес газдысұйық көтергіші үшін қоспаның дифференциальды қозғалыс теңдеуін соңғы мәндер айырмасы ретінде қарастыруға болады. Зертханалық қондырғыда газдысұйық көтергішінің ұзынды аз ($L_n=20,3$ м) болады. Қоспа қозғалысының жылдамдығындағы шығынды ескермей (36) –шы теңдеуді былай өрнектейді:

$$\frac{p_1 - p_2}{L_n} = \rho_{cm} g + \frac{P_{mp}}{L_n}, \quad (1.1)$$

мұндағы p_1, p_2 — көтергіш түбіндегі және сағасындағы қысым; $p_{тр}$ — L_n ұзындығындағы үйкеліс күшін жеңетін қысым шығыны.

Сонымен, көтергіште газдысұйық қоспасының қозғалғанда қысым айырмасы ең алдымен үйкеліс пен қоспа бағанасының салмағын жеңуге кетеді.

Талдауда ыңғайлы болуы үшін (1.1) теңдеуін өлшемсіз деп алып, сұйықтық бағанасына сәйкес қысым анықталады:

$$P_1 = pgh_1; \quad P_2 = pgh_2 \quad P_{тр} = pgh_{тр} \quad (1.2)$$

(1.2) -ні (1.1)-ге қойып, мынаны аламыз:

$$\frac{h_1 - h_2}{L_n} = \frac{p_{cm}}{p} + \frac{h_{mp}}{L_n} \quad (1.3.)$$

(1.1) және (1.3) формулаларының физикалық мағынасы бірдей. Сол жақ бөлігінде газдысұйық көтергішіндегі қысым немесе энергияның жалпы шығыны өлшемсіз формада берілген ξ

$$\xi = \frac{h_1 - h_2}{L_n} = \frac{p_1 - p_2}{\rho g L_n} \quad (1.4.)$$

Бұл энергия бірлік ұзындығындығы қоспа бағанасының салмағын (p_{cm}/p) және осы ұзындықтағы үйкелісті $h'_{тр} = h_{тр}/L_n$ жеңуге кетеді. Енгізілген белгілерді ескеріп (1.3) теңдеуі мына түрге ие болады:

$$\xi = \frac{p_{cm}}{\rho} + h'_{mp} \quad (1.5)$$

Академик А. П. Крылов ағыстың тығынды құрлысында жұмыс жасаған элементарлы газдысұйық көтергішінің теңдеуін құрастырды:

$$\xi = \frac{p_1 - p_2}{\rho g L_n} = \frac{q + 0.785D^2}{v_2 + q + 0.785D^2} + \frac{7.8 \cdot 10^{-4}}{D^{4.75}} q^{1.75} + \frac{9.3 \cdot 10^{-7}}{D^{5.33}} v_2^2 + \frac{1.14 \cdot 10^{-3}}{D^5} v_2 q \quad (1.6)$$

мұндағы D — көтергіш диаметрі, м; q , v_2 — көтергіштің термодинамикалық жағдайындағы су мен ауа шығындар көлемі, м³/с.

(1.6) теңдеуінің оң бөлігі гидростатикалық қысымды жеңуге кететін энергия шығынын сипаттайды; екіншісі — көтергіште тек су қозғалғанда үйкеліс күшін жеңуге кететін энергия шығынын сипаттайды; үшіншісі — көтергіште тек ауа қозғалғанда үйкеліс күшін жеңуге кететін энергия шығынын сипаттайды; төртіншісі — фазалар шекарасындағы өзара әсер ету күштерін жеңуге кететін энергия шығынын сипаттайды.

Газдысұйық көтергішінің қисық сызық характеристикасы деп энергия шығыны тұрақты ($\xi = \text{const}$) кездегі сұйықтықтың тәуліктік өнімі мен газ шығынының арасындағы байланысты $q=f(v)$ айтады. Бұл байланыс түрі 6-шы суретте көрсетілген. Газ шығыны стандарт жағдайға келтірілген.

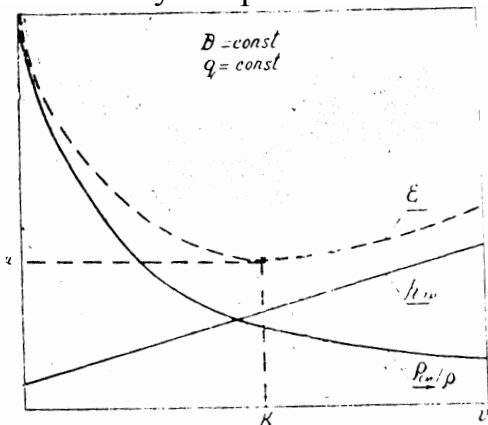
Көтергіш айдаушы агенттің әртүрлі емес шығында жұмыс жасайды. Егер газ шығыны тіптен аз болса, онда газ көпіршіктері сұйықтық арқылы өтіп, одан қалқып шығып, газ сепараторға кетеді. Көтергіштегі қоспа деңгейі динамикалық деңгейден h_1 бірнешеге жоғары болады (5-ші сурет). Газ шығынын көтеру қоспа құрамындағы газ көлемінің өсуіне әкеп соқтырады да, көтергіштегі оның деңгейі өседі. Сөйтіп, газ шығыны V_H ТЕҢ БОЛҒАНДА

газдысұйық көтергішіндегі қоспа деңгейі сағаға жетеді. Енді газ шығынын аз мөлшерде көбейткенде сұйықтық сепараторға беріледі. Газ шығынын көбейткенде алдымен тәуліктік өнім өседі (6-шы сурет). Газ шығынын ары қарай көбейткенде сұйықтықтың тәуліктік өнімі төмендейді (6-шы сурет К нүктесінде тәуліктік өнім нөлге тең болады). Энергия көтергіште толықтай жұмсалады, бірақ ол ешқандай пайдалы жұмыс жасамайды.

Қисық сызық характеристикасының бұндай тәртібін 7-ші суретте көрсетілген энергия мен газ шығынының арасындағы байланыс графигінің көмегімен түсіндіруге болады. Айталық, 6-шы және 7-ші суреттегі қисық сызықтар диаметрі D бірдей көтергіштер үшін тұрғызылған, ал 7-ші суреттегі қисық тәуліктік өнім q үшін, бұл қисық 6-шы суреттегі 1 және 2 нүктелерге сәйкес келеді.

1 нүктесі газ шығыны аз облыста жатыр. 7-ші суретте бұл облыс К нүктесінің сол жағында, бұнда газ шығыны өсіп, тұрақты тәуліктік өнім q беретін жалпы энергия шығынын азайтады.

6-шы сурет бойынша жалпы энергия шығыны өзгермейді ($g = const$), сондықтан тұрақты тәуліктік өнімді сақтау үшін газ шығынын көбейткенде энергия аз болуы керек.



2 нүктесі газ шығыны үлкен облыста жатыр. Бұнда тұрақты тәуліктік өнім (7-ші сурет) газ шығыны өсуі энергия шығынының өсуіне әкеп соқтырады. Егер шартта энергия шығыны тұрақты болса (6-шы сурет), онда газ шығыны ξ дейін өсіргенде, тәуліктік өнімді тұрақты етіп ұстай алмаймыз және ол v өскен сайын азаяды.

7-ші сурет. Газ шығынымен жалпы энергия вертикальды ағыс құрылысының картасы.

Газдысұйық көтергішінің қисық сызық характеристикасында (6-шы сурет) басты екі нүктені атауға болады. M нүктесі көтергіштің максималь жұмыс режиміне сәйкес келеді. Жалпы энергия шығыны ξ тұрақты болғанда көтергіштің тәуліктік өнімі q_{max} үлкен мәнге ие болады. Бұл режим жалпы энергия шығыны бойынша қарағанда қолайлы. Максималь режимде фонтанды ұңғылар жұмыс істейді, егер геолого-өндірістік және игеру жағдайы максималь өнім алуға мүмкіндік берсе.

O нүктесі көтергіштің қолайлы жұмыс режиміне сәйкес келеді. Бұл режимде көтергіш жұмысшы агенттің ең аз меншікті шығынымен $R = v/q$ жұмыс жасайды, яғни көлемдік немесе массалық өнімді көтеруге кететін сығылған газ энергиясы аз болады. Әдетте бұл режимде газлифт ұңғылары жұмыс істейді. Координата басынан $q = f(v)$ (6-шы сурет) қисығына

жүргізілген жанама көтергіштің қолайлы жұмыс режиміне сәйкес келетін нүктені анықтайды.

Өндірістік газдысұйық көтергіштері *O* және *M* облыстарында жұмыс жасайды. Максималь өнім алу үшін және энергиялық шығын аз болуы үшін бұл облыстан ауытқымауы қажет. Көтергіш жұмысының осы екі режиміне академик А. П. Крылов эксперимент негізінде алынған мағлұматтар бойынша есептеу формулаларын ойлап тапты.

Максималь тәуліктік өнім беретін көтергіштің жұмыс режимі:

$$q_{\max} = 1.8D^3(p_1 - p_2)^{1.5} / \rho^{1.5} L_n^{1.5} \quad (1.7)$$

$$v_{\max} = 2.16 \cdot 10^{-4} D^{2.5} (p_1 - p_2)^{0.5} \rho^{0.5} L_n^{1.5} / \lg p_1 / p_2 \quad (1.8)$$

$$R_{\max} = 1.2 \cdot 10^{-4} \rho^2 L_n^2 / D^{0.5} (p_1 - p_2) \lg p_1 / p_2 \quad (1.9)$$

Көтергіштің қолайлы жұмыс режимі:

$$q_{\text{opt}} = q_{\max} \rho g \ln - (p_1 - p_2) / \rho g \ln \quad (1.10)$$

$$v_{\text{opt}} = v_{\max} [\rho g \ln - (p_1 - p_2) / \rho g \ln] \quad (1.11)$$

$$R_{\text{opt}} = R_{\max} \rho g \ln - (p_1 - p_2) / \rho g \ln \quad (1.12)$$

Жоғарыда келтірілген теңдеулерде: q — сұйықтықтың тәуліктік өнімі, $\text{м}^3/\text{с}$; v — стандарт жағдайға келтірілген газ шығыны, $\text{м}^3/\text{с}$; $R_{\text{г}}$ — меншікті газ шығыны, $\text{м}^3/\text{м}^3$; D — көтергіш диаметрі, м; p — абсолютті қысым, $\text{Н}/\text{м}^2$; ρ — сұйықтық тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; L_n — көтергіш ұзындығы, м. g — еркін түсу үдеуі, $\text{м}/\text{с}^2$.

Жұмысты жүргізу тәртібі.

1. 3-ші кесте толтырылады (10—12 өлшеулер нәтижесін жазу үшін).
2. Қондырғы құрлысы мен басқару және бақылау пультімен танысу (5-ші суреттегі қондырғы құрлысын қара).
3. Өлшеу құрылғыларының жұмыс істеу принципін және олардың басты техникалық характеристикасын меңгереді (2-ші кесте).
4. Көтергішті сұйықтыққа белгілі бір h_1 деңгейге батыру үшін бір немесе бірнеше вентильдерді 7 ашады (5-ші сурет).
5. Содан кейін ауа жіберуді басқарумен, қысымды, ауа шығынын,

сұйықтық шығынын өлшеумен айналысады, алдын-ала есептеулер жүргізіп, графиктер тұрғызады. Соңғы екі операция өлшеумен параллель жүргізіледі. Көтергішке ауа жіберуді вентиль 3 арқылы реттейді. Ауа жіберуді ротаметр поплавкасының орнын бақылау арқылы бақылайды.

7. Берілген деңгейде жалпы энергия шығынын ұстап тұру үшін (формула (1.4.)) қысымды реттейді: p_1 қысымын —12 вентиль (арынды колонна 5 құйылатын су шығынын өзгерту), p_2 қысымын - 4 вентиль арқылы реттейді (сағадағы қарсы қысымды өзгерту).

8. Әрбір қалыптасқан режимде бірмезгілде келесілерді өлшейді:

- а) көтергіш түбіндегі және сағасындағы қысымды (p_1 және p_2);
- б) газдысұйық көтергішіндегі ағыс температурасын:

$$T = 273 + t^{\circ}\text{C}, K.$$

Бірінші жуықтауда көтергіштегі қоспаның қозғалыс үрдісін изотермиялық деп аламыз, ағыс температурасы бөлме температурасына тең;

в) белгілі бір уақыт аралығында газды немесе ротационды счетчиктен 11 өткен ауа шығынын оның көлемі V бойынша анықтау;

г) белгілі бір уақыт аралығында өлшеу сыйымдылығында 10 жинақталған су шығынын оның көлемі Q бойынша анықтау.

Газдысұйықтық көтергішін зерттеу тәжірибесінің негізінде зертханалық қондырғыда келесі өлшенген ауа мен су көлемдерін қолдану ұсынылады:

$V = 20$ л ($0,02$ м³) - ГСБ типті газ счетчигін қолданғанда;

$V = 30$ л ($0,03$ м³) - РС типті ротационды счетчигін қолданғанда;

$Q=10$ л ($0,01$ м³) - сұйықтық деңгейінің өлшеу бағіндегі 10 л - 20 л немесе 15л - 25 л шкала белгісіне орын ауыстыруы.

9. Бастапқы жұмыс режимінен бастап көтергіш жұмысының қисық сызық характеристикасы тұрғызылады. Бастапқы жұмыс режимінде тек ауа шығынын өлшейді.

10. Эксперименттен алынған көрсеткіштер 3-ші кестенің сол жағына жазылады.

Тәжірибе көрсеткішін өңдеу.

Эксперименттен алынған көрсеткіштер негізінде келесі көрсеткіштер анықталынып 3-ші кестенің оң жағына жазылады.

1. көтергіш түбіндегі және сағасындағы абсолютті қысымды (p_1 және p_2):

$$P_{1(2)} = c p_{1(2)} + P_o, \text{ МПа}, \quad (1.13)$$

мұндағы c —манометр шкаласы бөліктерінің бағасы (2-ші кесте);

P_o — нормаль қысымы, $P_o = 0,101325$ МПа~ $0,1$ МПа тең.

2. Қысымның орташа шамасы (46):

$$P_{1(2)} = \sum_{i=1}^n p_{1(2)i} / n, \text{ МПа}. \quad (1.14)$$

3. Салыстырмалы батудың орташа мәні (1.4):

$$\xi = p_1 - p_2 / \rho g L n \quad (1.15)$$

4. Су шығыны:

$$q = Q / \tau 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1.16)$$

5. Су шығынын* өлшеудің абсолютті қателігі (формула (61)).

6. Ауа шығыны:

$$v = v / \tau 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.17)$$

7. Ауа шығынын* өлшеудің абсолютті қателігі (формула (61)).

8. Меншікті ауа шығыны:

$$R = v / q, \quad (1.18)$$

9. Жоғарыда берілген нұсқауға сәйкес графикалық байланыстар тұрғызылады**:

$$q = f(v) \quad \text{и} \quad R = f(v) \quad (\text{6-шы сурет}).$$

* өлшеу дәлдігінің бағасы оқытушының нұсқауымен жүргізіледі.

** q , v және R мәндері дәл анықталмаған жағдайда графиктер өлшеу нәтижесін орташалау тәсілі арқылы тұрғызылады

10. Көтергіш жұмысының қисық сызық характеристикасында қолайлы, максимум нүктелері анықталынады (6-шы сурет О және М нүктелері) және сол режимдегі көтергіш жұмысының сәйкес көрсеткіштерін (q , v , R) (1.7) — (1.12) формулаларын қолдану арқылы анықтап, 4-ші кестеге енгізілінеді.

Көтергіш жұмысының қолайлы және максимум режимдеріндегі фактілік және есептелген көрсеткіштерді салыстыру. 4-ші кесте

көрсеткіштер	қолайлы режим		максимум режим	
	фактілік	есептелген	фактілік	есептелген
Су шығыны, $\text{м}^3/\text{с}$				
Ауа шығыны, $\text{м}^3/\text{с}$				
Меншікті ауа шығыны, $\text{м}^3/\text{м}^3$				

1-ші жұмыстың бақылау сұрақтары.

1. Газдысұйық көтергіші деген не?
2. Көтергіш жұмысының физикалық мағынасы неде?
3. Көтергіш жұмысының энергиялық шығындары. Олар неден тұрады?
4. Көтергіштің салыстырмалы батуды қалай түсінесің?
5. Газдысұйық көтергішінің қондырғысы қандай басты бөліктерден тұрады?

6. Көтергіш жұмысының қисық сызық характеристикасы деген не?

2-ші жұмыс.

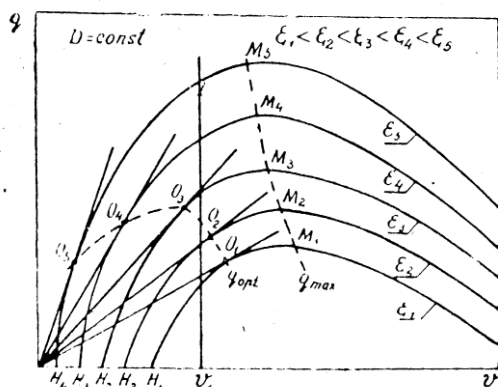
Газдысұйық көтергішінің жұмысына салыстырмалы батудың әсерін зерттеу.

Жұмыс мақсаты - көтергіш жұмысының қисық сызық характеристикасын $q = f(v)$ салыстырмалы батудың әртүрлі мәндерінде ξ тұрғызу. Қисық сызық характеристикасын талдау мен көтергіш жұмысына салыстырмалы батудың ықпалын негіздеу.

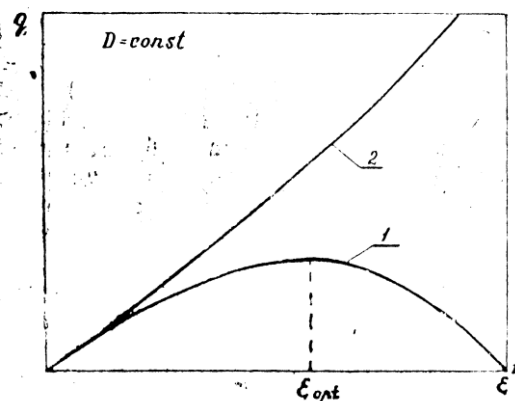
Қысқаша теория.

Көтергіш түбіндегі энергияны сипаттайтын көтергіштің салыстырмалы батуы $0 \leq \xi \leq 1$ диапазонында өзгереді, бұл абсолютті батудың h_1 (5-ші сурет) O -н L_n дейін өзгеруіне байланысты. $\xi = 0$ болғанда түптегі қысым ең төмен мәнге ие болады және ол мәні жағынан атмосфералық қысымға тең $p_1 = p_0$. Бұл кезде жалпы энергия шығыны нөлге тең және $q = f(v)$ байланысы нүктелермен көрсетіледі. $\xi = 1$ болғанда түптегі қысым максимум болады және ол сұйықтық бағанасының биіктігі көтергіш ұзындығына тең гидростатикалық қысыммен анықталады, яғни $p_1 = L_n \rho g + p_0$. Бұл мәнде жалпы энергия шығыны g максимум болады және $q = f(v)$ қисығы координат басынан басталады (8-ші сурет). Сонымен, салыстырмалы бату өскен кезде қисық характеристикасы бір-бірінің үстіне орналасады. Жалпы энергия шығыны g өскенде газ шығыны төмендейді, сол кезде қоспа деңгейі V_H сағаға жетеді. ξ мәні өскен сайын сұйықтық деңгейінің көтергіш сағасына дейінгі арақашықтық ($L_n - h_1$) аз болады. Сол себепті кез келген белгіленген газ шығынында V_1 (8-ші сурет) салыстырмалы бату өсуі көтергіштің тәуліктік өнімінің өсуіне әкеп соқтырады. Газ ($L_n - h_1$) қашықтыққа сұйықтықты көтереді: газ жұмыс жасайтын интервал аз болса, онда ол үлкен жұмыс атқара алады, яғни көтергіштің жоғары тәуліктік өнімін қамтамасыз етеді.

Максимум M_i нүктелерінің геометриялық орны «максимум өнім» сызығын береді және сәйкесінше қолайлы O_i нүктелерінің геометриялық орны «қолайлы режимдер» сызығын береді. ξ өсуімен қатар максимум өнімділік өседі, бірақ ξ ықпалы q_{opt} мәніне әртүрлі әсер етеді (9-шы сурет).



8-ші сурет. Салыстырмалы батудың әртүрлі мәндерінде көтергіш жұмысының қисығының сипаттамасы.



9-шы сурет. Көтергіштің максималь және қолайлы өнімдерінің салыстырмалы батудың байланысы: 1- $q_{opt}=f(\xi)$; 2- $q_{max}=f(\xi)$.

Көтергіш өнімділігіне ξ ықпалының дәрежесін анықтау үшін максималь және қолайлы режимдердегі (1.7) және (1.10) теңдеулерін келесі түрде қарастырайық:

$$q_{max}=1,8-D^3 g^{1.5} \xi^{1.5}, \quad (2.1)$$

$$q_{opt}=1,8D^3 g^{1.5} \xi^{1.5} (1-\xi). \quad (2.2)$$

Көтергіш максималь режимде болғанда оның өнімділігі салыстырмалы батудың бір жарым дәрежесіне тең. Көтергіш қолайлы режимде болғанда оның өнімділігі егер ξ өскенде алғашында өседі, содан кейін төмендеп, $\xi \rightarrow 1$ оның мәні нөлге тең болады. q_{opt} мәні жоғары болатын ξ мәнін анықтау үшін максимум функциясын табайық (2.2):

$$Dq_{opt}/d\xi=0 \quad (2.3)$$

$$1.5\xi^{0.5}(1-\xi)-\xi^{1.5}=0. \quad (2.4)$$

Сонда $\xi = 0,6$ болғанда q_{opt} жоғары мәнге ие болады. Талдау көрсеткендей, (2.1) және (2.2) теңдеулерін $\xi \geq 0,1$ болғанда пайдалана алады. $\xi < 0,1$ болғанда олар жоғары нәтиже береді. ξ мәні мынаған тең болғанда $q_{max} = q_{opt} = 0$ тең болады (9-шы сурет)

$$\xi_{min}=0,0208/\sqrt[3]{D}. \quad (2.5)$$

Жұмыс жасау тәртібі.

2-ші жұмысты орындау тәртібі келесілерді ескермегенде 1-ші жұмыс тәртізді:

1. 3 типті есеп беру кестесі үш экземплярда жасалады, олардың әрқайсысы нөмірленеді (1, 2, 3).

2. Зерттеуді 3 салыстырмалы бату мәндері бойынша жүргізеді (ξ_1, ξ_2, ξ_3). Салыстырмалы батудың келесі мәндері ұсынылады:

$$\xi_1 = 0,2-0,3; \xi_2 = 0,5-0,6; \xi_3 = 0,8-0,9.$$

3. Вентиль 7 ашу бағытын өзгерту арқылы батуды өзгертуге болады (5-ші сурет).

4. Әрбір батуға 1-ші жұмыста қарастырылған барлық операциялар жүргізіледі.

Тәжірибе көрсеткішін өңдеу.

$q = f(v)$ графикалық байланысын бір миллиметрлік қағазда тұрғызыннан кейін келесілерді орындау қажет:

- 1) пунктирлі сызықтармен максимум және қолайлы нүктелерді қосу;
- 2) 5-ші кестеге көтергіш жұмысының қолайлы және максималь режимдегі есептелген және фактілік көрсеткіштерін енгізу;
- 3) 5-ші кесте бойынша $q_{opt} = f(\xi)$ және $q_{max} = f(\xi)$ байланыстарын тұрғызу 9-шы сурет;
- 4) Есептелген мәні $q_{max} = 0$ тең болғанда g ең төмен мәнін (2.5) формуласымен табу.

2-ші жұмыстың бақылау сұрақтары.

1. Көтегіштің салыстырмалы батуы деген не және оның физикалық мағынасы неде?

2. Салыстырмалы бату қандай диапазонда өзгереді?

3. Көтергіш қисығының характеристикасының бастапқы нүктесі келесі жағдайда қалай өзгереді:

а) $\xi \rightarrow 0$;

б) $\xi \rightarrow 1$?

4. Көтергіштің қолайлы өнімділігіне салыстырмалы бату қалай әсер етеді?

5. Көтергіштің максималь өнімділігіне салыстырмалы бату қалай әсер етеді?

3-ші жұмыс.

Сұйықтыққа үнемі батырылған газдысұйық көтергішінің жұмысына диаметр әсерін зерттеу.

Жұмыс мақсаты – диаметрі әртүрлі көтергіш жұмысының қисық характеристикасын тұрғызу. Фактілік және есептелген көрсеткіштерді көтергіштің қолайлы және максималь режимдерінде анықтау.

Қысқаша теория.

Көтергіш диаметрі оның басты геометриялық характеристикасы. Ол көтергіштегі қоспа ағысының гидродинамикалық жағдайын, оның өткізу қабілетін және энергияны жоғалту өзгерісін анықтайды. $\xi = \text{const}$ тұрақты болғанда көтергіштің максималы және қолайлы жұмыс режиміне диаметрдің әсер ету дәрежесі әртүрлі (10-шы сурет). Газдысұйық қоспасының қозғалыс теңдеуіне сәйкес (1.6.) диаметрдің әсер ету дәрежесін басты шығындар көрсеткіштер (q, v) қатынасы арқылы көрсетуге болады:

$$q_i/q_{i+1} = f(D_i)/f(D_{i+1}) = (D_i/D_{i+1})^m \quad (3.1)$$

$$v_i/v_{i+1} = f(D_{i+1}) = (D_i/D_{i+1})^n \quad (3.2)$$

мұндағы q_i ; q_{i+1} и v_i ; v_{i+1} - диаметрі D_i и D_{i+1} көтергіштің сәйкесінше жұмыс режимдеріндегі сұйықтық пен газ шығыны,
 m, n - көтергіштің сәйкесінше жұмыс режимдеріндегі q мен v дәрежелік көрсеткіші.

Көтергіштің бастапқы жұмыс режимі. Бұл режимде $q = 0, \beta = 1, \phi < 1$, яғни физикалық жағынан қарағанда бұл режим газ барботажын көрсетеді. Сондықтан режим қоспа деңгейін көтергіш сағасына жеткелетін газ шығынын көрсетеді. Сұйықтықта жылдамдығы нөлге жақын газ көпіршектері қалқып шығады. Салыстырмалы батумен анықталатын жалпы энергия шығыны гидростатикалық қысымды жеңуге кетеді, яғни

$$\xi = p_1 - p_2 / \rho g L_n = \rho_{cm} / \rho \quad (3.3)$$

(3.3) формулада егер $\xi = \text{const}$ болса, онда көтергіш диаметріне байланыссыз қоспа тығыздығы өзгермейді. *Таза геометриялық түсінік бойынша көтергіштің әртүрлі диаметрлерінде газ шығыны құбыр қимасының ауданына, яғни диаметр квадратына тең. Бұндай нәтижені (1.6) теңдеуден аламыз:

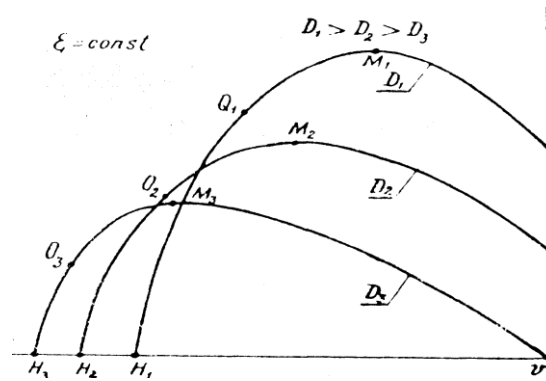
$$\xi = 0.785 D^2 / v_r + 0.785 D^2 = \text{const} \quad (3.4)$$

$$v_r = 0.785 D^2 (1 - \xi) / \xi \quad (3.5)$$

Диаметрі D_1 және $D_2(D_{i+1})$ тең көтергіштің бастапқы жұмыс режимінде газ шығынының қатынасы мынаған тең:

$$V_{r1}/v_{r2} = V_{r1}/v_{r2} = (D_1/D_2) \quad (3.6)$$

$$V_1/v_{i+1} = D_i/D_{i+1}$$



10-шы сурет. Құбыр диаметрінің көтергіш сипаттамасына әсері.

Шынайы бастапқы газ шығыны газ фазасының шынайы қозғалыс жылдамдылығымен анықталады, оның мәні газ көпіршектерінің абсолютті қалқып шығу жылдамдығына байланысты. Өз кезегінде көпіршектердің қалқып шығу жылдамдығы белгілі бір сұйықтық пен газдың физикалық қасиеттеріне, бату h_1 мәніне (5-ші сурет) байланысты көпіршік размерімен, оның формасына, көпіршіктер мен құбыр қабырғасының арасындағы әсерлесу дәрежесіне байланысты анықталады. Тұтқырлығы аз сұйықтықта диаметрі D_n тең сфера формалы жеке көпіршіктің қалқып шығу үрдісін қарастырайық. $d\tau$ уақыт аралығында dL қашықтыққа жоғары қарай көпіршіктер көтеріліп, құбырдың $\pi D_n^2 dL/4$ бөлігін $w_{ж}$ жылдамдықпен босатады, сонда

$$\pi D_n^2 dL/4 = - w_{ж} \pi (D^2 - D_n^2) d\tau/4 \quad (3.7)$$

Тендеудің оң жағындағы «—» белгісі сұйықтық пен көпіршіктер жылдамдығы қарама-қарсы бағытталғандығын көрсетеді. Абсолютті көпіршіктер жылдамдығы мынаған $W_2 = dL/d\tau$ тең болғандықтан (3.7) формуласынан келесі тендеуді аламыз

$$w_{г} = w_{ж} \left[1 - \left(\frac{D_n}{D} \right)^2 \right] \quad (3.8)$$

Сәйкесінше (28) формула негізінде газдың салыстырмалы қалқып шығу жылдамдығы мынаған тең:

$$w_0 = w_{г} - w_{ж} = \frac{w_2}{1 - (D_n/D)^2} \quad (3.9)$$

Шектеусіз сұйықтық көлемінде ($D_n < D$) көпіршіктер қалқып шыққанда салыстырмалы қалқып шығу ғы абсолютті жылдамдыққа тең болады, яғни

$$W_0 = W_\infty \quad (3.10.)$$

Газдысұйық қоспасының гидродинамикасы [7] атты арнайы әдебиетте бұл жылдамдық басты үш факторларға (сұйықтық инерциясы, тұтқырлығы мен беттік керілу күші) байланысты екенін білеміз, олардың әрқайсысының әсері эксперимент жүзінде анықталады. Сонымен, жеке көпіршіктер қозғалысы тұтқырлығы аз ортада кедергінің квадраттық заңдылық облысында келесі заңға бағынады:

$$W_\infty = 0.35 \sqrt{g D_n} \quad (3.11)$$

(3.10) формуласы негізінде (3.9) теңдеуінен келесі байланысты алуға болады:

$$W_\Gamma = W_\infty [1 - (D_n / D)^2] \quad (3.12)$$

Көтергіш жұмысының соңғы режимі екінші шектік режим боп саналады, онда: $q \rightarrow 0$, $\beta \rightarrow 1$. Бұл жұмыс режимі көтеру колоннасынан сұйықтықты толықтай шығарумен сипатталады. Бұл кезде барлық энергия үйкеліс күші мен газ бағанасының гидростатикалық қысымын жеңуге жұмсалады.

(1.6) теңдеуі вертикальды құбырдағы газдың қозғалыс теңдеуіне өзгертіледі:

$$\xi = \frac{0,785 D^2}{v_z + 0,785 D^2} + \frac{9.3 \cdot 10^{-7}}{D^{5.33}} v_z^2 \quad (3.13)$$

мұндағы V_z — көтергіш жұмысының соңғы режиміне сәйкес келетін газ шығыны.

Әдетте зертханалық жағдайда үлкен газ шығынын қамтамасыз ету мүмкін болмағандықтан көтергіш жұмысының соңғы режимінде жұмыс жасау мүмкін емес. Газ шығынын (3.13) теңдеуі арқылы анықтауға болады. Содан кейін (3.2) теңдеуін қолданып, көрсеткіш дәрежесі n анықтайды. Үш көтергіштер қисық характеристикасын зерттей келе, сәйкес диаметрлер мен газ шығынының үш түрлі қатынастарыналады:

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{n_1}; \frac{v_2}{v_3} = \left(\frac{D_2}{D_3} \right)^{n_2}; \frac{v_1}{v_3} = \left(\frac{D_1}{D_3} \right)^{n_3} \quad (3.14)$$

көрсеткіш дәрежесі n мынаған тең:

$$n_1 = \frac{\lg(v_1/v_2)}{\lg(D_1/D_2)} \quad ; \quad n_2 = \frac{\lg(v_2/v_3)}{\lg(D_2/D_3)} \quad ; \quad n_3 = \frac{\lg(v_1/v_3)}{\lg(D_1/D_3)} \quad ; \quad (3.15)$$

Айталық, көтергіш жұмысының соңғы режимінде газ шығынына диаметр әсерінің дәрежесі бірдей, онда

$$n_1 = n_2 = n_3 = n \quad (3.16)$$

Егер $n_1 \neq n_2 \neq n_3$, онда

$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} \quad (3.17)$$

Қолайлы және максималь режимдер.

Көтергіштің кез-келген жұмыс режиміне $\xi = \text{const}$ болғанда газ бен сұйықтық шығынына диаметр әсерінің дәрежесі бірдей. Сұйықтық шығында көрсеткіш дәрежесі t деп (3.1) белгілінеді, ал газ шығында көрсеткіш дәрежесі n (3.2) деп белгілінеді:

а) сұйықтық шығынына диаметр әсері келесі қатынастармен өрнектеледі (1.7), (1.10) және (3.1):

$$\frac{q_{opt,i}}{q_{opt,i+1}} = \frac{q_{max,i}}{q_{max,i+1}} = \left(\frac{D_i}{D_{i+1}} \right)^3 \quad (3.18)$$

б) газ шығынына диаметр әсері келесі қатынастармен өрнектеледі (1.8, 1.11) және (3.2):

$$\frac{v_{opt,i}}{v_{opt,i+1}} = \frac{v_{max,i}}{v_{max,i+1}} = \left(\frac{D_i}{D_{i+1}} \right)^{2.5} \quad (3.19)$$

в) газдың меншікті шығынына диаметр әсері келесі қатынастармен өрнектеледі (3.18), (3.19):

$$\frac{R_{opt,i}}{R_{opt,i+1}} = \frac{R_{max,i}}{R_{max,i+1}} = \left(\frac{D_i}{D_{i+1}} \right)^{0.5} \quad (3.20)$$

Жұмыс жасау тәртібі.

1. 3-ші типті кесте тәрізді 1, 2, 3 кестелерді толтырады, көтергіштің сәйкес диаметрлері $D_1 = 0,018$ м, $D_2 = 0,024$ м, $D_3 = 0,030$ м бойынша әрбір кестеге

зерттеу нәтижесі енгізіледі.

2. Арынды колоннаға 5 (5-ші сурет) және газ беру жүйесіне (13) көтергіштің сәйкес диаметрін жалғайды.

3. Выполняют все операции, предусмотренные для выполнения работы 1.

4. Көтергіш батуын h_1 (5-ші сурет) өзгертпей, қалған екі көтергіш үшін 2 және 3-ші пункттерде қарастырылған операцияларды орындайды.

5. Эксперимент нәтижесі 1, 2, 3 кестелерге толтырылады.

Тәжірибе нәтижесін өңдеу.

1. 1-ші жұмыста айтылған тәртіп бойынша көрсеткіштерді анықтап 1, 2, 3 кестелердің оң жағына енгізіледі.

2. 1, 2, 3 кестелер бойынша бір координат жазықтығында әрбір зерттелген үш көтергіш үшін $q = f(v)$ байланысын тұрғызады.

3. Қисық характеристикасынан көтергіштің бастапқы жұмыс нүктесін, қолайлы және максималь*нүктесін (10-шы сурет) және осы режимдердегі көтергіш көрсеткіштерін анықтап, 6-шы кестеге енгізіледі.

4. (3.5) формуласы бойынша әрбір көтергіштің бастапқы жұмыс нүктесіндегі газ шығыны есептелінеді.

5. (1.7)-(1.12) формулалары бойынша қолайлы және максималь нүктелеріндегі сұйықтық өнімі, газ шығыны мен меншікті газ шығыны есептелінеді.

6. Әрбір көтергіш үшін (3.13) теңдеуіне итерация тәсілін қолданып, соңғы жұмыс режиміндегі газ шығынын анықтайды.

7. 4, 5, 6 пункттерді орындауда алынған нәтижелерді 6-шы кестедегі «есеп» бағанасына енгізіледі.

8. Көтергіштер диаметрлерінің қатынасы есептелінеді:

$$D_1/D_2=D_2/D_3=D_1/D_3.$$

9. 6-шы кесте көрсеткіштерін қолданып көтергіштің бастапқы жұмыс режиміндегі газ шығынының қатынасы есептелінеді. (7-ші кесте).

10. (3.15)-(3.17) формулалары бойынша көтергіштің бастапқы жұмыс режиміндегі газ шығынына диаметрдің әсер ету дәрежесі анықталынады (7-ші кесте).

11. 9 және 10 операцияларды орындап, көтергіштің сәйкесінше қолайлы және максималь режиміндегі (8-ші кесте), сондай-ақ соңғы жұмыс режиміндегі шығын характеристикасына диаметрдің әсер ету дәрежесі анықталынады (9-шы кесте).

9-шы кесте. Соңғы жұмыс режиміндегі ауа шығынына диаметрдің әсер ету дәрежесін бағалау нәтижесі.

D_i / D_{i+1}	$\lg D_i / D_{i+1}$	$(v_i / v_{i+1})_p$	$\lg (v_i / v_{i+1})_p$	n_i

$$\bar{n} = \frac{\sum_i^3 n_i}{3}$$

3-ші жұмысқа арналған бақылау сұрақтары.

1. Көтергіштің жұмыс режиміне диаметрдің әсер ету дәрежесі қандай?
2. Сұйықтықтағы газ көпіршектерінің қалқып шығу жылдамдығына диаметрдің әсер ету дәрежесі қандай?
3. Көтергіштің қолайлы және максималь режиміндегі шығын характеристикасына диаметрдің әсер ету дәрежесі немен ерекшелінеді?

4-ші жұмыс.

Газдысұйық көтергішінің пайдалы әсер коэффициентін анықтау мен салыстырмалы батудың оған әсерін менгеру.

Жұмыс мақсаты — диаметрі белгілі көтергіштің қолайлы және максималь жұмыс режимінде эксперимент нәтижесі бойынша пайдалы әсер коэффициентін анықтау; салыстырмалы батудың оған әсерін айқындау.

Қысқаша теория

Пайдалы әсер коэффициенті (п.ә.к.) — энергияны беру немесе өзгерту негізінде жүйе (қондырғы, машиналар) тиімділігін сипаттау; ол пайдалы энергияның ($W_{\text{пайд}}$) жұмсалған энергияға ($W_{\text{жұм}}$) қатынасына тең:

$$\text{п.ә.к.} = \eta = \frac{W_{\text{пайд}}}{W_{\text{ж}}} 100 \% \quad (4.1)$$

Энергия — дененің жұмыс жасау қабілеті немесе жұмыс қоры. Энергияның өлшем бірлігі жұмыстың өлшем бірлігіндей.

Энергияның өлшем бірлігі: $[W] = \text{джоуль} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Вт} \cdot \text{с} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$.

Жұмыс жасап тұрған көтергіште энергия уақыт бірлігінде белгілі бір көлемде газ бен сұйықтық қозғалғанда әсер тететін кедергі мен ауырлық күшін басуға кетеді. Сондықтан, энергетикалық шығындарды сипаттайтын энергияның шығыны мен меншікті шығыны деген түсініктер қолданылады. Энергияның шығыны $[W]$ — уақыт бірлігінде қолданылатын энергия саны. Энергияның шығынының өлшем бірлігі қуаттың өлшем бірлігіндей — ватт (Дж/с). Энергияның меншікті шығыны — сұйықтықты көтеруге қажетті энергия саны.

Көтергіштегі пайдалы қолдану энергиясы $L_n - h_1$ биіктікке сұйықтықты көтеруге жұмсалатын жұмыспен анықталады (5-ші сурет), яғни бату деңгейінің бетінен сағаға дейінгі аралықта ауырлық күшін басуға жұмсалады. Егер сұйықтық шығыны q тең болса ($\text{м}^3/\text{с}$), онда пайдалы энергия шығыны мынаған тең болады:

$$W_{\text{пайд}} = q p g (L_n - h_1), \quad \text{Вт.} \quad (4.2)$$

Бұл пайдалы жұмысты орындауға жұмысшы агенті (газ немесе ауа) энергиясының бір бөлігі жұмсалса, энергияның қалған бөлігі жұмысшы агенттің өзіндік ауырлық күшін басуға кететін жұмысқа және қоспа қозғалысының гидравликалық кедергілерін жоюға жұмсалады. Пайдалы жұмысты орындауға қолданылатын жұмысшы агентінің энергия үлесі көтергіштің пайдалы әсер коэффициентімен анықталады. Көтергіштің пайдалы әсер коэффициентін анықтау үшін көтергіш құбыр бойымен қозғалған газдысұйық қоспасының толық жұмысын қарастырады. Көтергіштің қалыптасқан жұмысында уақыт бірлігінде әрбір көлденең қима бойымен бір мезгілде v_2 (м³/с) көлемде ауа және q ((м³/с) көлемде сұйықтық жоғары көтеріледі. Көтергіш құбыр бойына әсер ететін қысым мәні өзгеріп отырады. Сәйкесінше, құбыр қимасының бойындағы қысымның өзгерісі сол қимадан өтетін жұмысшы агентінің көлемінің өзгерісіне әкеп соқтырады. dp қысым айырмасы әсер еткен dL элементарлы биіктікке көтерілген газ бен сұйықтық көлемі қозғалғандағы элементарлы жұмыс былай анықталады:

$$\Delta W = (v_2 + q) dp. \quad (4.3)$$

Қоспа қозғалған кезде жасайтын толық жұмыс (4.3) формуласынсоңғы қысым p_1 -ден p_2 -ге дейінгі аралықта интегралдау арқылы анықталады. Газдың изотермиялық үрдісте кеңеюі мен газ бен сұйықтықтың өлшеген көлемін ескере отырып толық жұмыс былай анықталады:

$$W = \int_{p_2}^{p_1} \frac{v p_0}{p} dp + \int_{p_2}^{p_1} q dp \quad (4.4.)$$

Интегралдағаннан кейін

$$W = v p_0 \ln \frac{p_1}{p_2} + q(p_1 - p_2)$$

Егер $p_2 = P_0$ болса, онда (1.4) теңдеуіне сәйкес $p_1 - p_2 = h_1 p g$. $p_1 - p_2$ айырмасын (4.4) теңдеуіне қойып, мынаны аламыз

$$W = v p_0 \ln \frac{p_1}{p_2} + q h_1 p g, \text{ Вт} \quad (4.5)$$

Сөйтіп, көтергіште газдысұйық қоспасы қозғалған кезде жасайтын толық жұмысты сырттай қарағанда сығылған жұмысшы агенті мен сұйықтықтың біріккен энергиясының қызметі, яғни сыртқы арын қысымында деп қарастыруға болады немесе потенциалды энергияның кинетикалық энергияға айналу нәтижесі деп қарастыруға болады.

Толық жұмысты кедергі күштерін жоюға бағытталған жұмыстар мен $q(\text{м}^3/\text{с})$ сұйықтығын L_n биіктікке көтерудегі ауырлық күшін жоюға бағытталған жұмыстар қосындысынан тұрады деуге болады.

Кедергі күштерін жоюға бағытталған жұмысты W_c деп белгілесек, онда

$$W = qpgL_n + W_c \quad (4.6)$$

(4.5) және (4.6) теңдеулерін бірге шешіп және кеңею кезінде жасалған жұмысты W_p деп белгілесек, онда:

$$W_p + qpg h_1 = qpgL_n + W_c$$

немесе

$$W_p \left(1 - \frac{W_c}{W_p} \right) = (L_n - h_1) qpg \quad (4.7)$$

Теңдеудің оң бөлігі (4.2) сәйкес пайдалы энергия шығыны деп аталады. Жақша ішіндегілер пайдалы жұмыс жасайтын жұмысшы агентінің шығындайтын энергия үлесі, яғни жұмысшы агентінің энергиясын қолданғанда көтергіштің п.э.к. анықталады.

$W_{зам} = W_p = \nu p_0 \ln(p_1/p_2)$ болғандықтан, (4.1) формуласына сәйкес

$$\eta = \frac{qpg(L_n - h_1)}{\nu p_0 \ln(p_1/p_2)} \cdot 100\% \quad (4.8)$$

Меншікті энергия шығынына өту кезінде (4.8) теңдеуі келесі түрге ие болады:

$$\eta = \frac{pgL_n(1 - \xi)}{Rp_0 \ln(p_1/p_2)} \cdot 100\% \quad (4.9)$$

мұндағы $R = \nu/q$ – стандарт жағдайындағы меншікті газ шығыны, $\text{м}^3/\text{м}^3$

(4.9) формуласының алымындағы мән пайдалы меншікті энергия шығынын білдіреді, бөліміндегі – шығындалған меншікті энергия шығынын білдіреді.

Сөйіп, газдысұйық көтергішінің пайдалы әсер коэффициенті салыстырмалы бату мен газдың меншікті шығынына байланысты.

(4.9) теңдеуден көріп тұрғандай, $\xi = \text{const}$ болғанда, газдың меншікті шығыны минималь мәнге ие болғанда, яғни 0 нүктесінде (6-шы сурет) көтергіштің пайдалы әсер коэффициенті максималь болады.

Салыстырмалы батудың ξ пайдалы әсер коэффициентіне әсерін бағалауға (1.9) және (1.12) теңдеулерін қолданамыз. шығындалған меншікті энергия шығыны былай анықталады:

а) максималь режим:

$$W_{\text{зат. макс.}} = \frac{2,75 p L_n}{D^{0.5} \xi} \quad (4.10)$$

(4.10) және (4.9) теңдеулерден көріп тұрғандай:

$$\xi \rightarrow 0 \quad W \rightarrow \infty \quad \text{ұмтылғанда,} \quad \eta \rightarrow 0$$

$$\xi \rightarrow 1 \quad W \rightarrow \frac{2,75 p L_n}{D^{0.5}} \quad \text{ұмтылғанда,} \quad \eta \rightarrow 0$$

Сәйкесінше, $0 < \xi < 1$ $\eta > 0$ болғанда, яғни $\eta = f(\xi)$ байланысы максимум болады. $\eta = f(\xi)$ байланысы А.П. Крылов бойынша мына түрге ие

$$\eta_{\text{макс}} = 3,56 \cdot D^{0.5} \xi (1 - \xi) \quad (4.11)$$

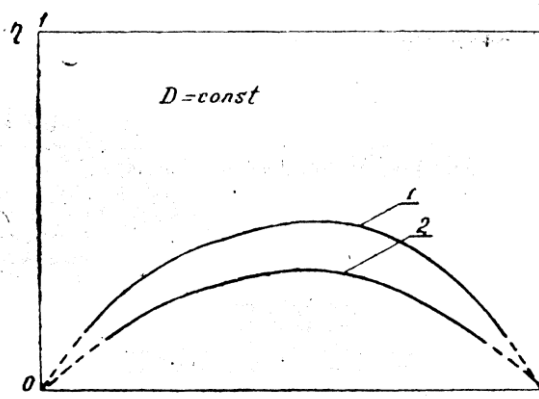
б) қолайлы режим:

$$W_{\text{зат. опт}} = W_{\text{зат. макс}} (1 - \xi) = \frac{2,75 p L_n}{D^{0.5} \xi} (1 - \xi) \quad (4.12)$$

$\eta = f(\xi)$ байланысы А.П. Крылов бойынша бұл режимде мына түрге ие

$$\eta = 3,56 \cdot D^{0.5} \xi \quad (4.13)$$

$\eta = f(\xi)$ байланысының қолайлы және максималь режимдердегі жалпы түрі 11-ші суретте берілген.



11-ші сурет. Көтергіштің пайдалы әсер коэффициентінің салыстырмалы батумен байланысы: 1 — қолайлы режим; 2 — максималь режим.

Талдау көрсеткендей, пайдалы әсер коэффициенті газдысұйық көтергіші қолайлы және максималь режимдерде $\xi = 0,5—0,75$ диапазонында жұмыс жасаған кезде үлкен мәнге ие болады.

Пайдалы әсер коэффициентінің сандық мәні: қолайлы режим үшін — $\eta \approx 37\%$, максималь режим үшін — $\eta \approx 21\%$ тең.

Жұмыс жасау тәртібі

Берілген жұмысты 2-ші жұмыс негізінде орындауға болады. Өзіндік зерттеу жағдайында:

- 1) 3-ші типті кестені үш экземплярда толтыру;
- 2) 2-ші жұмыста нұсқауы бойынша зерттеу батудың белгіленген үш жағдайында жүреді;
- 3) 1-ші жұмыста қарастырылған барлық операциялар әрбір батуда орындалады.

Тәжірибе нәтижесін өңдеу

1. Белгіленген әрбір батуда алынған мәндер 1-ші жұмыста келтірілгендей өңделеді.

2. Көтергіштің жұмысының қисық сызық сипаттамасы $q = f(v)$ тұрғызылып, сұйықтық пен газдың қолайлы және максималь режимдерде жұмыс жасаған кездегі шығындары анықталады.

3. Алынған мәндерді 10-шы кестеге толтырады.

4. (4.9) формуласы бойынша көтергіштің қолайлы және максималь режимдерде жұмыс жасаған кездегі пайдалы әсер коэффициентінің фактілік мәнін анықтайды.

5. (1.7)-(1.12) формулалары бойынша, сондай-ақ (4.11) және (4.13) теңдеулері арқылы сұйықтық пен ауаның шығындарын, газдың меншікті шығыны мен қолайлы және максималь режимдерде жұмыс жасаған кездегі пайдалы әсер коэффициентін анықтайды.

6. 4 және 5 пункттерде алынған мәндерді 10-шы кесте бағанасына толтырады.

7. 10-шы кестеге сәйкес көтергіштің қолайлы және максималь режимдерде жұмыс жасаған кездегі фактілік және есептелген мәндер бойынша $\eta=f(\xi)$ байланысын тұрғызады.

8. (49) — (62) формулалары арқылы п.э.к. фактілік мәндерінің ауытқуын анықтайды.

4-ші жұмыстың бақылау сұрақтары

1. п.э.к. деген не?
2. Энергия деген не және оның өлшем бірлігі қандай?
3. Газдысұйық көтергішінің пайдалы әсер коэффициенті қалай анықталады?
4. $\xi \rightarrow 0$ болғанда п.э.к. неге тең?

5. $\xi \rightarrow 1$ болғанда п.э.к. неге тең?

6. $0 < \xi < 1$ болғанда п.э.к. қалай өзгереді?

7. Көтергіштің қандай жұмыс режимінде п.э.к. максималь мәнге ие болады?

5-ші жұмыс

Фонтанды ұңғының өнімділік коэффициентін анықтау және оның жұмыс режимін қалыптастыру

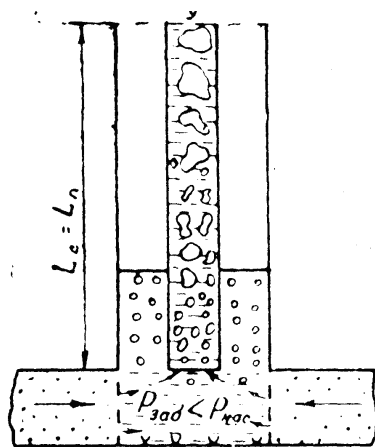
Жұмыс мақсаты — фонтанды ұңғы моделіне қалыптасқан өнім алу тәсілі бойынша зерттеу жүргізіп, өнімділік коэффициентін анықтау. Ұңғы жұмысын «қабат—көтергіш» жүйесі ретінде қарастырып, оның жұмыс режимін анықтау.

Фонтанды ұңғыны моделдеу ерекшелігі

Қабат қысымы өнім алу зонасындағы қанығу қысымынан кіші болғанда (14-ші сурет) және көтергіш құбырлар колоннасы фильтрдің жоғарғы нүктесіне дейін түсірілгенде ($L_c = L_n$) бұл қондырғы фонтанды ұңғы жұмысын моделдеуге мүмкіндік береді. Бұл модельде фонтанды ұңғы көтергіші ретінде құбыр алынады, өнімді қабат моделі ретінде арынды құбырлар жиынтығы 5 мен ауа шығаратын линия 13 алынады.

Фонтанды ұңғы жұмыс жасағын кезде суды ағызу (вентиль 12) мен газ жіберуді (вентиль 3) реттеу жүргізілмейді. Ұңғының жұмыс режимін өзгерту мен оны тоқтату вентиль 4 арқылы іске асады. Ұңғы жұмыс жасамаған кезде, арынды құбырға үнемі сұйықтықтың келуі салдарынан және құбырдың төменгі бөлігінде ашық тұрған вентиль 7 арқылы ағып кетуінің салдарынан арынды құбырда сұйықтықтың статикалық деңгейі қалыптасады.

Көтергіш жұмыс жасап тұрған кезде арынды құбырдан сұйықтық алу көлемі артып, бұл динамикалық деңгейі мен түп қысымның төмендеуіне әкеп соқтырады.



14-ші сурет. Фонтанды ұңғы сызбасы

Ұңғының тәуліктік өнімі неғұрлым көп болса, соғұрлым түп қысым аз болады. Вентиль 7 ашып қойғандықтан деңгейдің төмендеуімен қатар сұйықтық шығыны да азаяды.

Фонтанды ұңғының нормаль жұмысын қамтамасыз ету үшін тәулік өнім ұңғының максималь өнімділігінен асып түсуі қажет, ал арынды құбырдан сұйықтықты ағызуды статикалық деңгейді 15-18 м ($P_1 = P_{пл} \approx 0,15 \div 0,18$ МПа) аралығын ұстау арқылы реттеу қажет.

Қысқаша теория

Қалыптасқан өнім алу тәсілімен ұңғыны зерттеуді ұңғының өнімділік коэффициентін анықтау үшін қолданады, сондай-ақ фильтрация үрдісі қалыптасқан кезде қабаттың фильтрациялық қасиеттерін анықтау үшін қолданады. Ағыс сұйықтығы (тәуліктік өнім) мен түп қысым немесе депрессия, яғни $q = f(P_{зат})$ немесе $q = f(P_{пл} - P_{зат})$ қалыптасқан фильтрация теңдеуі боп табылады. Фильтрация үрдісі қалыптасқан жағдайда ағыс теңдеуі сызықтық заңға сәйкес мына түрге ие:

$$q = C (P_{пл} - P_{зат}) \quad (5.1)$$

мұндағы C – ұңғының өнімділік коэффициенті;

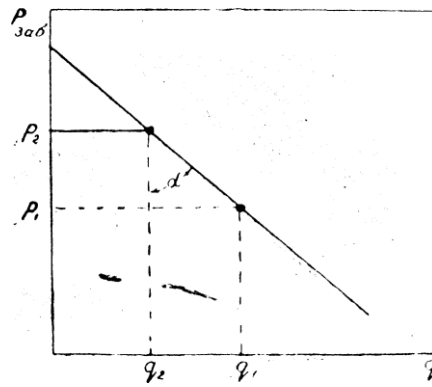
Егер тәуліктік өнім м³/с өлшенсе, ал қысым Па-мен, онда (5.1) теңдеуінен

$$C = q / P_{пл} - P_{зат}, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{Па} \quad (5.2)$$

Яғни өнімділік коэффициенті депрессия бірлігіне келетін ағысты сипаттайды. $q = f(P_{пл} - P_{зат})$ немесе $q = f(P_{зат})$ байланысының графикалық көрінісі индикаторлық сызық (15-ші сурет) түрінде берілген. Зерттеу былай жүргізіледі. Ұңғының қалыптасқан жұмыс режимінде, оның тәуліктік өнімі мен оған сәйкес түп қысым өлшенеді. Содан кейін ұңғының жұмыс режимі өзгертіліп, қайта өлшеу жұмыстар жүргізіледі. Зерттеу кем дегенде 3-4 режимде жүргізіледі. Егер индикаторлық сызық $q = f(P_{зат})$ байланысында тұрғызылса, онда өнімділік коэффициенті былай анықталады:

$$C = q_1 - q_2 / P_{заб2} - P_{заб1} \quad (5.3)$$

(5.1) теңдеуі мен оған сәйкес индикаторлық сызық қабат жұмысының сипаттамасы боп табылады. Қалыптасқан режимде жұмыс жасайтын ұңғы екі мүшеден: қабат пен көтергіштен құралған, жұмыс заңдылығы әртүрлі гидродинамикалық жүйені құрайды. Ұңғының қалыптасқан жұмыс шарты деп қабаттан алған және көтергіштен жоғары шығарған сұйықтық шығындарының теңдігін алады.

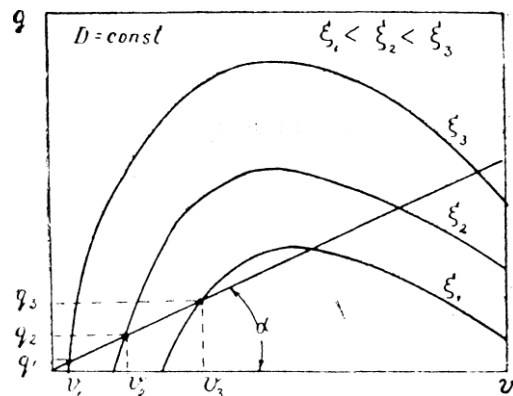


15-ші сурет. Ұңғының тәуліктік өнімінің қысымен байланысы (индикаторлық сызық).

Айталық, көтергіш өнімділігі қабат өнімділігінен жоғары болса. Онда көтергіш арқылы көтерілетін сұйықтық көлемі қабаттан келетін сұйықтық көлемі мен деңгейдің төмендеуі нәтижесінде қабаттан келетін сұйықтық ағысы көбейеді. Бірақ көтергіш түбіндегі қысымның азаюы оның өнімділігін төмендетеді. Сондықтан, қабат пен көтергіш жұмыстарын сәйкестендіруде ағысты көбейту көзделіп отыр.

“Қабат – көтергіш” жүйесінің қалыптасқан жұмысының шарты – саға қысымы P_y берілген, газ факторы тұрақты және қабат пен көтергіштің тәуліктік өнімдері бірдей болады. Қысымды анықтау үшін $q=f(P_0)$ координатасында көтергіштің қисық сипаттамасын тұрғызу қажет.

Ол үшін салыстырмалы батудың әртүрлі мәнінен тұрғызылған $q=f(V)$ қисығын қолданамыз. Координата басынан бұрыштық коэффициент α бұрышымен түзу жүргіземіз (16-шы сурет). Нәтижесінде көтергіштік мүмкін өнімін (q_1, q_2, q_3) $R=const$ болғанда аламыз.

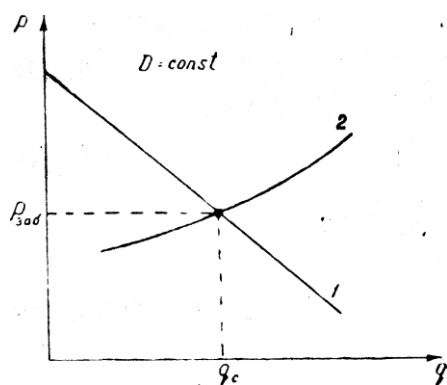


16-ші сурет. Көтергіш сипаттамасы.

Сағадағы P_y қысым мәндерін қоя отырып, сол өнімге сәйкес түштегі қысымды анықтаймыз.

$$P_{0i} = P_y + \xi g L_n \quad (5.4)$$

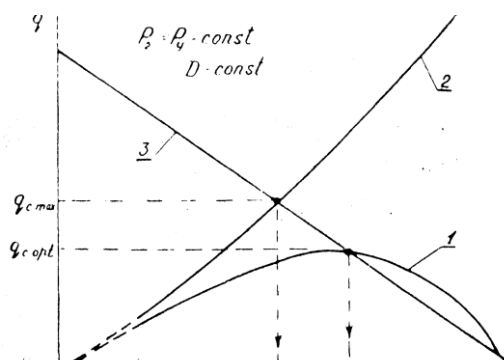
q -р координата жазықтығында индикаторлық сызықты тұрғызамыз (17-ші сурет).



17-ші сурет. Фонтанды ұңғының жұмыс режимін қалпына келтіру: 1- қабат жұмысының сипаттамасы, 2- $P_y = \text{const}$ болғандағы көтергіш жұмысының сипаттамасы.

Координаталардың қиылысу нүктесі фонтанды ұңғы жұмысының іздеп отырған режимін сипаттайды. Газ факторы мен сағадағы қысымының басқа мәндері үшін де осылай жұмыс режимі белгіленеді.

Қабат пен көтергіштің біріккен жұмысында максималь және қолайлы режимдерде түп қысым мен оған сәйкес ұңғының тәуліктік өнімін анықтау үшін есептеу нәтижесі ((1.7), (1.10) формуласы) немесе көтергішті зерттеу нәтижесі бойынша тұрғызылған байланысты (9-шы сурет) қолданады. (6.4) формуласын қолданып, (q, P_0) координаталарында байланыс тұрғызып, индикаторлық сызықпен байланыстырады (18-ші сурет), 1-ші және 2-ші сызықпен 3-ші индикаторлық сызықтық қиылысу нүктелер координатасы ұңғының іздеп отырған жұмыс режимін береді және сәйкесінше берілген саға қысымы мен көтергіш диаметрінде ұңғыны пайдаланудың тиімді облысын көрсетеді.



18-ші сурет. Көтергіш пен қабаттың біріккен жұмыс шарттарын анықтау: 1- көтергіштің қолайлы өнімі мен қысым арасындағы байланыс $q_{\text{opt}}=f(p)$; 2- көтергіштің максималь өнімі мен қысым арасындағы байланыс $q_{\text{max}}=f(p)$; 3- индикаторлық сызық.

Жұмысты жүргізу тәртібі

1. 11-ші және 12-ші типті кесте тұрғызу
2. Қондырғыда фонтанды ұңғыны модельдеу принципімен танысу (5-ші сурет)

3. Вентильді 7 ашу (5-ші сурет)
4. Судың құйылуын қамтамасыз етіп (вентиль 12), статикалық деңгейді 15-18 м. жеткізу ($P_1 = P_{пл} = 0,15 - 0,18$ МПа)
5. Ұңғыны іске қосып, оның қалыптасқан жұмыс режимін орнату
6. Ұңғының жұмыс көрсеткіштерін (тәуліктік өнім, түп қысым) өлшем 11 кестеге толтыру. Тәуліктік өнімнің нақты мәнін алу үшін әрбір режимде 3 өлшеу қажет.
7. Вентиль 4 бағытын өзгертіп, ұңғы жұмысын біртіндеп 2-ші және 3-ші режимге ауыстыру.
8. 6-шы пункте қарастырылғандай, әрбір режимде операцияларды орындау.

Тәжірибе нәтижесін өңдеу.

1. Қалыптасқан әрбір режимнің тәуліктік өнімін өлшеп, оның шынайы мәніне тең орташа мәнін алады.
2. Түп қысымды бөліктерден P_a -ға ауыстырады

$$P_{заб} = C \cdot P_{заб}, \text{ Па}$$
 мұндағы $P_{зат}$ – бөліктерден тұратын түп қысым,
 c – бөліктер бағасы, Па/бөл.
3. Берілген тәуліктік өнім мен оған сәйкес түп қысым арқылы индикаторлық сызық (15-ші сурет) тұрғызамыз.
4. Индикаторлық сызықтан екі нүктені алып, олардың координаталарын анықтап, өнімділік коэффициентін есептеу (6.3 форма).
5. 2-ші жұмыстың берілгені бойынша $\xi = 0,2; 0,3; 0,2$ көтергіш жұмысының қисық $q=f(V)$ сипаттамасын тұрғызу.
6. Ұңғының газ факторы R беріліп, координата басынан $R = \text{tg}$ бұрыштық коэффициентпен түзу жүргізіледі.
7. Көтергіш өнімділігін сәйкесінше ξ және $R = \text{const}$ мәндерінде анықтап, 12-ші кестеге толтыру.
8. Саға қысымы беріліп, (6.4) бойынша түптегі P_6 қысымды анықтау.
9. q -р координатасында индикаторлық сызық пен көтергіш жұмысының $q=f(P_6)$ қисық сипаттамасын тұрғызу (17-ші сурет).
10. Ұңғы жұмысының қаныққан режимдегі көрсеткіштерін анықтап, 14-ші кестеге толтыру.
11. q -р координатасында $q_{opt} = f(P)$ және $q_{max} = f(P)$ байланысында индикаторлық сызықты тұрғызу (18-ші сурет).
12. Көтергіштің қолайлы және максималь өнімділігінде ұңғының жұмыс режимін анықтау.
13. 10-шы пункте анықталғандай ұңғының режимдегі тиімді жұмыс бағалау.

5-ші жұмысқа бақылау сұрақтар.

1. Зертханалық қондырғыда фонтанды ұңғысы модельдеу қалай жүзеге асады? (5-ші сурет)
2. Ұңғының өнімділік коэффициенті туралы түсінік және оны анықтау.
3. Қабат пен көтергіштің біріккен жұмыс шарты қандай?

4. Ұңғының жұмыс режимі қалай анықталады?

Фонтанды ұңғыны зерттеу нәтижесі

11-ші кесте

Режим номері	Түп қысым $P_{заб}, Па$	Ұңғының тәуліктік өнімі			тәуліктік өнімнің орташа мәні, $q м^3/с$
		алынған сұйықтық көлемі $Q, м^3$	алу уақыты $z, с$	тәуліктік өнім $q, м^3/с$	
I					
II					
III					

Ұңғының жұмыс режимін қалыптастыру нәтижесі

12-ші кесте

Көтергіш жұмысының көрсеткіштері			қабат-көтергіш жүйесінің біріккен жұмысының көрсеткіштері		
Сағадағы қысым		Газ факторы		Түптегі қысым $P_{заб} = \dots, МПа$	Ұңғының тәуліктік өнімі $Q_c = \dots, м^3/с$
$P_v = \dots, МПа$		$R = \dots, м^3/м^3$			
көтергіш өнімі	Салыстырмалы бату	Түптегі қысым			
$q_i, м^3/с$	ξ_i	$P_{бi} = \dots, МПа$			

6-шы жұмыс

Газлифт ұңғыларын зерттеу.

Жұмыстың мақсаты – газлифт ұңғысының моделінде оны қалыптасқан өнімді алу тәсілімен зерттеп, индикаторлық сызықты алып өнімділік коэффициентін анықтау.

Газлифт ұңғысын модельдеу ерекшелігі.

Жұмыстың мақсаты – газлифт ұңғысының моделінде оны қалыптасқан өнімді алу тәсілімен зерттеп, индикаторлық сызықты алып, өнімділік коэффициентін анықтау.

Газлифт ұңғысын модельдеу ерекшелігі.

Зертханалық қондырғыда (5-ші сурет) бір қатарлы көтергішті газлифт ұңғысы модельденген (19-ші сурет). Көтергіш құбырмен 1 сақиналы кеңістік – ауа жүретін сызықпен 13, өнімді қабат – арынды құбырмен 5 модельденген. Газлифт ұңғысының жұмыс режимін сол жақтағы 3 пен вентиль 4-ші лаборант орнатып, жұмыс барысын өзгертпейді, сол жақтағы вентильді 3 жауып қойғанда газлифт ұңғысы жұмыс жасамайды. 1-ші және 5-ші құбырларда статикалық деңгей қалыптасады. Фонтанды ұңғыны модельдеудегідей, өнімнің тәуліктік өнімі газлифт ұңғысының максимал өнімділігінен артық болуы қажет. Ал төменгі ағызу задвижканы 7 қабат қысымының мәнін 0,15 МПа-ға келтіру арқылы реттеу. Сол жақтағы вентильді 3 ашу арқылы газлифт ұңғысын іске қосамыз. Сол арқылы оның жұмыс режимін өзгертеміз.

Қысқаша теория

Жұмыс жасап тұрған ұңғыларды, әсіресе меншікті газ шығыны үлкен ұңғыларда манометрді түсіру қиындығына байланысты газлифт ұңғыларын терең манометрлер көмегімен зерттеуде қиыншылықтар туады. Сондықтан, бұл ұңғыларды зерттегенде терең манометрлерде қолданбайды, ал зерттеу мақсаты өнімділік коэффициенті мен қабат түбі мақының қасиетін анықтау.

Келесі газлифт ұңғысын зерттеу тәсілінің кеңінен тараған түрі. Ұңғының жұмыс режимін жұмысшы агент шығынын өзгерту арқылы өзгертеді. Зерттеу нәтижесі бойынша ұңғының тәуліктік өнімі q мен жұмысшы қысым P_p және айдалатын газ шығының арасында байланыс тұрғызылады (20-шы сурет). Айта кететін жайт, $q=f(v)$ қисық байланысы газдысұйық көтергішінің қисық сипаттамасы бола алмайды, өйткені көтергіштің тәуліктік өнімін өзгерту мақсатында газ шығын өзгерткенде, біз қабаттық тәуліктік өнімін де өзгертеміз, сәйкесінше, динамикалық деңгейде, сұйықтықты көтеру кететін энергия шығыны да өзгереді. Зерттеу нәтижесінде алынған $q=f(v)$ қисығы “қабат – көтергіш” жүйесінің жұмысын сипаттайды. Зерттеу мәліметтерін өңдеу үшін Дарси-Вейсбах теңдеуі қолданылады. Газ жылдамдығы мен оның тығыздығы орташа қысымда $(P_p+P_6/2)$ алынады, ал гидравликалық кедергі коэффициенті Вейсбах бойынша $(\lambda=0,0094 / D^{1/3})$ алынады.

Газ шығыны былай анықталады:

$$V=AD \cdot 2,66 \sqrt{P_p^2 - P_6^2}/L_n \quad (6.1)$$

Мұндағы P_6 – көтергіш түбіндегі қысым.

D – сақиналы кеңістіктің түбіндегі эквивалент диаметрі.

A – жұмысшы агент тығыздығына байланысты тұрақты коэффициент.

(6.1) теңдеуінде $m= L_n/ (AD \cdot 2,66)^2$ тең деп алсақ, онда зерттеу нәтижесін өңдеу формула шығады:

$$v_m^2 = P_p^2 - P_6^2 \quad (6.2)$$

Зерттеу графигін тұрғызғаннан кейін (20-шы сурет) тәуліктік өнімі бірдей екі режимді (графикте 1-ші және 2-ші нүктелер) аламыз. Осы әрбір режимдер үшін (6.2) теңдеуін жазамыз. Тәуліктік өнім бірдей болғанда көтергіш түбіндегі қысым да бірдей ($P_{б1}=P_{б2}$) болатынын ескеріп, коэффициент анықтайтын формуланы аламыз:

$$m = P_{p2}^2 - P_{p1}^2 / V_2^2 - V_1^2 \quad (6.3)$$

Зерттеу графигінен P_{p1} , P_{p2} , V_2 , V_1 мәнін анықтап, ұңғының кез-келген жұмыс режимінде көтергіш түбіндегі қысымды анықтаймыз.

$$P_{б} = \sqrt{P_p^2 - V^2 \cdot m} \quad (6.4)$$

көтергіш түбіндегі қысымды біле отырып, түп қысымды анықтауға болады:

$$P_{заб} = P_{б} + \rho g(L_c - H_{вг}) + P_{тп} \quad (6.5)$$

Мұндағы L_c – ұңғы тереңдігі, $H_{вг}$ – жұмысшы агентті енгізу тереңдігі ($H_{вг}=H_{нкт}=L_n$)

Өнеркәсіп жағдайында есептеуде (6.5) теңдеуінің соңғы екі мүшесін қиыншылықтарға байланысты олардан ескермеуге тырысады. Қоспа ұңғы түбінен көтергіш түбіне қозғалғанда қоспадағы еркін газ саны көп емес, сондықтан газлифт ұңғысының жұмыс режимі өзгергенде соңғы екі қосынды мәне айтарлықтай өзгермейді. Осыған байланысты $q=f(P_{заб})$ және $q=f(P_{б})$ координаталарында тұрғызылған индикатор сызық бағыты мен формасы бірдей болады. Ұңғының өнімділік коэффициенті мен түп маңы зонасының қасиетін индикаторлық сызықтың (15-ші сурет) бұрыштың коэффициентінің мәні арқылы анықтайды. Сондықтан, газлифт ұңғыларын зерттеуде көбінесе индикаторлық сызықтарды $q=f(P_{б})$ координатарында тұрғызады.

Жұмысты орындау тәртібі

1. 13-ші типті кестені дайындау.
2. Ұңғының біртіндеп бірнеше қалыптасқан жұмыс режимін орнату.
3. Әрбір қалыптасқан жұмыс режимінде: жұмысшы қысымды, су мен ауа шығындарын өлшеу нәтижесін 13-ші кестенің сол бөлігіне жазу.

Тәжірибе нәтижесін өңдеу

1. Зерттелген қалыптасқан режимдерде ұңғының тәуліктік өнімімен газ шығын анықтау (15-ші кесте).
2. Жұмысшы қысымының өлшем бірлігін, яғни бөліктерді P_a -ға ауыстыру (2-ші пунктке сәйкес), 5-ші жұмыс).
3. 15-ші кесте бойынша $q=f(V)$ және $P_p=f(V)$ арасында байланыс тұрғызу, (20-шы сурет).
4. 20-шы сурет байланысын және (6.3) формуласын қолданып, m коэффициентін анықтау.

5. q -ң үш мәнін графиктен алып (20-шы сурет), оған сәйкес P_6 және V мәндерін табу.
6. (6.4) формула бойынша P_6 көтергіш түбіндегі қысымды есептеу.
7. $q=f(P_6)$ координатасында индикаторлық сызықты тұрғызу (15-ші сурет).
8. (5.3) формуласына сәйкес ұңғының өнімділік коэффициентін анықтау.

Газлифт ұңғысын зерттеу нәтижесі

13-ші кесте

Режим №	Эксперимент нәтижесі					Есептеу нәтижесі		
	Жұмыс қысымы P_p	Су шығыны		Ауа шығыны		Жұмыс қысымы P_p, P_a	Ұңғының тәуліктік өнімі $q, м$	Ауа шығыны $V, м/с$
		$Q, л$	$z, с$	$V, л$	$z, с$			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

6-шы жұмыстың бақылау сұрақтары

1. Пайдалану ұңғыларының газлифт тәсіліне түсінік беру.
2. Зертханалық қондырғыда газлифт ұңғысын модельдеу қалай жүзеге асады?
3. Газлифт ұңғысын қалыптасқан өнімді алу тәсілімен зерттеу технологиясы қандай?
4. Газдысұйық көтергішінің $q=f(V)$ қисығының газлифт ұңғысының қисығынан принципіальды өзгешілігі неде?
5. Газлифт ұңғыларын зерттеу нәтижесі бойынша тұрғызылған $q=f(V)$ байланысы қандай мақсатпен тұрғызылады?

Әдебиеттер

Басты әдебиеттер:

1. Кассандрова О.К., Лебедев В.В. Зерттеу нәтижесін өңдеу. – М.: Ғылым, 1970, - 103 б.
2. Мұнай өндіру техникасы мен технологиясы бойынша есептер жинағы. М.: Недра, 1984 – 271 б.
3. Шуров В.И. Мұнай өндіру техникасы мен технологиясы. – М.: Недра, 1983. – 510 б.
4. Амелин И.Д., Андриасов Р.С. және басқалар. Мұнайлы және газды кенорындарды игеру технологиясы мен пайдалану. М.: Недра, 1978. – 356 б.

Қосымша әдебиеттер:

5. Мамаев В.А. Құбырларда газдысұйық қоспасының қозғалысы. – М.: Недра, 1978. – 270 б.
6. Деденко Л.Г., Керженцев В.В. Эксперимент нәтижесін математикалық өңдеу мен дайындау. М.: ММУ, 1977. – 110 б.
7. Кутателадзе С.С., Стырикови М.А. Газдысұйық жүйесінің гидродинамикасы. – М.: Энергия, 1976 – 295 б.
8. Муравьев И.М., Репин Н.И. Ұңғыда көп компонентті қоспа қозғалысын зерттеу. – М.: Недра, 1972. – 208 б.
9. Порало Л.В. Ауа – газды сұйықтық көтергіші. М.: Машинажасау, 1969 – 160 б.

Пішімі 60x84 1/12
Көлемі 51 бет 4,25 шартты баспа табағы
Таралымы 20 дана.
Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ
Редакциялық - баспа бөлімінде басылды.
Ақтау қаласы, 32 ш/а.