

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ Ш.ЕСЕНОВ атындағы КАСПИЙ МЕМЛЕКЕТТІК
ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ИНЖИНИРИНГ УНИВЕРСИТЕТІ**

«МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ» ИНСТИТУТЫ

«ЭНЕРГЕТИКА» КАФЕДРАСЫ

**ЖҰМАҒАЛИЕВА Ж.С.
ГУСМАНОВА О.М.**

**050708-«МҰНАЙ-ГАЗ ІСІ» МАМАНДЫҒЫНА
«ЖАЛПЫ ГИДРАВЛИКА» ПӘНІНЕН ПРАКТИКАЛЫҚ САБАҚТАР
ӨТКІЗУГЕ АРНАЛҒАН ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУ**

АҚТАУ 2011

ӘОЖ 536.24.02

Құрастырушылар: «Энергетика» кафедрасының оқытушысы
Жұмағалиева Ж.С., аға оқытушы Гусманова О.М.
050708-«Мұнай-газ ісі» мамандығына «Жалпы гидравлика» пәнінен
практикалық сабақтар өткізуге арналған әдістемелік нұсқау. Ақтау: КМТЖИУ,
2011жыл, 23 бет.

Пікір жазушы:
Т.ғ.д., профессор

Айтқұлов А.У.

Әдістемелік нұсқау тақырыптар атауларынан, негізгі сұрақтардан, есептер мен шығарылу жолдарынан, әдістемелік нұсқаулардан және әдебиеттер тізімімен тұрады. Бұл нұсқауды 050708- «Мұнай-газ ісі» мамандығында оқитын студенттер пайдалана алады.

Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және
инжиниринг университетінің Оқу әдістемелік кеңесінің шешімімен ұсынылды

©Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ, 2011 ж.

Алғы сөз

Гидравлика сұйықтың қозғалысы мен тыныштық күйінің заңдылықтарын зерттейтін және оларды инженерлік практикада пайдаланудың төте әдістерін қарастыратын техникалық ғылым.

Гидравлика –қолданбалы ғылым. Болашақ инженер сұйықтың тыныштық күйінің,оның қарапайым қозғалыстарының теңдеулерін құра алуы және оны шеше білуі шарт. Сонымен қатар сол алған білімін практикада, іс жүзінде пайдалана білуі тиіс.

Әдістемелік нұсқау 050708-«Мұнай – газ ісі» мамандығы үшін практикалық сабақ өткізуге арналған.

Сабақ №1. Кіріспе.

Сабақтың мақсаты: Механикалық және физикалық сипаттамалардың негізгі шамаларын анықтау. Гидростатикалық қысымды анықтау.

Негізгі сұрақтар:

1. Гидравликиның гидромеханикадан ерекшелігі.
2. Гидростатиканың және гидродинамиканың анықтамалары.

Диаметрі $d=0,4$ м және ұзындығы $l=2$ км құбыр желісін гидравликалық сынағанда, құбырдағы су қысымы $7,35$ МПа (75 ат) дейін көтерілді. Бір сағаттан кейін ағып кету әсерінен қысым $6,86$ МПа (70 ат) дейін төмендеді. Құбыр деформациясына қарамай ағып кеткен судың V табу.

Шешуі: Шығын көлеміне тең деформация көлемін анықтаймыз:

$$\Delta V = \beta_v \cdot V \cdot \Delta p \text{ немесе } \Delta V = (V/E) \cdot \Delta p$$

мұндағы: $E=2060 \cdot 10^6$ Н/м² – материалдың серпімділік модулі;

$$V = (\pi \cdot d^2/4) \cdot l - \text{судың бастапқыдағы көлемі};$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 - \text{қысымның төмендеуі.}$$

Формулаға E , V , Δp қойып, аламыз:

$$\Delta V = ((p_1 - p_2) \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l) / 4E = ((7,35 - 6,86) \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 2000) / 4 \cdot 2060 = 0,06 \text{ м}^3.$$

вар №	d, м	l, км	p ₁ , МПа	p ₂ , МПа
1	0,5	2,5	7,35	6,86
2	0,6	3	9,35	8,80
3	0,8	4	10,5	9,5
4	1	5	11,3	10,3
5	1,2	6	12,5	11,3
6	0,5	2,5	7,35	6,86
7	0,6	3	9,35	8,80
8	0,8	4	10,5	9,5
9	1	5	11,3	10,3
10	1,2	6	12,5	11,3

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №2. Тұтас ортаның негізгі сипаттамасы.

Сабақтың мақсаты: Сұйықтың физикалық және механикалық сипаттамаларын анықтау.

Негізгі сұрақтар:

1. Тоқ линиясы, тоқ түрбасы, сулалған периметр

2. Сұйықтың ағысының тәртібі.
3. Рейнольдс саны.

Жылыту қазанына 20°C температурамен 50 м³ су беріледі. Суды 90°C температураға дейін қыздырғанда бұл қазаннан қандай V₁ көлемдегі су шығады?
Шешуі: 90°C температурасындағы су көлемі анықталады:

$$V_1 = V + \Delta V$$

мұндағы: V – 20°C температурасындағы су көлемі;
ΔV – температура ұлғайғандағы көлем.

$$\Delta V = \beta_t \cdot V \cdot \Delta t.$$

Алғашқы формулаға, ΔV қойып, аламыз:

$$V_1 = V(1 + \beta_t \cdot \Delta t) = 50 \cdot (1 + 0,00015 \cdot 70) = 50,53 \text{ м}^3.$$

Коэффициент $\beta_t = 0,00015^\circ\text{C}^{-1}$.

вар №	V, м ³	t ₁ , °C	t ₂ , °C
1	45	22	80
2	55	23	81
3	60	24	82
4	40	25	83
5	30	26	84
6	45	27	85
7	55	28	86
8	60	29	87
9	40	30	88
10	30	31	89

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №3. Сұйықтың кинематикасы мен динамикасының негізгі түсінігі.

Сабақтың мақсаты: Сұйық ағысының тәртібін анықтау. Рейнольдс санын қолдану.

Негізгі сұрақтар:

1. Тоқ линиясы, ток тұрбасы, суалған периметр.
2. Сұйықтың ағысының тәртібі.
3. Рейнольдс саны.

Арынды резервуарға суды айдайтын ортадан тепкіш сораптың жұмыс жасату қуатын анықтау. Сорылудың геометриялық биіктігі H_г=5м, айдау

биіктігі $H_H=25$ м. Резервуарда артық қысым $P_H=117,7$ кПа ұсталады. Сорап өнімділігі $Q=0,1$ м³/с, оның пайдалы әрекет коэффициенті $\eta=0,8$.

Шешуі: Сораптың қолданатын қуатын мына формула бойынша анықталады:

$$N = (\gamma \cdot Q \cdot H) / 10\eta \text{ (кВт)}.$$

$$Z_1 + P_1/\gamma + u_1^2/2g = Z_2 + P_2/\gamma + u_2^2/2g - H$$

Егер $Z_1=0$, $P_1= P_a$, $Z_2= H_T - H_H$, $P_2= P_a - P_H$ жағдайын ескере отырып және $u_1^2/2g$ және $u_2^2/2g$ қысым жылдамдығының төмендігіне қарамай, аламыз:

$$P_a/\gamma = H_T + H_H + (P_a - P_H)/\gamma - H,$$

Осыдағы $H = H_T + H_H + P_H/\gamma$.

Алғашқы формулаға қоя отырып, аламыз:

$$N = (\gamma \cdot Q / 10\eta) \cdot (H_T + H_H + P_H/\gamma) = 9810 \cdot 0,1 / 100,8 \cdot (5 + 25 + 117500/9810) = 51,5 \text{ кВт}.$$

вар №	H, м	H _H , м	p _H , МПа	Q, м ³ /с
1	0,5	2,5	7,35	6,86
2	0,6	3	9,35	8,80
3	0,8	4	10,5	9,5
4	1	5	11,3	10,3
5	1,2	6	12,5	11,3
6	0,5	2,5	7,35	6,86
7	0,6	3	9,35	8,80
8	0,8	4	10,5	9,5
9	1	5	11,3	10,3
10	1,2	6	12,5	11,3

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №4 Гидростатика негізі.

Сабақтың мақсаты: Тыныштық күйдегі сұйықтың қысымын анықтау.

Негізгі сұрақтар:

1. Гидростатиканың негізгі теңдеулері.
2. Сұйықтың тегіс қабырғаға қысымының теңдеуі.
3. Сұйықтың қисық сызықты қабырғаға қысымының теңдеуі.

Вентури су өлшегіші арқылы өтетін дифференциалді манометр көрсеткіштің айырымдарының деңгейі $h_{рт} = 0,6$ м, гидравликалық кедергіге қарамай судың теориялық шығынын анықтау.

$$\text{Шешуі: } Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_{pm} \cdot \delta_{pm}}{\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1}} = \frac{3.14 \cdot 0.2^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 0.6 \cdot \delta_{13.6}}{\left(\frac{0.2}{0.1}\right)^4 - 1}} = 0.1 \text{ м}^3/\text{с}$$

вар №	$h_{pm}, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$d, \text{ м}$
1	0,5	0,1	0,1
2	0,7	0,3	0,2
3	0,8	0,4	0,3
4	0,9	0,5	0,4
5	1	0,6	0,5
6	0,5	0,1	0,1
7	0,7	0,3	0,2
8	0,8	0,4	0,3
9	0,9	0,5	0,4
10	1	0,6	0,5

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №5. Тұтас ортадағы негізгі механика теоремасын қолдану.

Сабақтың мақсаты: Бернулли теңдеулерін мысалдарда қолдану.

Негізгі сұрақтар:

1. Идеал сұйық үшін Бернулли теңдеуі.
2. Шынайы сұйық үшін Бернулли теңдеуі.
3. Кризистік нүктенің параметрлерін анықтау.

$t=20^\circ\text{C}$ температурамен $d=0,1$ м диаметрлі құбырдан $G=9$ тс/сағ мөлшерлі су ағады. Егер сол құбырдан Энглер градусымен тұтқырлығы $T=10^\circ\text{E}$, $\gamma_n = 8830 \frac{\text{H}}{\text{м}^3}$ көлемдік салмақпен, сондай шығынмен мұнайды өткізсе онда қозғалыс сипаттамасы қалай өзгереді.

Шешуі: Қозғалыс тәртібін шығару үшін Re формула бойынша табамыз:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu}, \text{Re} = \frac{4Q}{\pi \cdot d \cdot \nu}$$

Секундтық көлем шығынын табамыз: $Q = \frac{G_q}{3600 \cdot \gamma_n}$.

Алғашқы формулаға қойып, су үшін Re:

$$Re_B = \frac{G_q}{900 \cdot d \cdot \nu \cdot \gamma_B} = \frac{88290}{900 \cdot 0.1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot 9810} = 10^5 > Re_{кр.В} = 4500.$$

Сондай шығынды мұнай ағысының қозғалыс тәртібі ламинарлы. Мұнай тұтқырлығының кинетикалық коэффициент мәні:

$$\nu = \left(0.073^\circ E - \frac{0.0631}{^\circ E} \right) \cdot 10^{-4} = 0.725 \cdot 10^{-4} \frac{M^2}{c}.$$

вар №	G, тс/сағ	t, °C
1	8	15
2	10	25
3	11	30
4	12	35
5	13	40
6	8	15
7	10	25
8	11	30
9	12	35
10	13	40

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабак №6 Құбырдағы сұйықтың ағысы.

Сабак мақсаты: Құбырдағы жылдамдықты анықтау. Кедергі заңдары.

Негізгі сұрақтар:

1. Сұйықтың ламинарлық ағысы кезіндегі жылдамдық формуласы.
2. Ламинарлық ағыстағы максимал жылдамдық.
3. Пуазейль формуласы.
4. Ламинарлы ағыстағы шығын.

Автокөлік радиаторының түтікшесіндегі су ағысының қозғалыс тәртібін анықтау. Түтікшенің тік бұрышты қимасы $S=0,007 \times 0,003$ м. Әр түтікшедегі су шығыны $Q=10,5 \cdot 10^{-6}$ м³/с. Су температурасы $t=20^\circ\text{C}$.

Шешуі: Тік бұрышты қима түтікшесі үшін Рейнольдс санын $Re = \frac{V \cdot R_2}{\nu}$ және

гидравликалық радиусты $R_r = \frac{\omega}{X}$ формулалары бойынша табамыз.

Ағынның тік бұрышты көлденең қимасының ауданы $\omega = b \cdot h$, ал сулалған периметрі $\omega = b \cdot h$ тең.

Шығын тұрақтылығы формуласынан орташа ағын жылдамдығын табамыз:

$$v = \frac{Q}{\omega} \quad \text{немесе} \quad v = \frac{Q}{b \cdot h}.$$

Бастапқы формулаға гидравликалық радиустың және орташа тұтқырлық өрнегін қоя аламыз:

$$Re = \frac{Q}{2(b+h)v} = \frac{10.5 \cdot 10^{-6}}{2(0.007 + 0.003)0.0065 \cdot 10^{-4}} = 796.$$

вар №	$S, a \times b \text{ м}$	$Q \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3/\text{с}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$
1	$0,007 \times 0,003$	9,5	30
2	$0,007 \times 0,004$	11,5	45
3	$0,007 \times 0,005$	12,5	50
4	$0,008 \times 0,006$	13,5	55
5	$0,009 \times 0,006$	14,5	60
6	$0,007 \times 0,003$	9,5	30
7	$0,007 \times 0,004$	11,5	45
8	$0,007 \times 0,005$	12,5	50
9	$0,008 \times 0,006$	13,5	55
10	$0,009 \times 0,006$	14,5	60

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №7. Жергілікті кедергілері бар құбырлардың гидравликалық есебі.

Сабақ мақсаты: Құбырдың жергілікті кедергілері мен ұзындығы бойынша қысым шығынын анықтау.

Негізгі сұрақтар:

1. Вейсбах формуласы.
2. Вейсбах-Дарси формуласы.
3. Жергілікті кедергілердің формасы.
4. Үйкеліс бойынша гидравликалық шығынды анықтау.

Жылдамдығы $v=0,4$ м/с, 20°C температурамен диаметрі $d=0,01$ м, ұзындығы $l=10$ м тегіс құбыр бойымен су ағады. Турбуленттік тәртіппен ұзындығы бойынша қанша рет қысым шығыны болады.

Егер екі тәртіпті сұйықтың қозғалысы деп алатын болсақ, онда құбырдың ұзындығы бойынша қысым шығыны ламинарлыққа карағанда турбулентті тәртіпте қанша рет көбірек болады.

Шешуі: Құбырдың ұзындығы бойынша қысым шығыны ламинарлық және турбулентті тәртіпте анықталады:

$$h_1 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Ламинарлы және турбулентті тәртіпте құбырдың ұзындығы бойынша қысым шығыны:

$$\frac{h_{1(T)}}{h_{1(A)}} = \frac{\lambda_T}{\lambda_E}$$

$v = 0.0101 \cdot 10^{-4} \frac{m^2}{c}$ тең, температурасы $t = 20^\circ C$ судың тұтқырлықты кинетикалық коэффициентін қабылдай, Рейнольдстің санын анықтаймыз

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0.4 \cdot 0.01}{0.0101 \cdot 10^{-4}} = 4000.$$

Өйткені $Re_{кр.л} = 2320 < Re = 4000 < Re_{кр.в} = 4500$, онда мүмкін болатын қозғалыстың екі тәртіпінде ауыспалы аймақ орын алады.

Ламинарлық тәртіпіндегі гидравликалық үйкелес коэффициентін формула: $\lambda_l = \frac{64}{Re}$, ал турбулентті – мына формула бойынша табамыз: $\lambda_T = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$.

Шыққан формуланы алғашқы формулаға қойып, аламыз:

$$\frac{h_{1(T)}}{h_{1(A)}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \cdot \frac{Re}{64} = 0.005 \sqrt[4]{Re^3} = 0.005 \sqrt[4]{4000^3} = 2.5.$$

вар №	d, м	l, км	t, °C	v, м/с
1	0,06	18	30	0,9
2	0,02	12	22	0,5
3	0,03	14	24	0,6
4	0,04	15	26	0,7
5	0,05	17	25	0,8
6	0,06	18	30	0,9
7	0,02	12	22	0,5
8	0,03	14	24	0,6
9	0,04	15	26	0,7
10	0,05	17	25	0,8

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №8 Саптама мен саңылау арқылы сұйықтың өтуі.

Сабақ мақсаты: Жылдамдық, шығын және сығу коэффициенттерін анықтау.

Негізгі сұрақтар:

1. Сығу коэффициенті.
2. Шығын коэффициенті.
3. Жылдамдық коэффициенті.

Орнатусыз және орнатпамен $\alpha=90^\circ$ бұрышқа бұрылу кезіндегі, диаметрі $d=0,025$ м болаттан жасалған құбырдағы су қозғалысының қысым шығынын табу. Екі жергілікті кедергілердің өзара әсерлесуі болмаған кездегі орнатпаның ең аз ұзындығын $l_{\text{ВЛ}}$ табу. Судың температурасы $t=20^\circ\text{C}$ және жылдамдығы $v=5$ м/с. Шешуі: 90° шұғыл бұрылуда тек жергілікті қысым шығындары болады, оны формула бойынша анықтаймыз:

$$P_1 = \gamma \cdot h_\xi = \gamma \cdot \xi_{90} \cdot \frac{v}{2g} = \rho \cdot \xi_{90} \cdot \frac{v^2}{2} = 1000 \cdot 1.2 \cdot \frac{5^2}{2} = 15 \text{кПа}.$$

Орнатпамен жиынтық қысым шығындары формула бойынша анықталады:

$$P_f = \gamma \cdot h_f = \gamma \cdot (h_1 - h_\xi) = \gamma \left(\lambda \frac{l_{\text{ВЛ}}}{d} + 2\xi_{135} \right) \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

$\nu_{20} = 0.01 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ ала отырып, Рейнольдс санын табамыз.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{5 \cdot 0.025}{0.01 \cdot 10^{-4}} = 125 \cdot 10^3.$$

Турбуленттіктің аймағын айқындаймыз. Салыстырмалы кедір-бұдырлық

$$\Delta = \frac{\lambda}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0.025} = 2 \cdot 10^{-3}.$$

$$\lambda = 0.11 \cdot \sqrt[4]{\Delta + \frac{68}{\text{Re}}} = 0.11 \cdot \sqrt[4]{2 \cdot 10^{-3} + \frac{68}{125 \cdot 10^2}} = 0.0248.$$

135° бұрылыстың жергілікті кедергі коэффициентін формула бойынша табамыз:

$$\xi_{135} = \xi_{90} (1 - \cos 135^\circ) = 1.2 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 0.16.$$

135° бұрыш жасап тұрған екі бұрылыс бір-біріне әсер етпейді, егер олардың ара қашықтығы әсер ету ұзындығынан $l_{\text{ВЛ}}$ артық болса.

$$l_{ВЛ} \left(\frac{12}{\sqrt{\lambda}} - 50 \right) \cdot d = \left(\frac{12}{\sqrt{0.0248}} - 50 \right) \cdot 0.025 = 0.65 \text{ м.}$$

λ , ξ_{135} , $l_{ВЛ}$ мәндердін қойып, аламыз:

$$P_f = 1000 \left(0.0248 \frac{0.65}{0.025} + 20.16 \right) \cdot \frac{5^2}{2} = 12 \text{ кПа.}$$

Орнатпа қысым шығынын 1,25 есе төмендетуі мүмкін.

вар №	d, м	α°	t, °C	v, м/с
1	0,02	90	18	3
2	0,03	90	22	7
3	0,035	90	25	10
4	0,04	90	28	13
5	0,045	90	30	15
6	0,02	90	18	3
7	0,03	90	22	7
8	0,035	90	25	10
9	0,04	90	28	13
10	0,045	90	30	15

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №9. Орнатылмаған сұйықтың қозғалысы үшін Бернулли интеграллы.

Сабақ мақсаты: Қысым айырымын анықтау үшін Жуковский формулаларын қолдану.

Негізгі сұрақтар:

1. Жуковский формуласы.
2. Гидравликалық соққы.
3. Қиратушы толқынның жылдамдығының анықтауы.

$Q=0,035 \text{ м}^3/\text{с}$ мөршермен, температурасы $t=20^\circ\text{C}$, $H=9 \text{ м}$ қысыммен суды $L=400 \text{ м}$ қашықтыққа берілуі үшін диаметрі $d_1=0,15 \text{ м}$ және $d_2=0,2$ шойын құбырларын қолдануға болады. Құбырдың абсолютті кедір – бұдырын $A=1,2 \text{ мм}$ ескере отырып, құбыр желісі участогындағы керекті ұзындықты анықтау керек. Егер барлық құбыр желісін $d_1=0,15 \text{ м}$ диаметрмен жасайтын болсақ, онда берілген Q үшін қанша қысым керек болады?

Шешуі: 0-0 салыстыру жазықтығы мен 2-2, С-С қимасы үшін Бернулли теңдеуін құрастырамыз.

$$Z_C + \frac{P_C}{\gamma} + \frac{\alpha_C \cdot v_C^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_f$$

$Z_C=H$, $P_C=P_a$, $v_C=0$, $Z_2=0$, P_a еске ала отырып, аламыз:

$$H = \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + h_f$$

Құбыр желісіндегі қысым шығыны: $h_f = \left(\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \xi_{\text{вх}} \right) \frac{v_1^2}{2g} + \left(\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \xi_{\text{сп}} \right) \frac{v_2^2}{2g}$

v_1 бірінші учасок жылдамдығын v_2 екінші жылдамдық учасогі арқылы өрнектейміз:

$$v_1 = v_2 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

v_1 және h_f алғашқы формулаға қойып, аламыз:

$$H = \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} + \left(\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \xi_{\text{вх}} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 \frac{v_2^2}{2g} + \left(\lambda_2 \frac{l_1}{d_1} + \xi_{\text{вх}} \right) \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} \left[\alpha_2 + \left(\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \xi_{\text{вх}} \right) + \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 + \left(\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \xi_{\text{вх}} \right) \right]$$

$l_2 = L - l_1$ және $v_2 = \frac{4Q}{\pi \cdot d_2^2}$ өрнектей, аламыз:

$$l_1 = \frac{\pi^2 d_2^4 g H}{8Q^2} - \left[1 + \lambda_2 \frac{L}{d_2} + \xi_{\text{вх}} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 + \xi_{\text{вп}} \right] \frac{d_1 \cdot d_2}{\lambda_1 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 d_2 + \lambda_2 d_1}$$

$t=20^\circ\text{C}$ және $v_{20}=0,01 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ ала отырып, үйкеліс коэффициентін шығару үшін Рейнольдс санын табамыз:

$$\text{Re}_1 = \frac{v d_1}{\nu} = \frac{4Q}{\pi \cdot d_1 \cdot \nu} = \frac{4 \cdot 0,035}{3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,01 \cdot 10^{-4}} = 3 \cdot 10^5$$

$$\text{Re}_1 = \frac{4Q}{\pi \cdot d_2 \cdot \nu} = \frac{4 \cdot 0,035}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,01 \cdot 10^{-4}} = 3 \cdot 10^5$$

Құбыр желісінің екі учасогіде толық кедір – бұдыр (шаршы) аумақта жұмыс жасалғандықтан, үйкеліс коэффициентін мына формула арқылы анықталады:

$$\lambda_1 = 0,114 \sqrt{\frac{\Delta}{d_1}} = 0,114 \sqrt{\frac{1,2}{150}} = 0,033, \quad \lambda_1 = 0,114 \sqrt{\frac{1,2}{200}} = 0,027.$$

Құбырға кірістегі $\xi_{\text{вх}} = 0,5$ жергілікті кедергі коэффициентінің сандық мағынасы;

$$\zeta = \left| \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 - 1 \right|^2 = \left| \left(\frac{0,2}{0,15} \right)^2 - 1 \right|^2 = 0,6.$$

Барлық шамалардың сандық мағыналарын қойып, аламыз:

$$l_1 = \frac{3,14^2 \cdot 0,2^4 \cdot 9,81 \cdot 9}{8 \cdot 0,035^2} - \left[1 + 0,027 \frac{400}{0,2} + 0,5 \left(\frac{0,2}{0,15} \right)^4 + 0,6 \right] \frac{0,15 \cdot 0,2}{0,033 \cdot \left(\frac{0,2}{0,15} \right)^4 \cdot 0,2 + 0,027 \cdot 0,15} = 150 \text{ м.}$$

Екінші учасок ұзындығы $l_2 = L - l_1 = 400 - 150 = 250 \text{ м.}$

Егер құбыр желісі $d_1 = 0,15 \text{ м}$ диаметрімен жасалған болса, берілген Q үшін, қоланылатын қысым мынаған тең.

$$H_1 = \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + h_f = \left(\alpha_1 + \lambda_1 \frac{L}{d_1} + \zeta_{\text{вх}} \right) \frac{v_1^2}{2g}$$

$\alpha_1 = 1$, $v_1 = \frac{4Q}{\pi \cdot d_1^2}$ ала отырып, аламыз:

$$H_1 = \left(1 + \lambda_1 \frac{L}{d_1} + \zeta_{\text{вх}} \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 \cdot d_1^4 g} = \left(1 + 0,033 \frac{400}{0,15} + 0,5 \right) \frac{8 \cdot 0,035^2}{3,14^2 \cdot 0,15^4 \cdot 9,81} = 17,5 \text{ м.}$$

вар №	t, °C	Q, м3/с	L, м	H, м	d1, м	d2, м
1	15	0,03	350	8	0,14	0,19
2	25	0,04	450	10	0,16	0,21
3	30	0,045	500	11	0,17	0,22
4	35	0,05	550	12	0,18	0,23
5	40	0,055	600	13	0,19	0,24
6	15	0,03	350	8	0,14	0,19
7	25	0,04	450	10	0,16	0,21
8	30	0,045	500	11	0,17	0,22
9	35	0,05	550	12	0,18	0,23
0	40	0,055	600	13	0,19	0,24

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Сабақ №10 Құбыр желісінің гидравликалық есебі.

Сабақ мақсаты: Күштің жоғалтулары мен шығындарын анықтау.

Негізгі сұрақтар:

1. Қарапайым құбыр желісін қосу.
2. Тізбекті қосылыс үшін жоғалту және шығын.
3. Параллел құбыр желісі үшін жоғалтулары мен шығыны.
4. Тармақты құбыр желісі үшін жоғалтулары мен шығыны.

Есеп №1.

$t=20^{\circ}\text{C}$ температурамен тізбектей жалғанған екі болат құбыр желісі арқылы тұрақты деңгейде сақалатын үлкен ашық А резервуарынан, Б резервуарына су ағады. Резервуардағы деңгейдің түрлілігі $H=2\text{м}$. Құбыр ұзындығы $l_1=20\text{м}$ және $l_2=10\text{м}$, ал олардың диаметрі $d_1=0,2\text{ м}$ және $d_2=0,1\text{м}$. Құбыр желісі арқылы өтетін судың шығынын анықтау.

Шешуі: Шығын мына формула арқылы анықталады:

$$Q = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} v_1 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} v_2.$$

0-0 салыстыру жазықтығы мен 1-1, 2-2 қимасына, құбыр желісінің кез келген участогіндегі жылдамдықты табу үшін Бернулли теңдеуін құрастырамыз.

$$H + \frac{P_a}{\rho g} + 0 = 0 + \frac{P_a}{\rho g} + 0 + h_f \text{ или } H = h_f$$

Құбыр желісіндегі қысым шығынын жазып:

$$h_f = (\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \zeta_{\text{вх}}) \frac{v_1^2}{2g} + (\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \zeta_{\text{вс}} + \zeta_{\text{вых}}) \frac{v_2^2}{2g}$$

v_1 бірінші участок жылдамдығын v_2 екінші жылдамдық участогі арқылы өрнектейміз:

$$v_1 = v_2 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

v_1 бастапқы формулаға қойып, аламыз

$$P = (\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \zeta_{\text{вх}}) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 + (\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \zeta_{\text{вс}} + \zeta_{\text{вых}}) \frac{v_2^2}{2g},$$

Осыдан

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gH}{(\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \zeta_{\text{вк}}) (\frac{d_2}{d_1})^4 + (\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \zeta_{\text{всх}} + \zeta_{\text{вых}})}}$$

Қозғалыстың тәртібі турбуленті деп болжап, орташа мәнмен бірінші жуықтауда $\lambda = 0,04$

Жергілікті кедергі коэффициентінің сандық мағынасы: құбыр кірмесі $\zeta_{\text{вк}} = 0,5$; құбырдан шығу $\zeta_{\text{вых}} = 1$, кенет тарылу $\zeta_{\text{вс}} = 0,5 \left| 1 - \left(\frac{0,1}{0,2} \right)^2 \right|^2 = 0,4$.

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 2}{(0,04 \frac{20}{0,2} + 0,5) \left(\frac{0,1}{0,2} \right)^4 + (0,04 \frac{10}{0,1} + 0,4 + 1)}} = 2,64 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Рейнольдс санын табамыз, егер $v_1 = 2,64 \left(\frac{0,1}{0,2} \right)^2 = 0,66 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

$$\text{Re}_1 = \frac{v d_1}{\nu} = \frac{0,66 \cdot 0,2}{0,01 \cdot 10^{-4}} = 132 \cdot 10^3; \quad \text{Re}_2 = \frac{2,64 \cdot 0,1}{0,01 \cdot 10^{-4}} = 264 \cdot 10^3$$

Құбыр желісінің бірінші участогіндегі гидравликалық үйкеліс коэффициенті формула бойынша анықтаймыз:

$$\lambda_1 = 0,114 \sqrt{\frac{\Delta}{d_1} + \frac{68}{\text{Re}}} = 0,114 \sqrt{0,001 \frac{68}{132 \cdot 10^3}} = 0,02$$

Құбыр желісінің екінші участогіндегі гидравликалық үйкеліс коэффициентін формула бойынша анықтаймыз:

$$\lambda_1 = 0,114 \sqrt{\frac{\Delta}{d_2}} = 0,114 \sqrt{0,002} = 0,05$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 2}{(0,02 \frac{20}{0,2} + 0,5) \left(\frac{0,1}{0,2} \right)^4 + (0,05 \frac{10}{0,1} + 1,4)}} = 2,45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Q = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} v_2 = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} 2,45 = 0,0192 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

вар №	t, °C	H, м	l ₁ , м	l ₂ , м	d ₁ , м	d ₂ , м
1	19	1,4	15	5	0,19	0,09
2	21	2,1	25	15	0,21	0,11
3	22	2,2	30	20	0,22	0,12
4	23	2,3	35	25	0,23	0,13
5	24	2,4	40	30	0,24	0,14
6	19	1,4	15	5	0,19	0,09
7	21	2,1	25	15	0,21	0,11
8	22	2,2	30	20	0,22	0,12
9	23	2,3	35	25	0,23	0,13
0	24	2,4	40	30	0,24	0,14

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Есеп №2.

D=0,3м диаметрлі поршенға G=5 кН күші әсер етеді. Егер поршень қалыңдығы λ=0,05 м, саңылау диаметрі d=0,010 м, цилиндрде t=20°C температуралы су бар деп есептеп, поршеннің қозғалыс жылдамдығын табамыз. Поршеннің цилиндрге үйкеліс күшін ескермей, поршеннің жоғарғы бетіндегі сұйықтықтың қысымын есептемейміз.

Шешуі: Цилиндрдегі поршеннің түсу жылдамдығы формула бойынша анықталады:

$$V_H = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2}$$

Саңылау арқылы судың шығыны формула бойынша анықталады:

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

Егерде α/d=5 болса, онда цилиндрлік саптамасының шығын коэффициенті μ=0,82.

Қатынас өйткені шығынның коэффициенті үшін 105-ші Re яғни өту квадратты аймақта болғанын алатын сыртқы цилиндрлік тұмсығы болады. Ағын квадратты аймақта өтеді, яғни Re>10⁵

Саңылау үстіндегі қысымды формула бойынша табамыз: $H \frac{P}{\gamma}$

мұндағы: P - G күші әсері нәтижесінде поршеньде жасалатын гидростатикалық қысым, $P = \frac{4G}{\pi \cdot D^2}$ тең.

$\gamma = 9810 \frac{H}{\text{м}^3}$ - судың көлемдік салмағы.

H және Q алғашқы формулаға қоя отырып, аламыз:

$$V_H = 2\mu \left(\frac{d}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{2G}{\rho \cdot \pi \cdot D^2}} = 2 \cdot 0,82 \left(\frac{0,01}{0,3}\right)^2 \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,3^2}} = 0,011 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

вар №	D, м	G, кН	t, °C	d, м	α, м
1	0,29	4,9	19	0,009	0,049
2	0,31	5,1	21	0,011	0,051
3	0,32	5,2	22	0,012	0,052
4	0,33	5,3	23	0,013	0,053
5	0,34	5,3	24	0,014	0,054
6	0,29	4,9	19	0,009	0,049
7	0,31	5,1	21	0,011	0,051
8	0,32	5,2	22	0,012	0,052
9	0,33	5,3	23	0,013	0,053
0	0,34	5,3	24	0,014	0,054

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Есеп №3.

Өткір шетті, $d_0 = 0,1$ м диаметрлі саңылауы бар қалқан арқылы екі секцияға бөлінген бак арқылы $Q = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}$ мөлшерде су түседі. Су секциялардан қалқада саңылауды диаметрге тең бол диаметр цилиндрлік тұмсық арқылы шығады. Секциядан су диаметрі, қалқандағы саңылаулар диаметріне тең цилиндрлік саптама арқылы шығады. Қозғалыстың орнатылған күйінде, секциядағы H_1 и H_2 деңгейлері мен орнатпа арқылы шығынды анықтау. $\mu_n = 0,82$ саптама мен $\mu_0 = 0,6$ саңылау шығыны коэффициенттерінің мәндері.

Екі саптамадағы шығын тең болу үшін, сол секциядағы саптаманың диаметрі қалай өзгертілуі керек?

Шешуі: Шығынды формула бойынша анықтаймыз:

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2g(H_1 - 0.35H_1)} + \mu_n \omega \sqrt{2gH_1} = \omega \sqrt{2gH_1} (0.8\mu_0 + \mu_n),$$

Осыдан
$$H_1 = \frac{0.8Q^2}{\pi^2 d^4 g (0.8\mu_0 + \mu_n)^2} = \frac{0.8 \cdot 0.08^2}{3,14^2 \cdot 0,1^4 \cdot 9,81 (0,8 \cdot 0,6 + 0,82)^2} = 3,13 \text{ м}$$

Оң секцияның деңгейі: $H_2 = 0.35H_1 = 1.1 \text{ м}$.

Сол саптама арқылы су шығыны:

$$Q_2 = \mu_n \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2gH_1} = 0,82 \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,1} = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$$

Оң саптама арқылы су шығыны:

$$Q_2 = \mu_n \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2gH_2} = 0,82 \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,1} = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$$

Саптама арқылы шығындар теңдіктерінен ізделіп отырған сол саптаманың диаметрді анықтаймыз:

$$\mu_H \omega_1 \sqrt{2gH_1} = \mu_H \omega_2 \sqrt{2gH_2} \quad \text{немесе} \quad d_1^2 \sqrt{H_1} = d_2^2 \sqrt{H_2},$$

мұндағы $d_1 = d_2 \sqrt[4]{\frac{H_2}{H_1}} = 0.14 \sqrt[4]{\frac{1.1}{3.13}} = 0.077 \text{ м.}$

вар №	Q, м ³ /с	μ ₀	μ _н	d ₀ , м
1	0,07	0,59	0,81	0,09
2	0,09	0,61	0,83	0,11
3	0,1	0,62	0,84	0,12
4	0,11	0,63	0,85	0,13
5	0,12	0,64	0,86	0,14
6	0,07	0,59	0,81	0,09
7	0,09	0,61	0,83	0,11
8	0,1	0,62	0,84	0,12
9	0,11	0,63	0,85	0,13
0	0,12	0,64	0,86	0,14

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Есеп №4

Жартылай шыны түтікшеден жасалған ареометрдің (тығыздық өлшеуіш) астында бөлшек саны бар шарикпен жабдықтаған. Түтікшенің сыртқы диаметрі $d=0,015 \text{ м}$, шариктің диаметрі $D=0,03 \text{ м}$. Егер ареометрдің бату тереңдігі $h=0,35 \text{ м}$, салмағы $G=0,55 \text{ Н}$ болса, онда жанармайдың көлемдік салмағын анықтаймыз.

Шешуі: Жанармайдың көлемдік салмағын Архимед күші мен ареометр салмағы теңдігінің шарты бойынша табамыз.

$$G = P_z = \gamma_\delta \cdot W = \gamma_\delta \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^3}{6} + \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} \right) = \gamma_\delta \cdot \frac{\pi}{2} \left(\frac{D^3}{3} + \frac{d^2 h}{2} \right),$$

$$\text{Осыдан } \gamma_\delta = \frac{2G}{\pi \cdot \left(\frac{D^3}{3} + \frac{d^2 \cdot h}{2} \right)} = \frac{2 \cdot 0.55}{3.14 \cdot \left(\frac{0.03^3}{3} + \frac{0.015^2 \cdot 0.35}{2} \right)} = 7565 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}.$$

вар №	D, м	G, кН	d, м	h, м
1	0,02	0,5	0,01	0,3
2	0,06	0,57	0,02	0,37
3	0,08	0,59	0,025	0,4
4	0,1	0,61	0,03	0,43
5	0,12	0,63	0,035	0,45
6	0,02	0,5	0,01	0,3

7	0,06	0,57	0,02	0,37
8	0,08	0,59	0,025	0,4
9	0,1	0,61	0,03	0,43
0	0,12	0,63	0,035	0,45

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Есеп №5.

Судағы салмағы $G_2=7,36$ Н және ауадағы салмағы $G_1=12,26$ Н тең, қатты дененің көлем салмағын анықтау.

Шешуі: Архимед заңы негізімен:

$$G_1 = G_2 + P_z,$$

$$G_2 = G_1 - P_z = G_1 - \left(1 - \frac{P_z}{G_1}\right)$$

Егер $P_z = \gamma \cdot V_1$ и $G_1 = \gamma_T \cdot V_T$ еске ала отыра, аламыз $G_2 = G_1 \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_T}\right)$,

мұндағы: $\gamma_T = \frac{G_1}{G_1 - G_2} \gamma = \frac{12,26}{12,26 - 7,36} 9810 = -24545 \frac{H}{m^3}$

вар №	G_1, H	G_2, H
1	11,26	6,36
2	14,26	9,36
3	16,26	11,36
4	18,26	13,36
5	20,26	15,36
6	11,26	6,36
7	14,26	9,36
8	16,26	11,36
9	18,26	13,36
0	20,26	15,36

Әдістемелік нұсқаулар:

Есептерді вариант бойынша шығару. Варианттар сынақ кітапшасының соңғы саны бойынша алынады.

Әдебиеттер тізімі

- 1.Альтшуль А.Д., Животовский П.С., Иванов Л.П., Гидравлика и аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1987.
- 2.Тян А.Д. Гидравлика в примерах и задачах. – Алма-ата: Рауан, 1980.
- 3.Чугаев Р.Р. Гидравлика – Л.: Энергоиздат, 1982.
- 4.Яковлева Л.В. Практикум по гидравлике. – М.: Агропромиздат, 1990с.
5. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др.Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник. 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1982. - 423 с.
6. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу: Учеб. Пособие / Некрасов Б.Б., Фатеев И.В., Беленков Ю.А. и др.; Под ред. Б.Б.Некрасова. - М.: Высш.шк., 1989. - 192 с.: ил.
7. Каминер А.А., Яхно О.М. Гидромеханика в инженерной практике. - К.: Техника, 1987. - 175 с.
8. Копырин М.А. Гидравлика и гидравлические машины. - М.: Высшая школа, 1961. - 302 с.
9. Кременецкий Н.Н., Штеренлихт Д.В., Алышев В.М. и др. Гидравлика: Учебник. - М.: Энергия, 1973. - 424 с., с ил.
10. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередат: Учеб. Пособие / Под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1974. - 416 с., с ил.
11. Рабинович Е.З. Гидравлика. 3-е изд., исправл. и перераб. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. 395 с.

Мазмұны

1. Алғы сөз.....	3
2. №1 практикалық сабақ. Кіріспе.....	4
3. №2 практикалық сабақ. Тұтас ортаның негізгі сипаттамасы.....	4
4. №3 практикалық сабақ. Сұйықтың кинематикасы мен динамикасының негізгі түсінігі.....	5
5. №4 практикалық сабақ. Гидростатика негізі.....	6
6. №5 практикалық сабақ. Тұтас ортадағы негізгі механика теоремасын қолдану.....	7
7. №6 практикалық сабақ. Құбырдағы сұйықтың ағысы.....	8
8. №7 практикалық сабақ. Жергілікті кедергілері бар құбырлардың гидравликалық есебі.	9
9. №8 практикалық сабақ. Саптама мен саңылау арқылы сұйықтың өтуі.....	11
10. №9 практикалық сабақ. Орнатылмаған сұйықтың қозғалысы үшін Бернулли интеграллы.	12
11. №10 практикалық сабақ.....	15
12. Әдебиеттер тізімі.....	21

Пішімі 60x84 1/12
Көлемі 23 бет 1,9 шартты баспа табағы
Таралымы 20 дана.
Ш.Есенов атындағы КМТЖИУ
Редакциялық - баспа бөлімінде басылды.
Ақтау қаласы, 32 ш/а.