

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ІШКІ ІСТЕР МИНИСТРЛІГІ ТӨТЕНШЕ
ЖАҒДАЙЛАР КОМИТЕТІ КӨКШЕТАУ ТЕХНИКАЛЫҚ ИНСТИТУТЫ

ӨРТТІҢ АЛДЫН АЛУ КАФЕДРАСЫ

**«Арнайы сумен жабдықтау» пәні бойынша есептер
жинағы**

Көкшетау 2019 жыл

«Арнайы сумен жабдықтау» есептер жинағы пәнінің жұмыс бағдарламасына сәйкес құрастырылған және алты тараудан тұрады. Тараулар бірқатар параграфтарды қамтиды, олардың әрқайсысында теориялық бөлім және еспетердің егжей-тегжейлі шешімдері берілген, барлық қалған параграфтарда есептерге жауаптар көрсетілген.

Жинақта соңғы Мемлекеттік стандарттар мен нормативтерге сәйкес қазіргі заманғы терминология және халықаралық бірлік жүйесі қолданылады.

Есептер жинағы Қазақстан Республикасы ИМ 5В100100 «Өрт қауіпсіздігі» мамандығы бойынша оқу орындарының күндізгі, сырттай және біліктілігін арттыру оқу түрінің курстары мен тыңдаушыларына арналған.

Дайындаған: өрттің алдын алу кафедрасының доценті Құсайынов А.Н., өрттің алдын алу кафедрасының оқытушысы Капбаров Е.Е.

Рецензенттер: Альменбаев М.М. - техника ғылымдарының кандидаты

Қазақстан Республикасы ИМ ТЖК Көкшетау техникалық институтының оқу-әдістемелік кеңесімен баспаға ұсынылды.

№ ____ Хаттама «____» _____ 2019 жыл.

© Қазақстан Республикасы ИМ ТЖК
Көкшетау техникалық институты, 2019 ж.

МАЗМҰНЫ

	Бірінші бөлім. Гидравлика	
1-тарау.	Гидростатика негіздері	
	§ 1. Сұйықтықтың физикалық қасиеттері.	4
	§ 2. Гидростатикалық қысым. Паскаль Заңы.	8
	§ 3. Гидростатикалық қысымның эпюралары. Жазық қабырғаларға гидростатикалық қысымның күші. Архимед Заңы.	12
2-тарау.	Гидродинамика негіздері.	
	§ 4. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар. Ағынның ажырамау теңдеуі.	17
	§ 5. Нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі.	21
3-тарау.	Құбырлар мен өрт жеңдері бойынша сұйықтықтың қозғалысы.	
	§ 6. Ұзындығы бойынша және жергілікті арынның жоғалуы.	26
	§ 7. Гидравликалық соққы.	31
4-тарау.	Тесіктер мен саптамалар арқылы сұйықтықтың ағуы. Өрт сөндіру ағыны.	
	§ 8. Тесіктер мен саптамалар арқылы сұйықтықтың ағуы.	34
	§ 9. Тік және көлбеу ағыстар. Ағын реакциясы.	38
5-тарау.	Сорғы-жеңдік жүйелерді есептеу.	
	§ 10. Сорғылардың негізгі жұмыс параметрлері	41
	§ 11. Элементтерді тізбектей, параллель жалғауда жеңдік жүйелердің басында сорғының қажетті арынын анықтау.	44
	§ 12. Сорғылар мен жеңдік жүйелердің бірлескен жұмысы.	48
	§ 13. Суды қотару кезінде сорғылардың тізбекті жұмысы және лафетті оқпандарға сорғылардың параллель жұмысы.	51
6-тарау.	Екінші бөлім. Өртке қарсы сумен жабдықтау жүйелері. Өнеркәсіптік кәсіпорынның сыртқы су құбырын есептеу.	
	§ 14. Судың есептік шығындарын анықтау.	56
	§ 15. Сыртқы су құбыры желісінің гидравликалық есебі.	58
	§ 16. Қосалқы және арынды-реттеуші сыйымдылықтарды есептеу. Сорғыштарды тандау.	62
Қосымшалар		133
	Әдебиеттер тізімі	175

Бірінші тарау Гидравлика.

Гидравлика тепе-теңдік және сұйықтық қозғалысының заңдарын зерттейтін техникалық ғылым. Гидравлика бөлінеді гидростатикаға, онда тыныштықтағы сұйықтық зерделенеді және гидродинамикаға ол қозғалыстағы сұйықтықты қарастырады. Гидравлика заңдары техниканың көптеген салаларда пайдаланылады, соның ішінде өрт сөндіру ісінде де.

I Тарау. Гидростатика негіздері.

§ I. Сұйықтықтың физикалық қасиеттері.

Сұйықтықтың негізгі физикалық қасиеттері: ағымдылығы, тығыздығы, үлес салмағы, тұтқырлық, сығылу, температуралық кеңеюі.

Сұйықтықтың тығыздығы–сұйықтық салмағының оның көлеміне сандық қатынасына тең физикалық шама.

$$\rho = \frac{m}{W}, \quad (1.1)$$

Мұндағы ρ –сұйықтық тығыздығы, кг/м³; m –сұйықтық массасы, кг; W –сұйықтық көлемі, м³.

Үлес салмағы – сұйықтық салмағының оның көлеміне сандық қатынасына тең физикалық шама.

$$\gamma = \frac{G}{W}, \quad (1.2)$$

мұндағы γ - сұйықтықтың үлес салмағы, Н/м³; G - сұйықтық салмағы, Н.

Сұйықтықтың үлес салмағы γ мен тығыздығы ρ арасында келесі байланыс бар:

$$\gamma = \rho g \quad (1.3)$$

Мұндағы $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - еркін түсу үдеуі.

Өрттүрлі температурадағы су мен кейбір сұйықтықтар үшін ρ және γ мәндері I-Қосымшада көрсетілген.

Тұтқырлық – сұйықтықтың аралас қабаттарының салыстырмалы жылжуына кедергі жасау қасиеті. Тұтқырлығы динамикалық тұтқырлық, μ , Па*с, және кинематикалық тұтқырлық коэффициенттерімен сипатталады, ν м/с. Осы коэффициенттердің арасында тәуелділік болады.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad (1.4)$$

Кейбір сұйықтықтар үшін динамикалық және кинематикалық тұтқырлық коэффициенттерінің мәні II Қосымшада келтірілген.

Сығылу – қысым өзгергенде сұйықтықтың өз көлемін өзгерту қасиеті.

Сығылу β_w көлемдік сығу коэффициентімен сипатталады және келесі формула бойынша анықталады:

$$\beta_w = -\frac{\mu}{\rho} * \frac{\Delta W}{\Delta P}, \quad (1.5)$$

Мұндағы β_w — көлемдік сығылу коэффициенті, 1/Па; W —сұйықтықтың бастапқы көлемі, м³; ΔW —сұйықтық көлемінің өзгеруі, м³; ΔP —қысымның өзгеруі, Па.

Көлемдік сығылу коэффициентіне кері шама K көлемдік серпімділік модулі деп аталады.

Көлемдік серпімділік модулі Па өлшенеді.

$$K = \frac{1}{\beta_w}, \quad (1.6)$$

Көлемдік сығылу коэффициенттері, сұйықтықтардың температурасы мен қысымы өзгерген кезде аз ғана өзгереді. Кейбір сұйықтықтар үшін көлемдік сығулу коэффициенттерінің және серпімділік модульдерінің мәні III-Қосымшада келтірілген.

Температуралық кеңею — сұйықтықтың температурасы өзгеруі кезіндегі көлемін өзгерту қасиеті. Температуралық кеңею температуралық кеңею коэффициентімен β_T сипатталады, ол келесі формуламен анықталады

$$\beta_T = \frac{1}{W} * \frac{\Delta W}{\Delta T}, \quad (1.7)$$

Мұндағы β_T - температуралық кеңею коэффициенті 1 / К ;
 W - сұйықтықтың бастапқы көлемі, м³; ΔW —сұйықтық көлемінің өзгеруі, м³; ΔT —температураның өзгеруі, К.

Кейбір сұйықтықтардың температуралық кеңею коэффициенті 4-Қосымшада көрсетілген .

Есептер:

1.1. Диаметрі 51 мм және ұзындығы 20 м жердегі су массасын анықтау.

Шешімі. Су массасы (1.1.) формуладан анықталады

$$\rho = \frac{m}{W},$$

Судың тығыздығы I қосымша бойынша

$$\rho = 1000 \text{ кг / м}^3$$

Судың көлемі

$$W = \frac{\pi d^2}{4} * l \quad (1.1)$$

Сонда

$$m = 1000 * 0.04084 = 40,84 \text{ кг.}$$

Жауабы: $m = 40,84$ кг.

1.2. Диаметрі 66 мм және 77 мм және ұзындығы 20 м жерлердегі судың салмағын анықтау.

Жауабы: $G_1 = 670,9$ Н; $G_2 = 913,2$ Н.

1.3. Егер мазуттың тығыздығы 920 кг/м³ құраса, цистернадағы көлемі 50 м³ дизель мазутының салмағын анықта.

Жауабы: $m = 4,7 \cdot 10^4$ кг.

1.4. Массасы $20 \cdot 10^3$ кг және тығыздығы 900 кг/м³ мұнайдың қандай көлемге ие болатынын анықтау.

Жауабы: $W = 22,2$ м³.

1.5. Салмағы $17,5 \cdot 10^3$ кг және көлемі 20 м³ мұнай өнімдерінің тығыздығын анықта.

Жауабы: $\rho = 875$ кг/м³.

1.6. Көлемі 20 литр этил спиртінiң салмағын анықта.

Жауабы: $G = 155,5$ Н.

1.7. Диаметрі 2 м цилиндрлі бактағы мазуттың деңгейі 0,5 м төмендеді, Шығындалған мазуттың массасын анықта, егерде температурасы 20°C кезінде тығыздығы 990 кг/м³ тең болса.

Жауабы: $m = 1555,4$ кг.

1.8. Резервуарлардың гидравликалық сыңағы кезінде судың ағуы рұқсат етіледі, ол I тәулік ішінде бір шаршы метр ылғалданған бетіне 3 л. Аспауы керек. I тәулік ішінде судың деңгейі 3,5 м. ден 3,48 м дейін төмендеген жоспардағы өлшемдері 12 x 6 м, тікбұрышты формадағы резервуарды пайдалануға қабылдауға болады. Ағып кеткен судың массасын анықта.

Шешімі: Ағып кеткен судың көлемі

$$\Delta W = \omega_{\text{д.н.}} \cdot \Delta h = 12 \cdot 6 \cdot 0,02 = 1,44 \text{ м}^3.$$

Ағып кеткен судың массасы

$$m = \rho \cdot \Delta W = 1000 \cdot 1,44 = 1440 \text{ кг}$$

Ылғалданған беттің ауданы

$$\omega = \omega_{\text{ст.}} + \omega_{\text{д.н.}} = (12 + 6) \cdot 2 \cdot 3,5 + 12,0 \cdot 6 = 198 \text{ м}^2.$$

Гидравликалық сынақ кезіндегі 1 шаршы метр ылғалданған беттен ағып кеткен су

$$q = \frac{\Delta W}{\omega} = \frac{1,44}{198} = 7,07 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 = 7,07 \text{ л} / \text{м}^2$$

Бұл белгіленген нормадан асып кеткен.

Жауабы: Пайдалануға қабылдауға болмайды, $m = 1440$ кг.

1.9. Бір тәулікте судың деңгейі 5 м ден 4,985 м дейін төмендеген диаметрі 12 м цилиндрлік резервуарды пайдалануға қабылдау мүмкін ба екенін анықтау. Ағып кеткен судың массасын анықтау.

Жауабы: Пайдалануға қабылдауға болмайды, сыдың ағып кетуі $8,15 \text{ л/м}^2$ құрайды; $m = 1696 \text{ кг}$.

1.10. Гидравликалық сынақ нәтижесінде 1 тәулік ішінде диаметрі 18 м цилиндрлі резервуардан ағып кеткен судың массасын анықта. Егерде алғашқы судың деңгейі 3,9 м құраса судың төмендеу деңгейін анықта.

Жауабы: $m = 1414 \text{ кг}$; $\Delta h = 0,0056 \text{ м}$.

1.11. Егерде мұнайдың кинематикалық тұтқырлық коэффициенті $0,624 * 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ болса, динамикалық тұтқырлық коэффициентін анықтау қажет. Мұнайдың тығыздығы 750 кг/м^3 .

Жауабы: $\mu = 4,68 * 10^{-2} \text{ Па} * \text{с}$.

1.12. Ұзындығы 50 м және диаметрі 300 мм өртке қарсы су құбыры атмосфералық қысымда гидравликалық сынақтан өтуге дайындалған. Ондағы артық қысым 5 МПа дейін өсуі үшін су құбырына қанша көлемдегі су берілуі қажет. Су құбырының құбырларының деформациясын елемей.

Шешуі. (1.5.) теңдеуден су құбырына қосымша берілуі қажет судың көлемін анықтаймыз:

$$\Delta W = \beta_w * W * \Delta P$$

Судың көлемдік сығылу коэффициенті

$$\beta_w = 47 * 10^{-11} \text{ 1 / Па}$$

Бастапқы судың көлем

$$W = \frac{\pi d^2}{4} * L = \frac{3,14 * 0,3^2}{4} * 50 = 3,532 \text{ м}^3$$

Сондықтан

$$\Delta W = 47 * 10^{-11} * 3,532 * 5 * 10^6 = 8,3 * 10^{-3} \text{ м}^3$$

Жауабы: $\Delta W = 8,3 \text{ л}$.

1.13. Ұзындығы 200 м және диаметрі 250 мм керосинмен толтырылған технологиялық құбырды гидравликалық сынау кезінде қысым 1,5 МПа дейін көтерілді. 1 сағаттан кейін қысым 1,0 МПа дейін төмендеді. Ағып кеткен керосиннің көлемін анықта. Керосиннің көлемдік сығылу коэффициенті $\beta_w = 80 * 10^{-11} \text{ 1 / Па}$. Құбырдың құбырларының деформациясын елемей.

Жауабы: $\Delta W = 3,92 \text{ л}$.

1.14. Мұнаймен толтырылған технологиялық сыйымдылықтағы манометр 0,5 МПа көрсетті. 40 л. Мұнайды ағызып жібергенде манометр көрсеткіші 0,1 МПа дейін төмендеді. Егерде көлемдік сығылу коэффициенті $\beta_w = 80 * 10^{-11} \text{ 1 / Па}$ болса сыйымдылықтың көлемін анықта.

Жауабы: $W = 125 \text{ м}^3$.

1.15. Диаметрі 5 м вертикаль цилиндрлі резервуарда $1,2 \cdot 10^5$ кг мұнай бар, оның температурасы 0°C тығыздығы 800 кг/м^3 құрайды. Температураның 0°C тан 30°C дейін өзгеруі кезінде мұнай деңгейінің өзгеруін анықта.

Жауабы: $\Delta h = 0,21 \text{ м}$.

1.16. Температураның 10°C тан 35°C дейін өзгеруі кезінде су мұнарасындағы су деңгейінің өзгеруін анықта. Су мұнарасындағы бактың диаметрі 3 м. Бакке 20 м^3 су құйылған. Судың температуралық кеңеюін $2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$ тең деп қабылдау қажет.

Жауабы: $\Delta h = 1,4 \text{ см}$.

1.17. Диаметрі 12 м вертикаль цилиндрлі резервуардағы бензолдың температурасы 10°C кезінде шекті деңгейінің биіктігі 10 м тең. Температура 30°C кезіндегі бензолды қандай деңгейге дейін құюға болатының анықта. Резервуардың кеңеюін елемей.

Жауабы: $h = 9,78 \text{ м}$.

§ 2. Гидростатикалық қысым. Паскаль заңы.

Тыныштық күйіндегі сұйықтық ішіндегі кернеу гидростатикалық қысым деп аталады.

Орташа гидростатикалық қысымды $P_{\text{ср}}$ берілген аудан үшін ΔP күшінің әсерінен болған орташа сығылу кернеуі $\Delta \omega$ деп атайды. Бұл қысымды ΔP мен $\Delta \omega$ бір – біріне қатынасынан анықтауға болады, яғни.

$$P_{\text{ср}} = \frac{\Delta P}{\Delta \omega}, \quad (1.8)$$

$\Delta \omega \rightarrow 0$ кезінде бұл нүктедегі гидравликалық қысым ΔP мен $\Delta \omega$ шекті қатынасы ретінде анықталады, яғни.

$$P = \lim_{\Delta \omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta \omega}, \quad (1.9)$$

Сұйықтықтың кез келген нүктесіндегі абсолюттік гидростатикалық қысым оның бос бетіндегі қысымнан және нүктеден бос бетке дейінгі қашықтыққа тең сұйықтық бағанасының қысымынан қалыптасады (сурет.1.1.). Гидростатиканың негізгі теңдеуі келесідей:

$$P_A = P_0 + \rho g(Z_0 - Z) = P_0 + \rho gh, \quad (1.10)$$

Мұндағы P_A – аталған M нүктесіндегі толық және абсолюттік гидростатикалық қысым; P_0 – бос беттегі қысым; Z – M нүктесінің

координатасы; Z_0 – бос беттің координатасы; ОХ- салыстыру жазықтығы; ρ - сұйықтық тығыздығы; $h = Z_0 - Z$ - М нүкте үстінен сұйықтық қабатының биіктігі.

Егер ыдыс ашық болса, онда P_0 бос бетіндегі қысым атмосфералық қысымға P_a тең болады.

$$P_A = P_a + \rho gh, \quad (1.11)$$

Атмосфералық қысым нүктесіндегі абсолюттік қысымнан асып кеткен шама артық немесе манометриялық қысым деп аталады.

$$P = P_A + P_a = \rho gh, \quad (1.12)$$

Егер сұйықтықтың қандай да бір нүктесінде абсолютті қысым атмосфералық қысымнан аз болса, онда сұйықтықтың жай-күйі вакуум деп аталады. Атмосфералық және абсолютті қысым арасындағы айырмашылық вакуумметриялық қысым P_v деп аталады.

$$P_v = P_a - P_A \quad (1.13)$$

Гидростатиканың негізгі теңдеуінің негізінде Паскаль заңы тұжырымдалуы мүмкін: жабық ыдыстағы сұйықтықтың бос бетіне қоса берілген сыртқы қысым сұйықтықтың кез келген нүктесіне өзгертусіз беріледі.

Сұйықтықтың сыртқы қысымның өзгеруін алып жатқан кеңістіктің барлық нүктелеріне беру қабілетіне гидравликалық машиналардың әрекет ету принципі негізделген; 1.2 суретте гидравликалық престің іс-әрекет сызбасы көрсетілген.

Егерде кіші поршеньге P_1 , күші әсер етсе, онда P_2 үлкен поршеньге әсер ететін күш келесі теңдеумен анықталады:

$$P_2 = \eta P_1 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2, \quad (1.14)$$

Мұндағы $\eta = 0,8 - 0,85$ – гидравликалық престің пайдалы әсер коэффициенті, үйкелістегі жоғалтулар ескерілген.

Гидростатикалық қысым паскальмен өлшенеді. Паскаль (Па) – 1 ньютон (Н) күшімен пайда болатын қысым, ол қалыпты 1 м² ауданы бойынша біркелкі бөлінген.

Практикалық тапсырмаларды шешу кезінде, бұрын қолданылған қысымның өлшем бірліктерін СИ жүйесіне ауыстыру қажеттілігі туындаса, келесі қатынастарды пайдаланамыз;

$$\begin{aligned} 1 \text{ ат} &= 1 \text{ кг/см}^2 = 10 \text{ м вод.ст.} = 980665 \text{ Па} \approx 98,1 \text{ кПа} \\ 760 \text{ мм.рт.ст.} &= 101325 \text{ Па} \approx 101,3 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Есептер:

1.18. 150 кПа су бағанасының қандай биіктігі сәйкес келеді?

Шешуі. (1.12) формулаға сәйкес

$$h = \frac{P}{\rho g},$$

Мұндағы $P = 150 \cdot 10^3$ Па – су бағанасында түзілетін артық қысым; $\rho = 1000$ кг / м³ – судың тығыздығы.

Сондықтан

$$h = \frac{150 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} = 15,29 \text{ м.}$$

Жауабы: $h = 15,29$ м.

1.19. 80 кПа сынап бағанасы қандай биіктігіне сәйкес келеді?

Жауабы: $h = 0,637$ м.

1.20. Жабық ыдыста орналасқан тыныш күйдегі сұйықтық бетіндегі артық қысымның шамасын анықта, егерде пьезометрдегі судың биіктігі $h = 1,8$ м көтерілсе.

Жауабы: $P = 17,66$ кПа.

1.21. Резервуарға жалғанған манометрде тығыздығы 840 кг / м³ мұнайдың қандай деңгейде екенін анықта. Манометрдегі қысымның көрсеткіші $1,21 \cdot 10^5$ Па.

Жауабы: $h = 14,7$ м.

1.22. Құбырдағы судың артық қысымын анықта, егерде U – тәрізді сынап манометр (сур. 1.4) $\Delta h = 50$ см өзгерісті көрсетсе, ал $h_1 = 40$ см.

Жауабы: $P = 70,4$ кПа.

1.23. Бактағы мазуттың деңгейін анықта, егерде өлшеу кезінде S – тәрізді құбырда сынап деңгейінің өзгерісі $\Delta h = 250$ мм. Мазуттың тығыздығы $\rho = 860$ кг/м³.

Жауабы: $h = 3,97$ м.

1.24. Сыртқы су құбырының қысымын өлшеген манометрдің көрсеткіші 2 кг/см² көрсетті. Егерде атмосфералық қысым 750 мм. сын.бағболса жүйедегі абсолютті қысымды анықта.

Шешуі: Сыртқы су құбырындағы абсолютті қысым келесі формула бойынша анықталады (1.11), мұндағы P_a – атмосфералық қысым.

$$P_a = 750 \text{ мм.рт.ст.} = \frac{750}{760} \cdot 101,3 = 100,0 \text{ кПа.}$$

$$P = 2 \text{ кг/см}^2 = 2 \cdot 98,1 = 196,2 \text{ кПа}$$

Сонда

$$P_A = 100,0 + 196,2 = 296,2 \text{ кПа}$$

Жауабы: $P_A = 296,2 \text{ кПа}$.

1.25. Құбырдағы судың абсолюттік және вакуумметриялық қысымын анықта, егерде U – тәрізді сынап манометрдің (сур. 1.6) көрсеткішінің өзгерісі $\Delta h = 50 \text{ см}$ көрсетсе. Атмосфералық қысым 760 мм.сын.бағ. Құбырдың осыне қатысты белгінің биіктігі 1.6 суретте көрсетілген.

Жауабы: $P_A = 47,2 \text{ кПа}$; $P_B = 53,1 \text{ кПа}$.

1.26. Тығыздығы $\rho = 790 \text{ кг/м}^3$ толығымен спиртпен толтырылған А газқұбырындағы қысым микроманометрдың көмегімен өлшенеді. Микромонометр горизонтқа $\alpha = 15^\circ$ бұрышпен қисайған (сур. 1.7).

Газқұбырындағы артық қысымды анықта, егерде мениск (сұйықтық беті) $l = 62 \text{ мм}$ орын ауыстырды.

Жауабы: $P = 125 \text{ Па}$.

1.27. Тереңдігі $3,5 \text{ м}$ өртке қарсы сыйымдылықтың абсолюттік және артық қысымды анықтау. Атмосфералық қысым 735 мм. сын.бағ.

Жауабы: $P_A = 132,3 \text{ кПа}$; $P = 34,3 \text{ кПа}$,

1.28. Диаметрі 3 м ішінде 15 м^3 су бар арынды мұнарасының түбіндегі абсолюттік және артық қысымды анықтау. Атмосфералық қысым 750 мм сын.бағ.

Жауабы: $P_A = 120,8 \text{ кПа}$; $P = 20,8 \text{ кПа}$.

1.29. Сынапты дифференциал манометрдың көрсеткіші бойынша резервуардағы абсолюттік және артық қысымды анықтау (сур.1.8). Сынап бағанасының биіктігі 40 см . Атмосфералық қысым 730 мм. рт.ст. Сынаптың үстінде биіктігі 15 см , тығыздығы 850 кг/м^3 болатын май бағанасы орналасқан.

Жауабы: $P_A = 151,92 \text{ кПа}$; $P = 54,62 \text{ кПа}$.

1.30. Сынап вакуумметрі көрсеткіші бойынша (сур.1.9.) ацетилен компрессорының сорғыш бөлігіндегі абсолютті және вакуумметрлік қысымды анықтау. Сол жағындағы сынап $h_p = 50 \text{ см}$ биіктікке көтерілді, сынаптың үстінде $h_M = 20 \text{ см}$ май құйылған тығыздығы 800 кг/м^3 . Атмосфералық қысым 750 мм.сын.бағ.

Жауабы: $P_A = 31,72 \text{ кПа}$; $P_B = 68,28 \text{ кПа}$.

1.31. Биіктігі 25 м су қысымды мұнарадан қоректенетін сыртқы өрт су құбыры желісіндегі артық қысымды анықтау.

Жауабы: $P = 245,2 \text{ кПа}$.

1.32. Резервуардың түбіндегі артық қысым 70 кПа аспауы үшін тығыздығы 900 кг/м³ мұнай қабатының ең жоғары биіктігін анықтау.

Жауабы: $h = 7,93$ м.

1.33. Егер ауа бағында орнатылған манометр 3,2 кг/см² көрсеткен болса, Гидропневматикалық қондырғының су бағынан судың қандай биіктікке көтерілуі мүмкін екенін анықтау.

Жауабы: $h = 32$ м.

1.34. Жабында орнатылған көлемі 30 м³ су арынды бактағы судың ең үлкен тереңдігін анықтау. Су бар бакты орнатудан кейін жабындыға түсетін қосымша жүктеме $2 \cdot 10^4$ Па аспауы тиіс. Арматурамен бактың салмағы 8 т.

Жауабы: $h = 1,61$ м.

1.35. Диаметрі 200 мм өрт сорғысының сорғыш клапанын ашу үшін қажетті күшті анықтау. егер жеңнің ұзындығы $H = 6$ м болса. сорғыш клапанның бату тереңдігі $h = 1$ м. (сур. 1.10)

Жауабы: $P = 1,54$ кН.

1.36. Егер диаметрі 40 мм мембранадағы қысым $3,5 \cdot 10^5$ Па болса, қысым сигнализаторының штокына әсер ететін күшті анықтау. (сур. 1.11)

Жауабы: $P = 439,6$ Н.

1.37. Жөндеу кезінде өрт техникасын көтеру үшін гидродомкрат қолданылады (сур. 1.12). Егер тұтқаға әрекет ететін $F = 20$ Н болса, гидродомкратпен дамитын күшті анықтау, $a/b = 1/9$, $d_2/d_1 = 10$.

Пайдалы әсер коэффициенті $\eta = 0,85$.

Жауабы: $P = 170$ кН.

1.38. Егер поршень диаметрі 100 мм болса өрт сатысының гидрожетегі цилиндріндегі май қысымын анықтау (сурет. 1.13), если диаметр поршня 100 мм. Поршень штокындағы күш 30 кН, пайдалы әсер коэффициенті $\eta = 0,95$.

Жауабы: $P = 40,23 \cdot 10^5$ Па.

§ 3. Гидростатикалық қысым эпюралары.

Жазық қабырғаларға гидростатикалық қысымның күші.

Архимед Заңы.

Сұйықтыққа батырылған дененің бетіне гидростатикалық қысымның таралуының графикалық бейнесі гидростатикалық қысымның эпюрасы деп аталады.

Гидростатикалық қысымның эпюрлерін құру кезінде гидростатикалық қысымның қасиеттерінен туындайтын екі негізгі қағидат пайдаланылады:

- гидростатикалық қысым векторлық шама болып табылады.

Гидростатикалық қысым векторы сұйықтыққа батырылған дене бетіне нормаль бағытталған;

- гидростатикалық қысым векторының модулі абсолютті қысым эпюрлерін құру үшін (1.11) және (1.12) артық гидростатикалық қысым эпюрлерін құру үшін теңдеулері бойынша анықтайды.

Жазық тікбұрышты қабырғалар үшін артық және абсолютті гидростатикалық қысымның эпюралары 1.14 және 1.15 суреттерде ұсынылған.

Қандай да бір қабырғаға әсер ететін гидростатикалық қысымның тең әсер ететін элементар күші гидростатикалық қысым күші деп аталады.

Алаңдағы гидростатикалық қысымның күшін табудың аналитикалық тәсілі кезінде алаңның ортасындағы ауырлық күшінің гидростатикалық қысымға оның ауданының шығарылуына тең (сур. 1.16)

$$P = (P_0 + \rho g h_{\text{ц.т.}}) * \Omega = P_{\text{ц.т.}} \Omega \quad (1.15)$$

мұндағы P – гидростатикалық қысым күші, М; $h_{\text{ц.т.}}$ – фигураның ауырлық центрінің бату тереңдігі, м; $P_{\text{ц.т.}}$ – фигура ауырлықцентрінің гидростатикалық қысымы, Па.

P күшін қолдану нүктесі қысым орталығы деп аталады. N – N фигурасының салыстырмалы симметриялық осы үшін $Y_{\text{ц.д.}}$ қысым центрінің координатасы.

$$Y_{\text{ц.д.}} = Y_{\text{ц.т.}} + \frac{I_0}{\Omega Y_{\text{ц.т.}}}, \quad (1.16)$$

Мұндағы I_0 – салыстырмалы осы ауданының Ω инерция моменты

I_0 – $Y_{\text{ц.т.}}$ кейбір фигуралар үшін мәндері 5 қосымшада келтірілген

P гидростатикалық қысымның күші қабырғаның еніне гидростатикалық қысым эпюрасы ауданының туындысы ретінде графикалық тәсілмен анықталуы мүмкін.

$$P = d * S \quad (1.17)$$

мұндағы S – гидростатикалық қысым эпюрасының ауданы, Н/м;

b – қабырғалар ені, м.

Қысымның күші гидростатикалық қысым эпюрлерінің ауырлығы арқылы өтеді және нормаль бойынша бетке бағытталған.

1.14 суретте көрсетілген жазық тікбұрышты қабырғалар үшін артық гидростатикалық қысым күші формулалар бойынша анықталуы мүмкін:

Вертикальды қабырға:

$$P = b \frac{\rho g h^2}{2}, \quad (1.18)$$

Горизонтальды қабырға

$$P = \rho g h \Omega, \quad (1.19)$$

Мұндағы Ω түбінің ауданы, м².

Көлбеу қабырға

$$P = b \frac{\rho g h^2}{2 \sin \alpha}, \quad (1.20)$$

Закон Архимеда.

Сұйықтық оған батырылған денеге әсер ететін күш батырылған дене көлеміндегі сұйықтықтың салмағына тең және тігінен жоғары бағытталған.

$$R = -\rho g W, \quad (1.21)$$

Мұндағы R – ығыстырушы күш, Н; ρ – сұйықтық тығыздығы кг/м^3 ; W – батырылған дененің көлемі, м^3 .

Есептер:

1.39. Ені 5 м су қысымды бактың тік қабырғасына түсетін артық гидростатикалық қысымның күшін анықтау. Бактың жоспарда көлемі 4×5 м құрайтын бакта 35 м^3 су бар. Осы қабырғаға артық гидростатикалық қысым эпюрасын салу.

Жауабы: $P = 75,11 \text{ кН}$.

1.40. Резервуардың қабырғасындағы саңылауды жабатын жапқышқа (1.17) түсетін артық гидростатикалық қысымның күшін анықтау. Резервуар тығыздығы $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ мұнаймен толтырылған. Жапқыштың өлшемдері $10 \times 10 \text{ см}$. Жапқышқа дейінгі мұнай қабатының биіктігі 6 м. Артық гидростатикалық қысым эпюрасын жапқышқа салу.

Шешуі. Артық гидростатикалық қысымның күшін графикалық әдіспен, артық гидростатикалық қысымның эпюрасы ауданының жапқыштың еніне көбейтіндісі ретінде анықтаймыз.

$$P = bS = b * \text{пл.} ABCD$$

Артық гидростатикалық қысымның эпюрасы трапеция түрінде болады, оның ауданы негіздердің суммасы жартысының биіктікке көбейтіндісі ретінде анықталады.

$$S = \frac{AC + BD}{2} * AB$$

Мұндағы $AC = \rho g h_1 = 850 * 9,81 * 6 = 50,03 * 10^3 \text{ Па}$ – А нүктесіндегі гидростатикалық қысым; $BD = \rho g h_2 = 850 * 9,81 * 6,1 = 50,86 * 10^3 \text{ Па}$ – В нүктесіндегі гидростатикалық қысым;

$AB = h_1 - h_2 = 6,1 - 6,0 = 0,1 \text{ м}$ – трапеция биіктігі.

Сондықтан.

$$S = \frac{(50,03 + 50,86) * 10^3}{2} * 0,1 = 5,045 * 10^3 \text{ Н/м}.$$

Артық гидростатикалық қысым күші.

$$P = 5,045 * 10^3 * 0,1 = 504,5 \text{ Н.}$$

Жауабы: $P = 504,5 \text{ Н.}$

1.41 Тығыздығы $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ бензин құйылған резервуардың қабырғасындағы саңылауды жабатын $a = 15 \text{ см}$, $b = 20 \text{ см}$ заслонкаға (сурет. 1.17) түсетін артық гидростатикалық қысымның мөлшерін анықтау. Заслонкаға дейінгі бензин қабатының биіктігі 7 м . Артық гидростатикалық қысымның эпюрасын құру.

Жауабы: $P = 1457 \text{ Н.}$

1.42. Ені 8 м өрт қарсы сыйымдылықтың құламасына (откос) түсетін артық гидростатикалық қысымның күшін анықтау, егерде сыйымдылықтағы судың деңгейі $3,5 \text{ м}$ құламаның еңкею бұрышы 45° құрайды. Артық гидростатикалық қысымның эпюрасын құру.

Жауабы: $P = 679,8 \text{ кН.}$

1.43. Ені 4 м және тереңдігі 3 м канал тік төрт бұрышты түрдегі қалқанмен бөгілген. (сур. 1.19). Салмағы 15 кН қалқанды көтеру үшін қажетті тартқыш күшті анықтау, егер қалқанның үйкеліс коэффициенті ойықтардың беті бойынша $0,5$ құраса.

Шешуі. Тарту күші G қалқан салмағы мен $F_{\text{тр}}$. ойықтардың беті бойынша қалқанның үйкеліс күшінің қосындысы ретінде анықталуы мүмкін.

$$T = G + F_{\text{тр}}.$$

Үйкеліс күші үйкеліс коэффициентіне қалыпты (бұл жағдайда гидростатикалық) қысым күшінің көбейтіндісі ретінде анықталады.

Артық гидростатикалық қысым Күшін қабырға еніне артық гидростатикалық қысым эпюрасының туындысы ретінде графикалық тәсілмен анықтаймыз

$$P = b \frac{\rho g h^2}{2} = 4 \frac{1000 * 9.81 * 3^2}{2} = 176.58 \text{ кН.}$$

Сонда

$$T = 15 + 176,58 * 0,5 = 103,29 \text{ кН.}$$

Жауабы: $T = 103,29 \text{ кН.}$

1.44. 2 м тереңдіктегі арнаны бөгейтін салмағы 10 кН қалқанды көтеру үшін қажетті тартқыштың күшін анықтау. Қалқанның ені 3 м . Қалқанның ойықтардың беті бойынша үйкеліс коэффициенті $0,4$ (рис. 1.19).

Жауабы: $T = 33,54 \text{ кН.}$

1.45. Өрт су қоймасынан диаметрі 1 м дөңгелек құбырды жабатын көлбеу қақпаққа түсетін артық гидростатикалық қысымның күшін және қысым

орталығын анықтау (сур. 1.20). Қақпайтың көлбеу бұрышы $\alpha = 60^\circ$ Су шығару осі $H = 2$ м тереңдікте орналасқан.

Шешуі. Қақпақтағы қысымның күшін аналитикалық әдіспен анықтаймыз қақпақтың центрге тартқыш гидростатикалық қысымын оның ауданына көбейтіндісі ретінде:

$$P = P_{ц.т.} \cdot \Omega = \rho g H \Omega.$$

Қақпақтың ауданы, эллипс тәрізді

$$\Omega = \pi a b,$$

мұндағы a және b – эллипстың жарты осьтары

$$a = 0,5 \text{ м}, \quad b = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{0,5}{0,866} = 0,577 \text{ м}$$

$$\Omega = 3,14 * 0,5 * 0,577 = 0,906 \text{ м}^2.$$

Сонда

$$P = 1000 * 9,81 * 2 * 0,906 = 17,17 \text{ кН}.$$

Эллипстің ауырлық центріне дейінгі қашықтық

$$L_{ц.т.} = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{2}{0,866} = 2,3 \text{ м}.$$

Қысым центрінің координатасы

$$L_{ц.д.} = \frac{I_0}{L_{ц.т.} * \Omega}$$

Эллипстың энерция моменті

$$I_0 = \frac{\pi a b^3}{4} = \frac{3,14 * 0,5 * 0,577^3}{4} = 0,075 \text{ м}^4$$

Сонда

$$L_{ц.д.} = 2,3 + \frac{0,075}{2,3 * 0,906} = 2,336 \text{ м}.$$

Жауабы: $P = 17,77 \text{ кН}$; $L_{ц.д.} = 2,336 \text{ м}.$

1.46. Көлбеу қақпаққа артық гидростатикалық қысым күшін және қысым центрін анықтау (Сур. 1.21)

Егер	1.	$H = 3 \text{ м};$	$d = 0,8 \text{ м};$	$\alpha = 45^\circ$
	2.	$H = 3,5 \text{ м};$	$d = 0,9 \text{ м};$	$\alpha = 30^\circ$
	3.	$H = 4 \text{ м};$	$d = 1 \text{ м};$	$\alpha = 50^\circ$

Жауабы	1.	$P = 20,89 \text{ кН};$	$L_{ц.д.} = 4,258 \text{ м};$
	2.	$P = 43,60 \text{ кН};$	$L_{ц.д.} = 7,028 \text{ м};$
	3.	$P = 40,21 \text{ кН};$	$L_{ц.д.} = 5,240 \text{ м};$

1.47. Өрт сөндіру су қоймасының су жіберілуін жабатын жалпақ бекітпенің артық гидростатикалық қысым күшін және қысым центрін анықтау. (сурет. 1.21) Су қойманың тереңдігі 3 м Глубина водоема 3 м, тікбұрышты су

жіберу арнасының биіктігі $h_1 = 1$ м, ені $b = 0,8$ м, ысырманың горизонтқа көлбеу бұрышы $\alpha = 30^\circ$. Бекітпеге артық гидростатикалық қысымның эпюрасын салу.

Жауабы: $P = 19,62$ кН; $h_{ц.д.} = 2,58$ м.

1.48. Ені 6 м өрт резервуарының аралық тік қабырғасына артық гидростатикалық қысымның күшін және қысым центрін анықтау. Қабырға резервуарды екі бөлікке бөледі (сурет. 1.22), бірінші бөліктегі су деңгейі 2 м, екінші бөлікте-1 м. Артық гидростатикалық қысым эпюрасын салу.

Жауабы: $P = 88,29$ кН.

1.49. 1.23 суретте келтірілген жазық тікбұрышты фигуралар үшін артық гидростатикалық қысымның эпюрасын салу.

1.50. 1.24 суретте келтірілген қисық сызықты қабырға үшін. артық гидростатикалық қысым эпюрасын салу.

1.51. Резервуарды толтыру кезінде клапанның Автоматты жабылуын қамтамасыз ететін шар қалтқының ең аз диаметрін анықтау (сурет. 1.25), егер $a = 120$ мм, $b = 600$ мм болса. Су резервуарға диаметрі 150 мм құбыр бойынша $P = 1,5 \cdot 10^5$ Па қысыммен түседі. Иіктіректің, клапанның және қалтқының салмағы елемей.

Жауабы: $d = 0,212$ м.

1.52. Сұйықтықтың тығыздығы ареометрдің көмегімен өлшенеді (сур. 1.26). Түтіктің сыртқы диаметрі 20 мм, шарикті диаметрі 30 мм, ареометр массасы 0,060 кг. Егер ареометрге батыру тереңдігі $h = 150$ мм болса, сұйықтық тығыздығын анықтау.

Жауабы: $\rho = 980$ кг/м³.

1.53. Тығыздығы 800 кг/м³ сұйықтыққа ареометрдің бату тереңдігін анықтау (сурет. 1.26) егер түтіктің сыртқы диаметрі 25 мм болса, шариктің диаметрі 40 мм, ареометрдің салмағы 0,080 кг.

Жауабы: $h = 0,169$ м.

II Тарау. Гидродинамика негіздері.

Гидродинамика сұйықтық қозғалысының түрлері мен формаларын, сондай-ақ сұйықтықтың қозғалысы тудыратын күштерді оқытады.

§ 4. Негізгі ұғымдар мен анықтамалар.

Ағынның ажырамау теңдеуі.

Ағынның тірі қимасы сұйықтық қозғалысының бағытына нормаль ағын шегіндегі бет деп аталады.

Тірі қиманың үш негізгі гидравликалық элементі бар:

а) тірі қима ауданы ω :

- б) χ , қозғалмалы сұйықтықпен суланған ағынның көлденең қимасы бөлігінің периметрін білдіретін суланған кесте периметрі;
в) гидравликалық радиус R.

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (2.1)$$

Сұйықтық шығыны Q деп тірі қима арқылы уақыт бірлігінде өтетін оның көлемі атайды.

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (2.2)$$

Мұндағы Q – сұйықтық шығыны, м³; t – уақыт, с.

Ағынның орташа жылдамдығы дегеніміз тірі қимада бөлінген сәйкес нақты шығынның сақталуы үшін сұйықтықтың барлық бөлшектері қозғалу қажет жылдамдық.

V_{CP} ағынның орташа жылдамдығы. тірі қима ауданына шығын қатынасына тең сандық шама:

$$V_{CP} = \frac{Q}{\omega}, \quad (2.2)$$

Мұндағы V_{CP} . – ағынның орташа жылдамдығы, м/с; ω - тірі қима ауданына, м².

Сұйықтықтың қозғалыс режимінің өлшемі өлшемсіз шама-Рейнольдс саны болып табылады.

$$Re = \frac{Vd}{\nu}, \quad (2.2)$$

Где V – ағынның орташа жылдамдығы, м/с; d – құбыр диаметр, м; ν – кинематикалық тұтқырлық коэффициенті, м²/с.

Re < 2320 кезінде ламинарлы ағыс режимі болады, ал **Re > 2320** – кезінде турбулентті режим.

Егер сұйықтық үзіліссіз қозғалса, онда белгіленген қозғалыс кезінде ағынның барлық тірі қималары үшін Q шығысы бірдей болады.

$$Q = V_1\omega_1 = V_2\omega_2 = \text{Const}, \quad (2.5)$$

Где $V_{1,2}$ – средняя скорость в данном сечении, м/с;

$\omega_{1,2}$ – тірі қима ауданына, м².

Ағынның ажырамау теңдеуінен (2.5) орташа жылдамдық кері тірі қималардың ауданына тура пропорционал

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (2.6)$$

Есептер:

2.1. Егер өлшеуіш бакта 1 минут ішінде 170 л су толтырылса, ішкі өрт

кранының көлемді тәсілімен су беруін сынау кезінде су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 2,83$ л/с.

2.2. Егер өлшеуіш бакта 30 секунд ішінде 210 л су болса, сыртқы су құбыры желісінің көлемді тәсілімен су беруін сынау кезінде су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 7$ л/с.

2.3. Егер ағынның орташа жылдамдығы 2,1 м / с болса, диаметрі 66 мм өрт сөндіру жеңдері бойынша су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 7,18$ л/с.

2.4. Егер саптама кесіндісіндегі орташа жылдамдық 25 м/с болса, диаметрі 16 мм өрт оқпанының саптамалары арқылы өтетін су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 5,02$ л/с.

2.5. Егер шығын 50 л/с болса, диаметрі 200 мм өрт сөндіру су құбыры құбырындағы су қозғалысының орташа жылдамдығын анықтау.

Шешімі. Су қозғалысының орташа жылдамдығы ағынның ажырамау теңдеуінен анықталады.

$$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,22^2} = 1,59 \text{ м/с.}$$

Жауабы: $V = 1,59$ м/с.

2.6. Егер су шығыны 10 л/с болса, диаметрі 22 мм өрт оқпанының саптамасынан шығатын судың орташа жылдамдығын анықтау.

Жауабы: $V = 26,32$ м/с.

2.7. Егер диаметрі 51 мм құбыр бойынша су қозғалысының жылдамдығы 2,2 м/с болса, диаметрі 13 мм Өрт оқпанының саптамасынан судың шығуының орташа жылдамдығы мен шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 4,5$ л/с. $V = 33,86$ м/с.

2.8. Егер құбыр диаметрі 2 есе азайтылса, су қозғалысының жылдамдығы қанша рет өзгереді.

Жауабы: Орта шажылдамдық 4 есеге артады.

2.9. 20 л/с суды өткізуге арналған өрт су құбырының сыртқы желісінің учаскесі үшін құбырдың ең аз диаметрін анықтау. Су қозғалысының жылдамдығы 1,2 м/с аспауы тиіс. Тандалған стандартты құбыр диаметрі үшін нақты жылдамдық қандай болады?

Шешуі: Ағынның ажырамау теңдеуінен анықталатын

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

Мұндағы

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} - \text{Тірі қима ауданы.}$$

Теңдеудің сол бөліктерін теңестіріп, құбырдың қажетті ең аз диаметрін анықтау үшін өрнекті аламыз

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 * 20 * 10^{-3}}{3.14 * 1.2}} = 0.146 \text{ м}$$

Ең жақын стандартты құбыр диаметрін таңдаңыз

$$d = 0,15 \text{ м.}$$

Су қозғалысының нақты жылдамдығы

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 20 * 10^{-3}}{3,14 * 0.15^2} = 1,13 \text{ м/с.}$$

Жауабы: $d = 150 \text{ мм}$; $V = 1,13 \text{ м/с}$.

2.10. Егер ол бойынша өтетін судың шығын 35 л/с құраса, өртке қарсы су құбырының сыртқы желісінің учаскесі үшін құбырдың ең аз диаметрін анықтау. Участке бойынша судың қозғалыс жылдамдығы 2 м/с аспауы тиіс.

Жауабы: $d = 150 \text{ мм}$.

2.11. 28 л/с су беру кезінде учаске бойынша су қозғалысының жылдамдығы $0,9 \text{ м/с}$ аспауы үшін біріккен су құбырының сыртқы желісінің учаскесі үшін қажетті құбыр диаметрін анықтау.

Жауабы: $d = 200 \text{ мм}$.

2.12. Егер автонасос өрт орнына 40 л/с су берсе, сыртқы өрт сөндіруге 500 м^3 су сақталатын резервуардың таусылу уақытын анықтау.

Жауабы: $t = 3.47 \text{ часа}$.

2.13. Егер өрт сөндіруге нормативтік су шығыны 30 л/с құраса, сыртқы өрт сөндіру кезінде 350 м^3 су қанша уақытқа жететінін анықтау.

Жауабы: $t = 3,24 \text{ часа}$.

2.14. Егер екі өрт кранының жұмыс су шығыны 5 л/с болса, 10 минут ішінде ішкі өрт сөндіруге қажетті арынды мұнарадағы су қорын анықтау.

Жауабы: $W = 3 \text{ м}^3$.

2.15. 10 минут ішінде төрт өрт кранының жұмысына арналған Гидропневматикалық қондырғының су бағындағы қажетті су қорын анықтау. Өрт кранының су шығыны 5 л/с құрайды.

Жауабы: $W = 12 \text{ м}^3$.

2.16. Диаметрі 51 мм өрт жеңіндегі судың қозғалыс режимін анықтау. Судың шығыны 4 л/с құрайды. Кинематикалық тұтқырлық коэффициенті $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Шешуі. Жең бойынша су қозғалысының жылдамдығы.

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,051^2} = 1,96 \text{ м/с}.$$

Рейнольдс саны.

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,96 \cdot 0,051}{1,306 \cdot 10^{-6}} = 76540$$

яғни $Re > 2320$, онда турбулентты режим.

Жауабы: турбулентты режим.

2.17. Диаметрі 66 мм өрт жеңдері бойынша судың қандай шығынында қозғалыс режимін ламинарлық деп есептеуге болады. Кинематикалық тұтқырлық коэффициенті $\nu = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Жауабы: $Q = 0,48 \text{ л/с}$.

2.18. 12 л/с шығын кезінде диаметрі 100 мм мұнай құбыры бойынша мұнай қозғалысының режимін анықтау. Кинематикалық тұтқырлық коэффициенті $\nu = 0,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

Жауабы: турбулентты режим.

2.19. 2.22 тапсырманың шарттары бойынша мұнайдың қандай шығынында қозғалыс режимін ламинарлық деп есептеуге болатынын анықтау.

Жауабы: $Q = 7,65 \text{ л/с}$.

§ 5. Нақты сұйықтық ағыны үшін Бернулли теңдеуі.

Бернулли теңдеуі гидродинамиканың негізгі теңдеулерінің бірі болып табылады, қозғалыстағы сұйықтық ағыны үшін энергияны сақтау заңының жеке жағдайын көрсетеді.

Белгілі бір сұйықтықтың бірқалыпты өзгеретін ағыны үшін, еркін таңдалған екі қима Бернулли теңдеуі түрге ие:

$$Z_1 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (2.7)$$

Мұндағы z – жағдайдың үлестік энергиясы, қарастырылып отырған тірі қималардың салыстыру жазықтығынан жоғары көтерілуі; $\frac{P}{\rho g}$ – сұйықтықтың абсолютті немесе манометриялық қысымына сәйкес келетін салыстырмалы потенциалдық қысым энергиясы немесе пьезометриялық қысым $z + \frac{P}{\rho g}$ –

сұйықтықтың үлестік әлеуетті энергиясы немесе потенциалды арын; $\frac{v^2}{2g}$ – меншікті кинетикалық энергия немесе жылдамдықыны; h_{1-2} - қималар арасындағы гидравликалық кедергілерді жеңуге арынды жоғалту.

(2.7) теңдеудің барлық мүшелері ұзындық өлшеміне ие, сондықтан оны графикалық түрде бейнелеуге болады (сур. 2.1).

Осы бойынша өзгерген 1-2 учаскедегі h_{1-2} арын жоғалуының осы L_{1-2} учаскенің ұзындығына қатынасы гидравликалық еңкею деп аталады:

$$i + \frac{h_{1-2}}{L_{1-2}}, \quad (2.8)$$

Бернулли теңдеуін қолдану арқылы есептерді шешуді келесі ретпен жүргізу ұсынылады:

а) Бернулли теңдеуімен қосылатын екі қиманы таңдау. Гидродинамикалық элементтердің көп саны белгілі қималарды, сондай-ақ гидродинамикалық элементтерді анықтау қажет болатын қималарды таңдау қажет;

б) салыстыру жазықтығын таңдау. Оны Бернулли теңдеуіне кіретін Z_1 немесе Z_2 нөлге айналатындай етіп таңдау қажет;

в) таңдалған екі қима үшін (2.7) теңдеуді жазу;

г) Бернулли теңдеуіне кіретін шамалардың мәнін орнату;

д) Бернулли теңдеуіне қосылудың табылған мәндерін қою және ізделінетін шаманы анықтау.

Есептер:

2.20. Ортадан тепкіш сорғыш осінің су деңгейінен жоғары орналасу биіктігін анықтау (сурет.2.2) егер сорғыштың суды соруы 30 л/с болса, сорғыш құбырдың диаметрі 150 мм. Сору келте құбырындағы түзілетін вакуумметриялық қысым $6,5 \cdot 10^4$ Па құрайды, сорғыш желідегі арын жоғалуы 1 м.

Шешуі. Екі қиманы таңдаймыз: 1-1 сорғыш осы бойынша және и 0-0 судың бос беті желісі бойынша. 0-0 қимасы салыстыру жазықтығымен сәйкес келеді. 0-0 және 1-1 қимасы үшін Бернулли теңдеуі:

$$Z_0 = \frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1}{2g} + h_{0-1}, \quad (2.7)$$

0-0 қимасындағы жылдамдық $V_0 \approx 0$, сондықтан жылдамдық арыны $\frac{V_0^2}{2g} = 0$. Бос бетіндегі қысым атмосфералық қысымға тең $P_0 = P_a$, сонда пьезометриялық

$$\frac{P_0}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g}$$

Салыстыру жазықтығы 0-0 қимасымен сәйкес келеді, сондықтанда $Z_0 = 0$ 1-1 қимадағы абсолютті қысым

$$P_1 = P_a - P_B.$$

Сонда

$$\frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P_B}{\rho g}$$

Z_1 су көзіндегі сорғыш осінің су деңгейінен орналасу биіктігі теңдеумен анықталады.

$$Z_1 = \frac{P_B}{\rho g} - \frac{V_1^2}{2g} - h_{0-1},$$

Сору құбырындағы судың қозғалыс жылдамдығы

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,7 \text{ м/с.}$$

Арын жылдамдығы

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м.}$$

Вакуумметриялық биіктік

$$\frac{P_B}{\rho g} = \frac{6,5 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} = 6,62 \text{ м.}$$

Сонда

$$Z_1 = 6,62 - 0,15 - 1 = 5,47 \text{ м.}$$

Жауабы: $Z_1 = 5,47 \text{ м.}$

2.21. 20 л/с шығын кезінде диаметрі 100 мм сорғыш құбырда ортадан тепкіш сорғыш түзуі тиіс вакуумметриялық қысымды анықтау (сурет. 2.2). Су бетінен сорғы осінің жоғары көтерілуі 5 м құрайды, сору желісіндегі арынның жоғалуы 0,85 м.

Жауабы: $P_B = 60,62 \text{ кПа.}$

2.22. Өрт сөндіру автомобилінің ортадан тепкіш сорғы сықандай биіктіктен су қоймасынан су тарта алатынын анықтау, егер сорғының беру 35 л/с, сору жеңінің диаметрі 150 мм болса, сорғыш жеңдегі қысымның жоғалуы 1,3 м. Сорғыш келте құбырдағы вакуумметриялық қысым $8 \cdot 10^4 \text{ Па.}$

Жауабы: $Z = 6,65 \text{ м.}$

2.23. Диаметрі 13 мм саптамасы бар диаметрі 50 мм өрт оқпанына арналған пьезометрикалық сызық пен гидродинамикалық арынның өзгеру сызығын салу Шығын 3 л/с құрайды. I-I және II-II қималардағы пьезометриялық және жылдамдық арыны анықтағаннан кейін масштабта тұрғызу (2.3.). I-I қимасындағы артық қысым $2,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ құрайды.

2.24. 10 л/с мөлшеріндегі су эжекторға шүмектің алдында $4,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$

артық қысым жасай отырып, ортадан тепкіш сорғыштың көмегімен беріледі. Эжектор осінен төмен орналасқан резервуардан суды қандай биіктіктен көтеруге болатынын анықтау (сурет. 2.4). Жеткізуші құбыр диаметрі $d_1 = 70$ мм, шүмек диаметрі $d_2 = 20$ мм. Қысымның жоғалуын елемей.

Жауабы: $h_B = 3,45$ м.

2.25. 2.29 тапсырманың мәліметтері бойынша пьезометриялық және арынды сызықты құру. I-I және II-II қимасы үшін масштабты құру.

2.26. Диаметрі 30 мм кіріс қимасы және диаметрі 16,3 мм шығу қимасы (шүмегі) бар (сурет. 2.5) ПН–40У өрт сөндіру сорғышының ПС–5 тұрақты көбік араластырғышының вакуумметриялық камерасындағы вакуумды (разряжение) анықтау. Су шығыны 6 л/с, көбік араластырғыштың арыны 45 м.

Жауабы: $h_B = 2,96$ м.

2.27. Диаметрі 30 мм кіріс қимасы және диаметрі 16,3 мм шығу қимасы (шүмегі) бар ПС-5 көбік араластырғыш шүмегі арқылы шығатын су шығынын анықтау (сурет. 2.5). Вакуумның шамасы 3,5 м құрайды. Көбік араластырғыштың алдындағы қысым $4 \cdot 10^5$ Па.

Жауабы: $Q = 5,68$ л/с.

2.28. Су өлшегіш-оқпанда орнатылған манометр 3,8 ат қысымын көрсетеді. (сур. 2.6). Саптаманың диаметрі 25 мм. судың жылдамдығы мен шығынын анықтау. Арынның жоғалуын елемей.

Жауабы: $V = 27,3$ м/с; $Q = 13,4$ л/с.

2.29. Су шығыны 10 л/с құрауы үшін саптамасы 22 мм оқпанда қандай артық қысым болуы тиіс екенін анықтау.

Жауабы: $P = 346,25$ кПа.

2.30. Саптамадан шығатын жылдамдық 30 м/с құрауы үшін диаметрі 19 мм саптамасы бар оқпандағы қажетті артық қысымды анықтау.

Жауабы: $P = 4,5 \cdot 10^5$ Па.

2.31. Өрт сөндіру оқпаны арқылы сұйықтық шығыны қалай өзгереді, егер оның алдындағы қысым 2 есе төмендесе.

Жауабы: шығын 1,41 есе азаяды.

2.32. Егер 30 м арын кезінде жылдамдық 25 м/с болса, 35 м арын кезінде өрт оқпанының саптамасынан судың шығу жылдамдығын анықтау.

Жауабы: $V = 27$ м/с.

2.33. Егер арын 25 м кезінде су шығыны 8 л/с құраса, арын 30 м кезінде өрт оқпанының саптамасынан су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 8,76$ л/с.

2.34. Ішкі өрт кранын су беруге сынау кезінде Пито түтігі қолданылды (сурет. 2.7).

Пито түтігіне орнатылған Манометр 3 ат қысымын көрсетті. Арынның жоғалуын елемей, диаметрі 16 мм саптамадан шығатын ағынның жылдамдығы мен шығынын анықтау.

Жауабы: $V = 24,26$ м/с; $Q = 4,88$ л/с.

2.35. Егер Пито түтігіне орнатылған манометр 2,5 ат қысым көрсетсе, диаметрлері 13 мм және 16 мм саптамалардағы ағыстың жылдамдығын және оқпандардан шыққан судың шығынын салыстыру.

Жауабы: $V_1=V_2=22.14$ м/с; $Q_1=2,94$ л/с; $Q_2=4,43$ л/с.

2.36. Өрт сөндіру су қоймасын толтыру үшін ұзындығы 600 м құбыр пайдаланылады. Егер су қоймасының су көзінің көтерілу биіктігі 15 м, гидравликалық еңіс 0,03 болса, желінің соңындағыеркін арын 5 м, сорғышқа қажетті арынды анықтау.

Жауабы: $H = 38$ м.

2.37. 500 м құбырдың гидравликалық еңісін анықтау (сурет.2.8), егерде құбырдың басында және соңында орнатылған манометрлер тиісінше 4,5 ат және 3,6 ат қысымын көрсетсе, салыстыру жазықтығынан манометрлер осінің жоғарылығы: $Z_1= 2$ м; $Z_2= 6$ м.

Жауабы: $i = 0,01$.

2.38. Диаметрі 50 мм құбырдың тар қимасына қосылған құбыр бойынша резервуардан су қандай h биіктікке көтерілетіндігін анықтау (сурет. 2.9), егер құбыр бойынша су шығыны 10 л/с болса. Құбырдың диаметрі 100 мм. тарылу алдындағы артық қысым 0,6 м. Арынның жоғалуымен елемей.

Жауабы: $h=0,64$ м.

2.39. Құбырдың тар қимасының диаметрін анықтау (сурет. 2.9) диаметрі 125 мм құбыр бойынша 15 л/с шығын кезінде резервуардан суды көтеру биіктігі 80 см құрауы тиіс. Тарылу алдындағы артық қысым 10 кПа. Арын жоғалуын елемей.

Жауабы: $d=56$ мм.

2.40. Резервуардан суды 3,1 м биіктікке көтеруді қамтамасыз ету үшін диаметрі 50 мм тарылуы бар диаметрі 200 мм құбыр бойынша су шығынын анықтау (сурет.2.9) Тарылу алдындағы артық қысым 12 кПа. Арын жоғалуын елемей.

Жауабы: $Q=20$ л/с.

2.41. Пьезометрде және жылдамдық түтікшесінде суды көтеру биіктігінің айырмасы 60 см болса, су қозғалысының жергілікті жылдамдығын анықтау (сур. 2.10).

Жауабы: $V=3,43$ м/с.

2.42. Жылдамдық түтігі мен пьезометрдегі деңгейлердің айырымын анықтау (сурет. 2.10.), егер құбырдың су қималары орталық деңгейінде су қозғалысының жылдамдығы 2,3 м / с тең болса.

Жауабы: $\Delta h=0,27$ м.

2.43. Пьезометриялық су өлшегіштің көрсеткіштері бойынша су шығынын анықтау (сурет. 2.11). Құбыр диаметрі $D = 50$ мм, тарылған қима диаметрі $d = 25$ мм, пьезометриялық биіктіктердің айырмасы 100 см.

Жауабы: $Q=2,24$ л/с.

2.44. Пьезометриялық су өлшегіштің көрсеткіштері бойынша су шығынын анықтау (сур. 2.11), егер $D= 200$ мм, $d=100$ мм. Пьезометриялық биіктіктердің айырмасы 60 см.

Жауабы: $Q=27,3$ л/с.

III Тарау. Құбырлар мен өрт жеңдері бойынша сұйықтықтың қозғалысы.

Әр есептің маңызды міндеті гидравликалық кедергілерді жеңуге Арынның шығындарын анықтау болып табылады. Құбырлардың жекелеген тізбекті учаскелерінің ұзындығы бойынша h_1 арынның барлық ысыраптарының сомасы ретінде айқындалатын және барлық жергілікті қысым шығындары h_M

Важнейшей задачей любого расчета является определение потерь напора на преодоление гидравлических сопротивлений, которые определяются как сумма всех потерь напора по длине отдельных последовательных участков трубопровода h_1 и всех местных потерь напора h_M ;

$$h = \sum h_1 + \sum h_M \quad (3.1)$$

§ 6. Ұзындық және жергілікті арынның жоғалуы.

Сұйықтықтың біркелкі белгіленген қозғалысы кезінде құбырдың ұзындығы бойынша арынның жоғалуы Дарси-Вейсбах формуласы бойынша анықталуы мүмкін:

$$h_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}. \quad (3.2)$$

Мұндағы h_1 – құбырдың ұзындығы бойынша арынның жоғалуы, құбыр арқылы өтетін сұйықтық бағанасының метрімен өлшенетін; λ – гидравликалық үйкеліс коэффициенті; l – құбыр ұзындығы, м; d – құбыр диаметр, м; V –

сұйықтық қозғалысының орташа жылдамдығы, м/с.

Құбырлар мен жеңдерде сұйықтықтың біркелкі қозғалуы кезінде гидравликалық үйкеліс коэффициенті көп жағдайда Рейнольдс санына байланысты емес.

Бұл жағдайларда арынның ұзындық жоғалуын оңайлатылған формулалар бойынша анықтауға болады:

$$hl = AlQ^2, \quad (3.3)$$

мұндағы hl – құбыр ұзындығы бойынша арынның жоғалуы, м; A – меншікті кедергі, 1 м ұзындықта арынның жоғалуы; l – құбыр ұзындығы, м; Q – сұйықтық шығыны, м³/с.

A үлестік кедергілерінің мәні 6-қосымшада келтірілген. Анықтамалық әдебиетте Q шығыны үшін салыстырмалы кедергілердің мәні л/с және м³/с шамаларымен көрсетілген.

$Al=S$ есепке алып

(3.3) формуласын жазуға болады

$$hl = SQ^2 \quad (3.4)$$

мұндағы S – ұзындығы L учаскенің кедергісі; шойын құбырлар үшін мәні 7-қосымшада келтірілген; Q – сұйықтық шығыны л/с.

1,2 м/с кем сұйықтық қозғалысының жылдамдығы кезінде K_n түзету коэффициентін енгізу қажет, оның мәні 8-қосымшада келтірілген.

Құбырлардағы су қозғалысының жылдамдығы 9-қосымша бойынша шалап анықталуы мүмкін.

Формулалар (3.3) және (3.4) келесі түрде жазылған болуы мүмкін.

$$hl = K_n AlQ^2 = K_n SQ^2 \quad (3.5)$$

Өрт жеңдеріндегі арынның жоғалуын ұзындығы 20 м бір стандартты жеңнің кедергісі арқылы анықтауға ыңғайлы.

$$h_p = nSpQ^2 \quad (3.6)$$

мұндағы h_p – жеңдік желідегі арынның жоғалуы м; n – желі жеңдерінің саны; Sp – ұзындығы 20 м бір стандартты жеңнің кедергісі; Sp мәні 10-қосымшада келтірілген; Q – жеңдік желі бойынша су шығыны, л/с.

Жергілікті арын жоғалтуларды Вейсбах формуласы бойынша анықтауға болады.

$$h_M = \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (3.7)$$

мұндағы ξ – жергілікті кедергі коэффициенті.

Кейбір жағдайларда жергілікті кедергілерге арынның жоғалуы мынадай формула бойынша анықталады:

$$h_M = SQ^2 \quad (3.8)$$

мұндағы S – гидранттар, колонкалар және су өлшегіштер үшін кедергі мәні 11 және 12-қосымшаларда келтірілген.

Есептер:

3.1. Егер диаметрі 250 мм құбырлардан тұратын ұзындығы 800 м учаскеде су құбырын сынау кезінде арынның жоғалуы 5 м құраған болса, гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау. Су шығыны құрады 45 л/с.

Шешуі. Гидравликалық үйкеліс коэффициентін Дарси-Вейсбах теңдеуінен анықтауға болады:

$$\lambda = \frac{2g d h l}{l V^2}$$

Су қозғалысының жылдамдығы:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 45 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,25^2} = 0,917 \text{ м/с.}$$

Сонда

$$\lambda = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,25 \cdot 5}{800 \cdot 0,917^2} = 0,0364$$

Жауабы: $\lambda = 0,0364$.

3.2. Өрт уақытында су өткізу кезінде диаметрі 100 мм және ұзындығы 300 м құбырдағы арынның жоғалуын анықтау. Су шығыны 15 л / с құрайды, гидравликалық үйкеліс коэффициенті 0,04.

Жауабы: $h_l = 22,3 \text{ м.}$

3.3. Сыртқы су құбыры желісінің су беруін сынау кезінде ұзындығы 300 м учаскеде арынның жоғалуы 2,5 м құрады, құбыр диаметрі 200 мм. Гидравликалық үйкеліс коэффициентін анықтау, егер учаске бойынша су шығыны 30 л/с болса.

Жауабы: $\lambda = 0,0392$.

3.4. Арынның жоғалуы 15 м аспауы үшін диаметрі 125 мм және ұзындығы 400 м құбыр учаскесі бойынша судың ең көп шығынын анықтау. Гидравликалық үйкеліс коэффициенті $\lambda = 0,025$.

Шешуі. Дарси-Вейсбах теңдеуінен арынның жоғалуы рұқсат етілген шамадан аспайтын сұйықтықтың қозғалыс жылдамдығын анықтаймыз:

$$V = \sqrt{\frac{2gh l d}{\lambda l}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 15 \cdot 0,125}{0,025 \cdot 400}} = 1,92 \text{ м/с}$$

Ағынның ажырамау теңдеуінен, алатынымыз

$$Q = V \omega = V \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1,92 \cdot 3,14 \cdot 0,125^2}{4} = 23,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Жауабы: $Q = 23,5 \text{ л/с.}$

3.5. Арынды жоғалту 40 м аспауы үшін ұзындығы 500 м және диаметрі 100 мм құбыр учаскесі бойынша су қозғалысының ең жоғарғы рұқсат етілетін

жылдамдығын анықтау. Егер гидравликалық үйкеліс коэффициенті $\lambda=0,035$ болса, су шығыны қандай болады.

Жауабы: $V = 2,12$; $Q = 16,6$ л/с.

3.6. Диаметрі 200 мм және ұзындығы 1000 м технологиялық құбырдағы қысымның төмендеуін анықтау, ол бойынша тығыздығы $\rho = 900$ кг/м³ мұнай айдалады, мұнай шығыны $Q = 30$ л/с. Гидравликалық үйкеліс коэффициенті $\lambda=0,04$.

Жауабы: $\Delta P = 82,15$ кПа.

3.7. Резервуардағы судың өрт сөндіру қорын сақтау үшін сорғыш желі ауа түтігімен жабдықталған, оның жоғарғы кесіндісі резервуардағы өрт сөндіру қорының деңгейінде болады (сурет. 3.1). Су деңгейі өрт сөндіру қорына дейін төмендеген кезде, құбырға дәнекерленген қимадағы вакуумның пайда болуы салдарынан, сорғыштың сору құбырына түтік енеді, сорғыш жұмысы үзіледі және су алу тоқтатылады.

Егер су деңгейі сорғыш құбыр осінен 2,5 м жоғары биіктікте болса, қол сұғылмайтын (НЗ) су қоры сақталатынын анықтау. Құбыр диаметрі 150 мм, су шығыны 30 л/с. Құбыр клапаны бар сорғыш тормен жабдықталған ($\xi_1 = 6,0$) және ($\xi = 0,5$) тізесі (колени) бар

Шешуі. Бернулли теңдеуі арқылы салыстырылатын екі қиманы таңдаймыз:

I-I – қол сұғылмайтын су қоры теңдеуі бойынша,

II-II – сору құбырының осі бойынша.

0-0 салыстыру жазықтығы сору құбырының осі бойынша өтеді.

Бернулли теңдеуі көрініс табады:

$$Z_1 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_m,$$

Мұндағы $Z_1 = 2,5$ м; $P_1/\rho g = 0$ (қимадағы артық қысым I-I), $V_1^2 / 2g = 0$ (I-I қимасындағы деңгейдің төмендеу жылдамдығы басқа шамалармен салыстырғанда аздау); h_m -жергілікті кедергідегі жоғалулар; I-I қимасынан II-II қимасына дейінгі учаскедегі ұзындық бойынша арын жоғалуын елемеуге болады.

Бернулли теңдеуі

$$\frac{P_2}{\rho g} = Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - h_m,$$

II-II қимадағы су қозғалысының жылдамдығы

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,7 \text{ м/с.}$$

Жылдамдық арыны:

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м.}$$

Жергілікті арынжоғалуы

$$h_M = (\xi_1 + \xi_2) \frac{V_2^2}{2g} = (6,0 + 0,5) \cdot 0,15 = 0,98 \text{ м.}$$

Сонда

$$\frac{P_2}{\rho g} = 2,5 - 0,5 - 0,98 = 1,37 \text{ м.}$$

II-II қимадағы қысым 1,37 м құрайды. Қол сұғылмайтын су қоры шығындалады.

Жауабы: Қол сұғылмайтын су қоры сақталмайды.

3.8. Егер құбыр диаметрі 125 мм болса, сорғының сорғыш құбырындағы артық қысымның мөлшерін анықтау, су шығыны 30 л/с. Қол сұғылмайтын су қоры сақталады ма? Қалған бастапқы деректер 3.7-тапсырмада келтірілген.

Жауабы: $P = 21,6 \text{ кПа}$; қол сұғылмайтын су қоры сақталмайды.

3.9. Су көзіндегі су деңгейінен сорғының ең жоғары орналасу биіктігін анықтау (сурет. 2.2) егер өрт сөндіру су құбырының сорғышы 120 л/с суды тартса. Сорғыш құбыр диаметрі 350 мм ұзындығы 40 м кезінде ($\lambda = 0,02$). Құбыр кері клапаны бар сорғыш тормен жабдықталған ($\xi_1 = 10$), 3 тізесі бар ($\xi_2 = 0,5$). Сорғының сору қуысындағы вакуум мөлшері 6 м.

Жауабы: $Z = 4,43 \text{ м.}$

3.10. Өрт кезінде 35 л/с су өткізу кезінде диаметрі 150 мм шойын құбырларынан тұратын ұзындығы 400 м сыртқы су құбыры желісінің учаскесіндегі арынның жоғалуын анықтау.

Шешуі. Учаскедегі судың орташа жылдамдығы:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 35 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,98 \text{ м/с.}$$

Жылдамдық 1,2 м/с асып түссе, учаскедегі арынның жоғалуы мына формула бойынша анықталады (3.3)

$$hl = A l Q^2$$

6-қосымша бойынша диаметрі 150 мм шойын құбырдың үлестік кедергісі:

$$A = 37,11 \text{ (шығын үшін } Q \text{ м}^3/\text{с та)}$$

Сонда

$$hl = 37,11 \cdot 400 \cdot 0,035^2 = 18,18 \text{ м}$$

Жауабы: $hl = 18,18 \text{ м.}$

3.11. 30 л/с су өткізу кезінде диаметрі 200 мм шойын құбырларынан тұратын сыртқы су құбыры желісінің ұзындығы 280 м учаскесіндегі арынның жоғалуын анықтау. Арынның жоғалуын оңайлатылған формулалар бойынша

анықтау.

Жауабы: $h_l = 2,11$ м.

3.12. Диаметрі 66 мм резеңкеленген жеңдерден тұратын ұзындығы 180 м жеңдік желілердегі арынның жоғалуын анықтау, жеңдік желі бойынша су шығынын 12 л/с.

Жауабы: $h_p = 44,06$ м.

3.13. Егер құбырдың басында және соңында орнатылған манометрлер 4,2 ат және 3,1 ат қысымын көрсеткен болса, ұзындығы 1000 м және диаметрі 150 мм көлденең шойын құбыр бойынша су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 17,2$ л/с.

3.14. Диаметрі 100 мм құбыржолында диаметрі 75 мм дейін кенеттен тарылуы бар. Құбыр бойынша 8 л/с мөлшерінде су айдалады. Жергілікті кедергі арқылы арынның жоғалуын анықтау.

Жауабы: $h_M = 0,036$ м.

§ 7. Гидравликалық соққы.

Гидравликалық соққы сұйықтықтың орташа жылдамдығы кезінде өзгеруден туындаған қысымды құбырдағы қысымның жоғарылауы немесе төмендеуі деп аталады. Гидравликалық соққы жылдамдығы өзгеретін құбырдағы сұйықтық массасының инерциясымен ұласады.

Гидравликалық соққы өрт арматурасын жабу, сорғыларды қосу және ажырату кезінде, өрт жеңдерін сынған кезде туындайды, бұл құбырлардың, жеңдердің үзілуіне, сорғылардың бұзылуына әкелуі мүмкін.

Гидравликалық соққының маңызды сипаттамалары: соққы толқынының таралу жылдамдығы, гидравликалық соққы фазасы және қысымның артуы.

Жақындатылған есептеулер үшін соққы толқынының таралу жылдамдығын 3.1-кесте бойынша қабылдауға болады.

3.1. кесте

Материал	Соққы толқынының таралу жылдамдығы, а, м/с
Шойын болат	1200
Асбоцемент	700
Резеңкеленген жеңдер	300
Резеңкеленбеген жеңдер (жаңа)	120
Резеңкеленбеген жеңдер (пайдаланылған)	80

Гидравликалық соққы фазасы t_{Φ} – құбыр екі еселенген ұзындығын соққы толқынының жүріп өтуі үшін қажетті уақыт.

$$t_{\Phi} = \frac{2l}{a}, \quad (3.9)$$

Мұндағы t_{Φ} —соққы фазасы, с; l – құбырдың ұзындығы, м. Гидравликалық соққының толық немесе тура және толық емес немесе тура емес деген түрлері бар.

Егерде кранның немесе ысырманың жабылу уақыты t_3 соққы фазасынан кіші болса онда тура соққы пайда болады.

$$t_3 < t_{\Phi} \quad (3.10)$$

Егерде ысырманың жабылуы соққы фазасынан көп болса – соққы тура емес.

$$t_3 > t_{\Phi} \quad (3.11)$$

Тура гидравликалық соққы кезіндегі қысымның көтерілу шамасы формула бойынша анықталады:

$$\Delta P = \rho V, \quad (3.12)$$

мұндағы ΔP – қысымның өсу шамасы, Па; V – ысырма жабылғанға дейін құбырдағы сұйықтық қозғалысының орташа жылдамдығы, м/с.

Тура емес гидравликалық соққы кезіндегі қысымның ұлғаю шамасы:

$$\Delta P = \rho V \frac{t_{\Phi}}{t_3}, \quad (3.13)$$

Есептер:

3.15. Өрт кезінде су арынды мұнараның жылдам автоматты сөнуінен кейін шойын құбыржолындағы қысымның жоғарылауын анықтау. Құбыр жолы бойынша судың шығыны 40 л/с құрайды, құбыр жолының диаметрі 150 мм, соққы толқынының таралу жылдамдығы 1070 м/с.

Шешуі. Ысырма жабылғанға дейінгі қозғалыс жылдамдығы:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 2,26 \text{ м/с.}$$

Тура гидравликалық соққы кезіндегі қысым жоғарылауы:

$$\Delta P = \rho V = 1000 \cdot 1070 \cdot 2,26 = 2,418 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Жауабы: $\Delta P = 2,418 \text{ МПа.}$

3.16. Судың ағының жылдау жапқан кездегі қабырғаларындағы кернеу $\sigma = 50 \cdot 10^5$ Па аспауы үшін диаметрі 77 мм резеңкеленген жеңнің қабырғасының қалыңдығын анықтау. Соққы толқынының таралу жылдамдығы $a = 200$ м/с тең етіп қабылдау. Судың шығыны 15 л/с құрайды, алғашқы қысым $P_0 = 3,0 \cdot 10^5$ Па.

Жауабы: $\sigma = 5,6 \text{ мм.}$

3.17. Ысырманың кенеттен жабылуы кезінде қысымнан құбырдағы қысымның жоғарылау 2 есе аз болуы үшін ысырманың жабылу уақытын анықтау. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 1000 м/с, құбыр ұзындығы

1000 м.

Жауабы: $t_3 = 4$ с.

3.18. Ысырманың кенеттен жабылуы кезінде қысымнан құбырдағы қысымның жоғарылау тек 25% қана болуы үшін ысырманың жабылу уақытын анықтау. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 1000 м/с, длина трубопровода 800 м.

Жауабы: $t_3 = 6,4$ с.

3.19. Ысырманың жабылу уақытын анықтау, ұзындығы 700 м және диаметрі 200 мм болат құбырындағы қысымның жоғарылауы $9 \cdot 10^5$ Па аспау керек. Судың шығыны 60 л/с құрайды. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 1180 м/с.

Жауабы: $t_3 = 3$ с.

3.20. Ысырманың жабылу уақытын анықтау, ұзындығы 500 м шойын құбырындағы қысымның жоғарылауы $6 \cdot 10^5$ Па аспауы тиіс. Диаметрі 150 мм құбыр бойынша су шығыны 30 л/с құрайды.

Жауабы: $t_3 = 2,83$ с.

3.21. Жеңнің сынуы кезінде ұзындығы 200 м жеңдік желідегі қысымның ұлғаюын анықтау. Диаметрі 66 мм жең желісі бойынша су шығыны 10 л/с құрайды. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 300 м/с.

Жауабы: $\Delta P = 8,77 \cdot 10^5$ Па.

3.22. Тікелей гидравликалық соққы кезінде құбыр желісі қысымының өсуі қалай өзгереді, егер су шығыны 2 есе азайса?

Жауабы: 2 есе азаяды.

3.23. Егер су шығыны 3,4 л/с болса, кранды кенеттен жабуы кезінде диаметрі 51 мм жеңдік желіде қысымның ұлғаюын анықтау. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 120 м/с.

Жауабы: $\Delta P = 2 \cdot 10^5$ Па.

3.24. 15 л / с су шығыны кезінде диаметрі 77 мм резеңкеленген жеңдерден тұратын ұзындығы 300 м магистральдық құбыр желісінің басындағы гидравликалық соққы кезінде артық қысымның шамасын анықтау. Суды жабу уақыты 5 С құрайды. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 300 м/с. Жеңдік желісінің басында арын 70 м құрайды.

Шешімі. Гидравликалық соққыға дейін жең желісіндегі судың қозғалыс жылдамдығы:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,077^2} = 3,22 \text{ м/с.}$$

Гидравликалық соққы фазасы

$$t_{\Phi} = \frac{2l}{a} = \frac{2 \cdot 300}{300} = 2 \text{ с.}$$

$t_3 > t_{\Phi}$ болғандықтан, онда соққы тура емес.

Тура емес гидравликалық соққы кезіндегі қысымның жоғарылауы:

$$\Delta P = \rho V \frac{t_{\Phi}}{t_3} = 1000 \cdot 300 \cdot 3,22 \cdot \frac{2}{5} = 3,85 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Жең желісінің басындағы артық қысым

$$P_0 = 70 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 6,87 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Гидравликалық соққы кезіндегі жең желісіндегі артық қысым:

$$P = P_0 + \Delta P = 6,87 \cdot 10^5 + 3,86 \cdot 10^5 = 10,73 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Жауабы: $P = 10,73 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

3.25. Су шығыны 4 л/с кезінде диаметрі 51 мм резеңкеленген жеңдерден тұратын ұзындығы 60 м жұмыс жеңдік желісінің басында тікелей гидравликалық соққы кезінде артық қысымның шамасын анықтау. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 300 м/с, тармақталу қысымы $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ құрайды.

Жауабы: $P = 9,88 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

3.26. Диаметрі 200 мм болат құбырында жабу уақыты 8,2 с болатын ысырма орнатылған. Егер құбыр бойынша су шығыны 53 л/с құраса, ұзындығы 5 км құбырдағы қысымның жоғарылауын анықтау. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 1300 м/с.

Жауабы: $\Delta P = 13,59 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

3.27. Тікелей гидравликалық соққы кезінде диаметрі 200 мм болат құбырдың қалыңдығы 10,5 мм қабырғадағы кернеуді анықтау, егер соғылғанға дейін су 1,2 м/с жылдамдықпен қозғалса. Соққы толқынының таралу жылдамдығы 1200 м/с. Ысырма алдындағы бастапқы қысым $6 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Жауабы: $\sigma = 19,5 \text{ мПа}$.

IV-тарау. Тесіктер мен саптамалардан сұйықтықтардың ағуы. Өрт сөндіру ағысы.

§ 8. Тесіктер мен саптамалардан сұйықтықтардың ағуы.

Тесіктер мен саптамалардан сұйықтықтардың ағуын сипаттайтын негізгі шамалар болып табылады: сығылған қимадағы жылдамдық, сұйықтықтың шығыны, арын.

V тесігімен мен саптамадан ағатын сұйықтықтың жылдамдығы келесі формула бойынша анықталады:

$$V = \varphi \sqrt{2gH_0}, \quad (4.1)$$

мұндағы $H_0 = P + \frac{P_0}{\rho g}$ – ағыс жүзеге асатын арын.

Егер $P_0 = P_a$ онда $H_0 = H$

φ – жылдамдық коэффициенті саптамадағы жергілікті қысым шығынын ескереді.

Ағыс аяқталған кезде сұйықтық шығыны формула анықталады:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}, \quad (4.2)$$

мұндағы μ – шығын коэффициенті, Арынның жоғалуын және ағынның қысу дәрежесін ескереді.

Әртүрлі нысандағы саптамалар үшін жергілікті кедергі, сығылу, жылдамдық және шығыс коэффициенттерінің мәні 13-қосымшада келтірілген.

Өрт сөндіру ісі тәжірибесінде Q және H_0 анықтау үшін жеңілдетілген формулалар жиі қолданылады.

$$Q = p\sqrt{H}, \quad (4.3)$$

мұндағы P – саптаманың өткізгіштігі;

$$H_0 = S_H Q^2, \quad (4.4)$$

мұндағы S_H – саптаманың қарсыласуы.

Саптамалардың кедергілері мен өткізгіштерінің мәні 14-қосымшада келтірілген.

Тұрақты қысым кезінде резервуарды босату немесе толтыру уақытын мына формула бойынша анықтауға болады:

$$t = \frac{W}{Q}, \quad (4.5)$$

мұндағы t – босату уақыты, с; W – резервуар көлемі, m^3 ; Q – сұйықтықтың ағуы кезіндегі шығыны, m^3/c .

Ауыспалы арын кезінде резервуардың толық босатылу уақыты:

$$t = \frac{2W}{Q}, \quad (4.5)$$

мұндағы W – резервуардың бастапқы көлемі, m^3 ; Q – бастапқы арынмен сұйықтық шығыны, m^3/c .

Есептер:

4.1. $3 \cdot 10^5$ Па қысыммен диаметрі 35 мм тесіктен шығатын судың жылдамдығы мен шығынын анықтау. Жылдамдық коэффициент $\varphi = 0,97$, шығын коэффициентті $\mu = 0,62$.

Жауабы: $V = 23.76$ м/с, $Q = 14,6$ л/с.

4.2. 2,5 л/с шығынымен ағысты алу үшін қажетті, диаметрі 13 мм саптаманың арынын анықтау.

Жауабы: $H = 18,06$ м.

4.3. 60 л/с шығынымен ағысты алу үшін қажетті, диаметрі 50 мм саптаманың арын анықтау.

Жауабы: $H = 47,52$ м.

4.4. Ұзындығы 20 м резеңкеленген жеңмен және диаметрі 13 мм саптамасы бар оқпанмен жабдықталған, саптамадан 3 л/с шығынымен ағыс алу үшін қажетті диаметрі 50 мм ішкі өрт қранының арынның анықтау.

Шешуі. Өрт қранының қажетті арыны жеңдегі арынның және саптамадағы арынның шығын суммасы ретінде анықталады.

$$H = h_p + H_{CB}$$

Резеңкеленген жеңдегі Арынның жоғалуы:

$$h_p = nS_p Q^2 = 1 * 0,24 * 3^2 = 2,16 \text{ м.}$$

Саптамадағы арын:

$$H_{CB} = S_H Q^2 = 2,89 * 3^2 = 26,01 \text{ м.}$$

Сонда:

$$H = 2,16 + 26,01 = 27,17 \text{ м.}$$

Жауабы: $H = 28,17 \text{ м.}$

4.5. Ұзындығы 20 м резеңкеленген жеңмен және диаметрі 19 мм саптамасы бар оқпанмен жабдықталған диаметрі 65 мм ғимараттың ішкі өрт қранының (биік) қажетті арының анықтау. Су шығыны 5 л/с құрайды.

Жауабы: $H = 17,78 \text{ м.}$

4.6. Егер өрт қранының кепілдік арыны 20 м құраса, ұзындығы 20 м резеңкеленген жеңмен және диаметрі 16 мм саптамасы бар оқпанмен жабдықталған диаметрі 50 мм Өрт қранынан су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 3,65 \text{ л/с.}$

4.7. Егер Гидропневматикалық қондырғы бағындағы кепілді артық қысым $4,2 * 10^5 \text{ Па}$ болса, ұзындығы 20 м резеңкеленген жеңмен және диаметрі 19 мм саптамасы бар оқпанмен жабдықталған диаметрі 65 мм Өрт қранынан судың ықтимал шығынын анықтау. Өрт қраны пневматикалық қондырғы бағының деңгейіне қатысты 20 м биіктікте орналасқан, ішкі желідегі Арынның жоғалуы 5 м.

Жауабы: $Q = 5 \text{ л/с.}$

4.8. Ғимараттың кіре берісінде сыртқы су құбыры желісінде қандай кепілді арынмен диаметрі 50 мм өрт қранынан 2,8 л/с шығын қамтамасыз етілетіндігін анықтау. Өрт қраны ұзындығы 20 м резеңкеленген жеңмен және диаметрі 16 мм саптамасы бар оқпанмен жабдықталған, 25 м биіктікте орналасқан. Ішкі желідегі арынның жоғалуы 6 м.

Шешуі: Сыртқы су құбыры желісіндегі кепілді арын өрт қранына суды көтеруді, ішкі желі мен жеңдегі арынның шығындарын еңсеруді, саптамада қажетті арынды құруды қамтамасыз етуі тиіс.

$$H = Z + h_{BH} + h_p + h_{CB}$$

Жеңдегі арынның жоғалуы:

$$h_p = nS_p Q^2 = 1 * 0,24 * 2,8^2 = 1,88 \text{ м.}$$

Саптамадағы қажетті арын:

$$H_{CB} = S_H Q^2 = 1.26 * 2,8^2 = 9,88 \text{ м.}$$

Сонда:

$$H = 25,0 + 6 + 1,88 + 9,88 = 42,76 \text{ м.}$$

Жауабы: $H = 42,76 \text{ м.}$

4.9. Биік ғимараттарды өртке қарсы сумен жабдықтау өрт крандарын су қысымды бактардан өрт сорғыштары қосылғанға дейін қоректендіруді көздейді. Бастапқы шығыс 3,5 л/с қамтамасыз ету үшін ұзындығы 20 м резеңкеленген жеңмен және саптамасы 19 мм оқпанмен жабдықталған, диаметрі 65 мм жақын өрт кранына дейін су қысымды бактың ең аз орналасу биіктігін анықтау. Жақын жердегі өрт кранына дейінгі ішкі желідегі Арынның жоғалуы 1 м.

Жауабы: $H = 9,71 \text{ м.}$

4.10. Егер диаметрі 65 мм ең алыстағы өрт краны 20 м биіктікте орналасқан және ұзындығы 10 м резеңкеленген жеңмен және диаметрі 19 мм саптамасы бар оқпанмен жабдықталған болса, театр ғимаратының ішкі өрт крандарының жұмысын қамтамасыз ететін өрт сорғысының ең аз арынын анықтау. Ағынның өнімділігі 6,3 л/с. Ішкі желідегі арынның жоғалуы 7 м.

Жауабы: $H = 53,69 \text{ м.}$

4.11. Сыртқы өрт сөндіру су құбырының желісіндегі қысым өрт сорғыларын қосқанға дейін биіктігі 35 м су қысымды мұнарадан қоректенеді. Егер су алу Мәскеу үлгісінің колонкасы арқылы диаметрі 66 мм және ұзындығы 100 м бір резеңкеленген жеңдік желі арқылы жүзеге асырылса, ұңғының диаметрі 19 мм саптамалары болса, жер деңгейінде қандай шығын алуға болатынын анықта.

Жауабы: $Q = 6,55 \text{ л/с.}$

4.12. Жоғары қысымды өрт сөндіру су құбыры гидрантының қажетті арынын анықтау. Шатырына диаметрі 19 мм саптамасы бар оқпандар көтерілген кәсіпорынның ең биік ғимаратының биіктігі 25 м құрайды. Гидрантқа орнатылған колонкадан су беру, диаметрі 66 мм және ұзындығы 120 м резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүзеге асырылады. Оқпаннан су шығыны 5 л/с кем болмауы тиіс.

Жауабы: $H = 52,4 \text{ м.}$

4.13. 4.12-есептің мәліметтері бойынша, егер оқпан жер деңгейінде орналасқан болса, жоғары қысымды өрт сөндіру су құбырын сынау кезінде оқпаннан шығатын су шығыны қандай болуы тиіс екенін анықтау.

Жауабы: $Q = 6,91 \text{ л/с.}$

4.14. Егер кәсіпорында ең жоғары ғимараттың биіктігі 35 м болса, жоғары қысымды өрт сөндіру су құбыры гидрантының қажетті арынын анықтау.

Оқпан жер деңгейінде орналасуы кезінде шығын қандай болады? Тапсырманы шешу үшін қалған мәліметтер 4.12 есептің шарттары алынады.

Жауабы: $H = 62,4$ м; $Q = 7,54$ л/с.

4.15. Егер 3 л/с кем емес шығын алу қажет болса, ішкі өрт кранының оқпанына арналған стандартты саптамаларды таңдау. Қондырма алдындағы кепілді арын 15 м құрайды. Шығын коэффициенті $\mu = 0,98$. Таңдалған саптаманың нақты шығынын анықтау.

Жауабы: $d = 16$ мм; $Q = 3,45$ л/с.

4.16. Егер 6 л/с кем емес шығын алу қажет болса, ішкі өрт кранының оқпанына арналған стандартты саптамаларды таңдау. Саптама алдындағы кепілді қысым 28 м құрайды. Шығын коэффициент $\mu = 0,98$. Таңдалған саптаманың нақты шығынын анықтау.

Жауабы: $d = 19$ мм; $Q = 6,64$ л/с.

4.17. Диаметрі 4 м және биіктігі 6 м цилиндрлік резервуар түбінде диаметрі 100 мм саңылауы (отверстие) бар. Егер тесік шығынының коэффициенті $\mu = 0,62$ болса, резервуардың толық босатылу уақытын анықтау.

Жауабы: $t = 47,54$ мин.

4.18. Диаметрі 200 мм Сыртқы цилиндрлік саптамалар арқылы мұнай құйылған резервуардың авариялық босату уақытын анықтау. Резервуардың диаметрі 10 м, мұнай қабатының биіктігі 8 м.

Жауабы: $t = 1,08$ часа.

§ 9. Тік және көлбеу ағыстар.

Ағын реакциясы.

Еркін ағын - қатты қабырғалармен шектелмеген сұйықтық ағыны деп атайды. Су басқан бос ағыстар, сұйықтықпен қоршалған және су баспаған ағыстар газбен қоршалған болып бөлінеді.

Өрт ағындары қол және лафетті оқпандардан алынатын тұтас және арнайы бүріккіш-саптардан түзілетін шашыраңқы болып бөлінеді.

Әдетте, тұтас суға батпайтын ағыс үш бөлікке бөлінеді: жинақы, ішінара ұсақталған және шашыраған.

Тік тұтас ағыстың биіктігі сур. 4.1, Люгер формуласы бойынша анықталады.

$$H_B = \frac{H}{1 + \varphi H}, \quad (4.7)$$

немесе формула бойынша

$$H_B = H(1 - 1,13 \cdot 10^{-4} \frac{H}{d}), \quad (4.8)$$

мұндағы H – саптама алдындағы арын, м; d – саптама диаметрі, м.
 φ коэффициенті эмпирикалық формула бойынша анықталады:

$$\varphi = \frac{0,25}{d+(0,1d)^3}, \quad (4.9)$$

Мұндағы d – саптаманың шығу қимасының диаметрі, м.

Диаметрі 28 мм-ге дейінгі саптамалардың жинақы бөлігінің шамасын барлық тік ағыстың бөлігі ретінде анықтайды.

$$H_K = fH_B, \quad (4.10)$$

мұндағы f – коэффициент, тік ағыстың биіктігіне байланысты.

Саптаманың диаметрі 25 мм-ден аспайтын қол оқпандардан алынатын R_K көлбеу ағысының жинақы бөлігінің шамасы тік ағыстың жинақы бөлігінің биіктігіне тең қабылданады.

$$R_K = H_K, \quad (4.11)$$

Тік ағыстың биіктігіне байланысты R_p ұсатылған ағыстың әсер ету радиусы мынадай формула бойынша анықталады.

$$R_p = \beta H_B, \quad (4.12)$$

Мұндағы β – коэффициент.

β коэффициентінің мәні ағынның горизонтқа көлбеу бұрышы α байланысы 4.1-кестеде келтірілген.

4.1.Кесте.

α	0	15	30	45	60	75	90
β	1,4	1,3	1,2	1,12	1,07	1,03	1,00

15 және 16-қосымшаларда шағын ағыстың әсер ету радиусы, саптама диаметрі, қол және лафетті оқпандарға арналған сұйықтық қысымы мен шығысы арасындағы тәуелділіктер көрсетілген.

Сыртқы өрттерді сөндіру үшін қолданылатын қол оқпандарының жинақы ағысының ең аз ұзындығы 17 м кем болмауы тиіс.

Ағын реакциясы деп саптамадан сұйықтықтың өтуі кезінде пайда болатын күш. Бұл күш ағынның кері қозғалысына бағытталған. Ағын реакциясының шамасын теңдеу бойынша анықтауға болады.

$$F = -2\rho\omega, \quad (4.13)$$

мұндағы F – ағын реакциясы, Н; P – саптама алдындағы сұйықтық қысымы, Па; ω - шығу қимасының ауданы м².

Есептер:

4.19. Егер су қысымы 30 м кезінде су диаметрі 19 мм саптамалар арқылы шығатын болса, тік тұтас ағыстың биіктігін анықтау.

Шешімі. Люгер формуласы бойынша тік тұтас ағыстың биіктігі.

$$H_B = \frac{H}{1+\varphi H},$$

Коэффициент φ

$$\varphi = \frac{0,25}{d+(0,1d)^3} = \frac{0,25}{19+(0,1*19)^3} = 9,67*10^{-3}$$

Сонда

$$H_B = \frac{30}{1 + 9,67 \cdot 10^{-3} \cdot 30} = 23,25 \text{ м.}$$

Жауабы: $H_B = 23,25 \text{ м.}$

4.20. Биіктігі 20 м тік тұтас ағысты алу үшін қажетті арынды анықтау.
Саптама диаметрі 16 мм.

Жауабы: $H = 26,62 \text{ м.}$

4.21. Су биіктігі 25 м тік ағыс түрінде диаметрі 19 мм саптамадан шығады.
Ағынның шағын бөлігінің әрекет ету радиусын және су шығынын анықтау.

Жауабы: $R_K = 19,2 \text{ м; } Q = 7,2 \text{ л/с.}$

4.22. Өндірістік ғимараттың ішкі өрт қранының $R_K = 14 \text{ м}$ жинақы ағысын алу үшін қажетті арынды анықтау. Өрт қраны ұзындығы 20 м және диаметрі 51 мм резеңкеленген жеңмен жабдықталған, саптама диаметрі 13 мм.

Жауабы: $H = 25,4 \text{ м.}$

4.23. $R_K = 18 \text{ м}$ жинақы ағысты алу үшін биік ғимараттың ішкі өрт қранының қажетті арынын анықтау. Өрт қраны ұзындығы 20 м және диаметрі 66 мм резеңкеленген жеңмен жабдықталған, қондырма диаметрі 19 мм.

Жауабы: $H = 32,9 \text{ м.}$

4.24. Өндірістік ғимараттың ішкі өрт қранына арналған стандартты саптамаларды таңдау, егер 2,5 л/с кем емес шығын кезінде ағыстың ықшам бөлігінің радиусы 10 м кем емес болса.

Оқпан саптамасында арынды және нақты шығынды анықтау.

Жауабы: $d = 16 \text{ мм; } H_{CB} = 14,1 \text{ м; } Q = 3,3 \text{ л/с.}$

4.25. Диаметрі 20 мм саптаманың шекті қысымын анықтау, оның асып кетуінен ағыс биіктігінің артуы байқалмайды.

Жауабы: $H = 88,5 \text{ м.}$

4.26. Ағыс диаметрі 22 мм саптамадан өткен кезде құралатын шағын және ұсақталған ағыстардың жанама өтетін қыйсық сызықтарын құрыңыз. Саптама алдындағы арын 30 м. Егер шығын коэффициенті $\mu = 0,98$ болса, су шығынын анықтау.

Жауабы: $Q = 9,03 \text{ л/с.}$

4.27. 30 м қысым кезінде диаметрі 25 мм саптамадан ағатын ағыстың реакциясын анықтау.

Шешуі. Ағыс реакциясы теңдеу бойынша анықталады

$$F = -2\rho\omega,$$

Саптама алдындағы сұйықтық қысымы

$$P = \rho g H = 100 \cdot 9,81 \cdot 30 = 294,3 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

Саптаманың шығу қимасының ауданы.

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0,025^2}{4} = 4,906 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Сонда

$$F = -2 \cdot 294,3 \cdot 10^3 \cdot 4,906 \cdot 10^{-4} = -288,8 \text{ Н.}$$

Жауабы: $F = -288,8 \text{ Н.}$

4.28. Арыны 50 м кезінде диаметрі 63 мм лафетті оқпан саптамасынан шығатын ағыстың реакциясын анықтау.

Жауабы: $F = -3056 \text{ Н.}$

4.29. Саптаманың диаметрі 2 есеге ұлғайған болса, ағыстың реакциясы қалай өзгереді?

Жауабы: Ағын реакциясы 4 есе артады.

4.30. Саптаманың алдында 50 м қысым кезінде ағыстың реакциясы 1500 Н аспайтындай саптаманың максималды рұқсат етілген диаметрін анықтау. Тандалған стандартты саптама үшін нақты реакция анықтау.

Жауабы: $d = 38 \text{ мм; } F = -1446 \text{ Н.}$

V Тарау . Сорғы-жеңдік жүйелерді есептеу.

Сорғы-жеңдік жүйе деп тиісті оқпандармен жабдықталған сорғы, жеңдік желілер жиынтығы аталады.

Өрт сөндіру тәжірибесінде сорғыш-жеңдік жүйелердің әр түрлі түрлері қолданылады, оларды таңдау су көзінің сипаттамаларына, өрттің даму сипатына, сорғының негізгі жұмыс параметрлеріне және басқа да көрсеткіштерге байланысты.

§ 10. Ортадан тепкіш сорғылардың негізгі жұмыс параметрлері.

Өрт орнына су беруді қамтамасыз ететін ортадан тепкіш сорғылардың негізгі жұмыс параметрлері: шығын Q , арын H , қуаттылық N , к.п.д. η , сору биіктігі $H_{\text{св}}$, айналу жиілігі n .

Сорғының беруі бірлік уақыт ішінде сорып алынатын сұйықтық көлемі. Сорғыны беру $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{л}/\text{с}$ өлшенеді.

Сорғының арыны айдау сұйықтығы бағанасының метрімен есептелген сорғыға кіру және шығу кезінде ағынның толық үлестік энергияларының айырымын атайды.

H сорғысының қысымы аспаптардың көрсеткіштері бойынша анықталуы мүмкін.

$$H = H_0 + \frac{P_B + P_M}{\rho g} + \frac{V_H^2 - V_{BC}^2}{2g}, \quad (5.1)$$

Мұндағы H_0 – вакуумметр және манометр қондырғылары нүктелерінің арасындағы тігінен қашықтық, м; P_B – вакуумметр көрсеткіші, Па; V_H , V_{BC} – арынды және сорғыш құбырдағы сұйықтықтың жылдамдығы, м/с; ρ – сұйықтықтың тығыздығы, кг/м³.

Сорғы қондырғысының элементтері бойынша сорғы арынын анықтаудың екінші тәсілі бар.

$$H = H_\Gamma + h_{BC} + h_H + H_{CB} \quad (5.2)$$

Мұндағы H_Γ – сұйықтықты көтерудің геометриялық биіктігі, м; h_{BC} , h_H – сору және арынды құбырлардағы арынның шығындары, м; H_{CB} – еркін арын, м.

Сорғының қуаттылығы N – уақыт бірлігінде сорғымен жүргізілетін жұмыс Вт-пен өлшенеді.

Тиімді (пайдалы) қуат:

$$N_n = \rho g H Q \quad (5.3)$$

Көлемдік, гидравликалық және механикалық шығындарды есепке алып сорғының толық П.Ә.К. η сорғының N_n тиімді қуатымен қозғалтқыштан өзі тұтынатын қуаттың қатынасына тең.

$$\eta = \frac{N_n}{N} \quad (5.4)$$

Сорғы жетегі үшін электр қозғалтқышының қуаты

$$N_D = K \frac{N}{\eta \eta_n} = K \frac{\rho g H Q}{\eta \eta_n} \quad (5.5)$$

мұндағы K – қуат қорының коэффициенті; η_n – берудің П.Ә.К.

Ортадан тепкіш сорғылар үшін толық П.Ә.К. тең 0,6-0,9.

H_{BC} сорудың геометриялық биіктігі мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$H_{BC} = H_B - \frac{V_{BC}^2}{2g} - h_{BC} \quad (5.6)$$

Мұндағы H_B – сорудың вакуумметриялық биіктігі, сорғыға кіре берісте сирету дәрежесін сипаттайды, бумаларда қойылады, м, $\frac{V_{BC}^2}{2g}$ – жылдамдық арыны, м; h_{BC} – сору құбырындағы қысымның жоғалуы, м.

Айналу жиілігі n -уақыт бірлігіндегі сорғы білігінің айналым саны, 1/с.

Сорғы білігінің айналу жиілігі n_1 -ден n_2 -ге дейін өзгерген кезде негізгі жұмыс параметрлері өзгереді:

Беруі $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (5.7)$

Арыны $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (5.8)$

$$\text{Қуаты} \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \quad (5.9)$$

Есептер.

5.1. ПН-60 ортадан тепкіш сорғымен тұтынылатын қуатты анықтау, егерде оның су беруі $Q = 0,06 \text{ м}^3/\text{с}$, толық арын $H = 100 \text{ м}$, толық П.Ә.К. $\eta = 0,6$.

Шешуі. Сорғы тұтынатын қуат (5.4) формуладан анықталады

$$N = \frac{N_n}{\eta} = \frac{\rho g H Q}{\eta}$$

Сонда

$$N = \frac{1000 * 9,81 * 100 * 0,06}{0,6} = 98,1 \text{ кВт.}$$

Жауабы: $N = 98,1 \text{ кВт.}$

5.2. 70 л/с су беру кезінде сорғының толық арының және ол пайдаланатын қуатын анықтау. Геометриялық сору биіктігі 2 м, геометриялық айдау биіктігі 50 м, сорғыш су құбырындағы арынның жоғалуы 2 м, айдауда 11 м, айдау құбырдың соңында еркін арын 1 м, сорғының толық П.Ә.К. 0,8. Беру коэффициенті 0,85, қуат қорының коэффициенті 0,96.

5.3. Егерде сорғының беруі 110 л/с сорғы қондырғысының толық арынын анықтау, сорғыш келте құбыр диаметрі 200 мм, сорғының арынды келте құбырының диаметрі 100 мм, манометр көрсеткіштері $5 * 10^5 \text{ Па}$, вакуумметр көрсеткіштері $0,3 * 10^5 \text{ Па}$, қысым мен сиретуді өлшеу нүктелерінің арасындағы қашықтық (тігінен) 450 мм.

Жауабы: $H = 63,7 \text{ м.}$

5.4. Егерде вакуумметрдің сиретуі $7,33 * 10^4 \text{ Па}$ болса ортадан тепкіш сорғының толық арының анықтау, Определить полный напор, развиваемый центробежным насосом, если разряжение по вакуумметру, қысымның геометриялық биіктігі 40 м, сызықтағы арын жоғалуы 20 м.

Жауабы: $H = 67,5 \text{ м.}$

5.5. 20 л/с суды 10 м арынмен беру үшін ортадан тепкіш сорғы 2 кВт қуатты пайдаланады, Егерде екі еселенген жиелікпен айналатын жұмыс дөңгелегі бар, сорғымен ауыстырсақ, су берудің, арынның және пайдаланылатын қуаттың қалай өзгеретінін анықта.

Шешімі. Айналу жиілігі өзгерген кезде сорғының параметрлері (5.7), (5.8), (5.9). формулалардан анықталады.

Су беруі

$$Q_2 = Q_1 \frac{N_1}{N_2} = 20 * 2 = 40 \text{ л/с}$$

Арын $H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = 10 \cdot 2^2 = 40 \text{ м}$

Қуаттылығы $N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = 2 \cdot 2^3 = 16 \text{ кВт.}$

Жауабы: $Q = 40 \text{ л/с; } H = 40 \text{ м; } N = 16 \text{ кВт.}$

5.6. Біліктің айналу жиілігін 42 1/с-тан 28 1/с-қа дейін өзгерту кезінде сорғы тұтынатын қуат, арын, су беру қалай өзгереді анықтау. Айналу жиілігі өзгергенге дейін су беру 60 л/с, толық арын 100 м, қуаты 98 кВт құрады.

Жауабы: $Q = 40 \text{ л/с; } H = 44,4 \text{ м; } N = 29,04 \text{ кВт.}$

5.7. 10 л/с берілетін сорғы диаметрі 100 мм құбыржолы арқылы суды айдайды. Сорғыш келте құбырдың диаметрі 125 мм. Егерде манометр қысымды 5 кг/см² ал вакуумметр 350 мм сын. бағкөрсетіп тұрса, сорғының толық қысымын анықта. Манометр мен вакуумметрді орнату нүктелерінің арасындағы тігінен қашықтық 1 м.

Жауабы: $H = 55,86 \text{ м.}$

5.8. Егерде арынды келте құбырдағы манометр қысымы 10 кг/см², ал сорғыш келте құбырдағы вакуумметр 0,5 кг/см² көрсетсе ортадан тепкіш сорғыштың арының анықта. Аспаптарды тігінен орнату нүктелерінің арасындағы қашықтық 0,5 м. Арынды және сорғыш келтеқұбырлардың диаметрі өзара тең.

Жауабы: $H = 105,5 \text{ м.}$

5.9. Егер ортадан тепкіш сорғының су беруі 30 л/с болса, ортадан тепкіш сорғы білігінің қуатын анықтау, манометр көрсеткіші 0,9 кг/см², вакуумметрдікі 550 мм. сын.бағ., Аспаптарды орнату нүктелерінің арасындағы тігінен қашықтық 0,35 м, арынды және сорғыш келтеқұбырлардың диаметрі бірдей, сорғы П.Ә.К. 0,65.

Жауабы: $N = 30,3 \text{ кВт.}$

5.10. Арыны 65 м кезінде ортадан тепкіш сорғының су беруі 400 м³/сағ, айналу жиілігі 15,6 1/с, сорғы қондырғысының толық П.Ә.К. 0,75. Сағатына 560 м³ дейін жеткізу үшін сорғының қуатын, айналу жиілігін және арынын анықтау.

Жауабы: $N = 259,2 \text{ кВт. } n = 21,8 \text{ 1/с; } H = 127,4 \text{ м.}$

§ 11. Элементтерді тізбектей, параллель және аралас жалғау кезінде жеңдік жүйелердің басында сорғының қажетті арынын анықтау.

Қажетті арын жеңдік жүйедегі кедергілерді еңсеруді, суды биіктікке

көтеруді және өрт сөндірушілердің жұмыс ағысын құруды қамтамасыз етуі тиіс. Қажетті арын теңдеу бойынша анықталады.

$$H_H = S_{\text{СИСТ}} Q^2 + Z, \quad (5.10)$$

Мұндағы H_H – қажетті арын, м; $S_{\text{СИСТ}}$ – жең желілері жүйесінің кедергісі; Q – судың жалпы шығыны, л/с; Z – сорғы осінен оқпандарды көтеру биіктігі, м.

Элементтерді параллель жалғаған кезде жүйе кедергісі мынадай формула бойынша анықталады.

$$S_{\text{СИСТ}} = S_1 + S_2 + \dots + S_n \quad (5.11)$$

K – бірдей учаскеге параллель қосылған кезде

$$S_{\text{СИСТ}} = \frac{S_I}{K^2} \quad (5.12)$$

Элементтерді аралас жалғағанда.

$$S_{\text{СИСТ}} = S_M + S_{P.L.} \quad (5.13)$$

мұндағы S_M – магистральды желілердің кедергісі;

$S_{P.L.}$ – параллель жұмыс желілерінің кедергісі.

Оқпан қосылған жеке жұмыс желісінің кедергісі.

$$S_{P.L.} = S_{Pn} + S_H, \quad (5.14)$$

мұндағы S_{Pn} – бір жеңнің кедергісі; n – жұмыс желісіндегі жеңдер саны; S_H – оқпан кедергісі, есептеу кезінде саптама кедергісі сияқты қабылданады.

Қажетті арынды жеңдік жүйенің жекелеген элементтеріндегі Арынның шығын суммасы ретінде анықтауға болады.

$$H_H = h_p + H_{CB} + Z, \quad (5.15)$$

Мұндағы h_p – жеңдік жүйедегі арынның жоғалуы, м; H_{CB} – оқпандағы еркін арын, м; Z – сорғы осінен оқпандарды көтеру биіктігі, м.

Элементтерді тізбектей жалғағанда (сур. 5.1.)

$$H_H = n S_P Q^2 + S_H Q^2 + Z, \quad (5.16)$$

Элементтерді параллель жалғағанда (сур. 5.2.)

$$H_H = n S_P q^2 + S_H q^2 + Z, \quad (5.17)$$

мұндағы q – жеңдік желілердің бірі бойынша су шығыны, л/с..

Элементтерді аралас жалғағанда (сур. 5.3)

$$H_H = n_M S_P^M Q^2 + n_P S_P^P q^2 + S_H q^2 + Z, \quad (5.18)$$

мұндағы S_P^M және S_P^P – магистральдық және жұмыс желісінің бір стандартты жеңінің кедергісі; n_M және n_P – магистральдық және жұмыс желілерінің біреуіндегі жеңдер саны; q – бір (кез келген) жұмыс желісі бойынша су шығыны, л/с;

$Q = q_1 + q_2 + q_3$ – Магистральдық желі бойынша су шығыны, л/с.

(5.18) формуланың S_P^P, n_P, q, S_H параметрлері – сол (кез келген) желі үшін алынады.

Есептер:

5.11. Егер өрт орнына су Ұзындығы 180 м және диаметрі 77 мм магистральдық желіден және ұзындығы 40 м және диаметрі 51 мм жұмыс желісінен тұратын құбыр жүйесі бойынша берілетін болса, жұмыс өрт ағысын алу үшін сорғының қажетті арының анықтау (сурет. 5.4). Қондырма диаметрі 16 мм. Оқпан көтерілу биіктігі 12 м. Жеңдері резеңкеленген.

Шешуі. Сорғының қажетті арыны

$$H_H = S_{\text{сист}} Q^2 + Z$$

Жүйенің кедергісі

$$S_{\text{сист}} Q = S_P^M n_M + S_P^P n_P + S_H = 0,015 \cdot 9 + 0,13 \cdot 2 + 1,26 = 1655$$

15 Қосымша бойынша

$$Q = 4,8 \text{ л/с}$$

Сонда

$$H_H = 1,655 \cdot 4,8^2 + 12 = 50,13 \text{ м.}$$

Жауабы: $H_H = 50,13 \text{ м.}$

5.12. Лафеттік оқпанға су жеткізетін екі параллельді жеңдік желілердегі Арынның жоғалуын анықтау (сурет. 5.5) шығын 30 л/с мөлшерінде. Жеңдік желінің ұзындығы 120 м, диаметрі 77 мм, жеңдері резеңкеленген.

Жауабы: $h_P = 20,25 \text{ м.}$

5.13. Ұзындығы 200 м және диаметрі 66 мм магистральдық желіден және әрқайсысы 40 м және диаметрі 51 мм үш жұмыс желісінен тұратын жең жүйесі бойынша өрт орнына су беру кезінде өрт сөндіру жұмыс ағысын алу үшін автонасосың қажетті арын анықтау (сурет. 5.3). Саптаманың диаметрі 13 мм, оқпан көтерілу биіктігі 8 м. Жеңдері резеңкеленген.

Шешуі. Аралас қосылыс кезіндегі қажетті арынды анықталады:

$$H_H = S_P^M n_M Q^2 + S_P^P n_P q^2 + S_H q^2 + Z$$

Бір жұмыс желісі бойынша су шығыны

$$q = 3,4 \text{ л/с}$$

Магистральдық желі бойынша су шығыны жұмыс желілері бойынша шығыстар суммасы ретінде айқындалады.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 3q = 3 \cdot 3,4 = 10,2 \text{ л/с}$$

Магистральдық және жұмыс желілеріндегі жеңдер саны:

$$n_M = \frac{200}{20} = 10; n_P = \frac{40}{20} = 2$$

Сонда

$$H_H = 0,034 \cdot 10 \cdot 10,2^2 + 0,13 \cdot 2 \cdot 3,4^2 + 2,89 \cdot 3,4^2 + 8 = 79,8 \text{ м.}$$

Жауабы: $H_H = 79,8 \text{ м.}$

5.14. Егер су өрт орнына ұзындығы 200 м және диаметрі 77 мм екі параллельді жеңдік желілер бойынша берілсе, жинақы ағыстың әрекет ету радиусын және сорғыштың су беруін анықтау (сурет. 5.2.). Саптамалардың диаметрі 19 мм, сорғыштың қысымы 80 м. Оқпандарды көтеру биіктігі 15 м. Жеңдері резеңкеленген.

Жауабы: $R_K = 24 \text{ м; } Q = 18,2 \text{ л/с.}$

5.15. Шымтезек массивінде өрт сөндіру үшін автонасосардан әрқайсысы ұзындығы 200 м және диаметрі 66 мм екі магистральдық желі төселді (сурет. 5.6). 1-ші магистральдық желіде диаметрі 22 мм саптамасы бар оқпан бар. 2

магистральді желіде үш жұмыс желісі төселген тармақтау орнатылды: бірінші және үшінші ұзындығы 40 м және диаметрі 51 мм, саптамалардың диаметрі 13 мм, екінші ұзындығы 40 м және диаметрі 66 мм, қондырма диаметрі 19 мм. Жеңдер резеңкеленген. Егер екінші жұмыс желісі әрекет ету радиусы 17 м жинақы ағысты қамтамасыз етсе, автонасостың суды беруімен мен қысымын анықтау.

Жауабы: $Q = 25,37$ л/с; $H_H = 99,0$ м.

5.16. Егер ұзындығы 100 м диаметрі 66 мм бірінші жеңдік желі 42 м биіктікте диаметрі 19 мм саптамалар арқылы 6,5 л/с шығынын қамтамасыз етуі тиіс болса, сорғының арының және су беруін анықтау (сурет. 5.2) Ұзындығы 60 м екінші жеңдік желі 39 м биіктікке су береді, саптаманың диаметрі 19 мм. Жеңдер резеңкеленген. Екінші жеңдік желінің диаметрі 66 мм.

Жауабы: $H_H = 75,97$ м; $Q = 13,6$ л/с.

5.17. 17 м кем емес жинақы бөлігінің радиусы бар жұмыс өрт сөндіру ағысын алу үшін қажетті сорғының арынын анықтау. Жең жүйесі ұзындығы 100 м және диаметрі 89 мм магистральдық желіден және үш жұмыс желісінен тұрады (сурет. 5.3). Жұмыс желісінің негізгі параметрлері:

- | | | | | |
|----|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. | Ұзындығы | $l_1=60$ м; | $l_2=80$ м; | $l_3=60$ м; |
| 2. | Жеңдердің диаметрі | $d_1=51$ мм; | $d_2=66$ мм; | $d_3=51$ мм; |
| 3. | Саптамалар диаметрі | $d_{H1}=13$ мм; | $d_{H2}=19$ мм; | $d_{H3}=16$ мм; |
| 4. | Оқпандардың көтерілу биіктігі | $Z_1=32$ м; | $Z_2=36$ м; | $Z_3=32$ м; |

5. Жеңдер резеңкеленген

Жауабы: $H_H = 74,22$ м.

5.18. Шымтезек кәсіпорнындағы өртті сөндіру үшін диаметрі 19 мм саптамасы бар бір оқпан және 13 мм саптамасы бар төрт оқпан іске қосылды (сурет. 5.7). Жеңдік желілердің ұзындығы: $l_1=100$ м; $l_2=140$ м; $l_3=200$ м; $l_4 = l_5 = 40$ м; $l_6 = l_7 = 60$ м, жеңдік желілердің диаметрі: $d_1= d_2= d_3=66$ мм; $d_4= d_5= d_6= d_7=51$ мм; Жеңдер резеңкеленген. Диаметрі 19 мм саптамалар арқылы ағыстың шағын бөлігінің әрекет ету радиусы 10 м құрайды. Автонасостың су беруімен мен арының анықтау.

Жауабы: $Q = 16,96$ л/с; $H_H = 92$ м.

5.19. Егер диаметрі 22 мм саптамалар арқылы жұмыс ағысын алу қажет болса, диаметрі 66 мм резеңкеленген жеңдік желінің шекті мүмкін болатын ұзындығын анықтау. Сорғыштың қысымы $7 \cdot 10^5$ Па, оқпан көтерілу биіктігі 15 м.

Жауабы: $l = 240$ м.

5.20. Көлемі 500 м^3 өрт су қоймасы екі параллель жеңдік желі бойынша толтырылады (сурет. 5.8) әрқайсысының ұзындығы 240 м. Бірінші желінің диаметрі 66 мм, екіншісі 77 мм, жеңдері резеңкеленген. Сорғыш осінен 14 м жоғары орналасқан су қоймасының толтыру уақытын анықтау. Сорғыш қысымы 60 м.

Жауабы: $t = 5,22$ часа.

5.21. Егер автонасосстан су өрт орнына ұзындығы 100 м және әрқайсысының диаметрі 51 мм магистральдық желіден тұратын жең жүйесі бойынша берілетін болса, оқпандарды көтерудің ең жоғары биіктігін анықтау (сурет. 5.3). Саптамалардың диаметрі 13 мм, сорғы арыны 90 м. Жеңдері резеңкеленген. Жұмыс ағыны.

Жауабы: $Z = 34,4$ м.

5.22. Ұзындығы 160 м, диаметрі 77 мм магистральдық желілерден және ұзындығы 40 м, диаметрі 66 мм жұмыс желілерінен тұратын жең жүйесі бойынша өрт орнына су беру кезінде өрт сөндіру жұмыс ағысын алу үшін цистернасының сыйымдылығы 2300 л АЦ – 40 (131) автоцистерна сорғышының қажетті арының және жұмыс уақытын анықтау,

Жүйенің жеңдері резеңкеленген, бүріккіш диаметрі 16 мм. оқпан көтерілу биіктігі 8 м.

Жауабы: $H_H = 41,36$ м; $t = 8$ мин.

5.23. Егер өрт орнына су беру ұзындығы 220 м, диаметрі 89 мм магистральдық желіден және ұзындығы 40 м, әрқайсысы диаметрі 66 мм үш жұмыс желісінен тұратын құбыр жүйесі бойынша жүзеге асырылса, 20 м шағын бөлігінің әрекет ету радиусымен өрт ағысын алу үшін АЦ – 40 (375Н) өрт сөндіру автоцистерна сорғышының қажетті арының және сыйымдылығы 4000 л су үшін цистернаның толық босатылу уақытын анықтау

Жеңдер жүйесі резеңкеленген, қондырмалардың диаметрі 16 мм, оқпандарды көтеру биіктігі 6 м.

Жауабы: $H_H = 60,19$ м; $t = 3,97$ мин.

§ 12. Сорғыштар мен жеңдік жүйелердің бірлескен жұмысы.

Сорғыш-жеңдік жүйесінің су шығының анықтау кезінде жеңдік жүйенің сипаттамасын және сорғыштың жұмыс режимін ескереді. Сорғыштар мен жеңдік жүйелердің бірлескен жұмысы туралы есептер графикалық және аналитикалық түрде шешілуі мүмкін. Есептеудің аналитикалық тәсілі екі теңдеудің бірлескен шешімі болып табылады:

- қозғалтқыш жұмысының шекті режимі кезінде сорғыш жұмысын сипаттайтын теңдеу (мүмкін болатын арын)

$$H_p = a - bQ^2, \quad (5.19)$$

мұндағы a , b – сорғыш түрін сипаттайтын параметрлер 17-қосымшада келтірілген;

- жеңдік жүйенің жұмысын сипаттайтын теңдеу (қажетті арын)

$$H_H = S_{\text{СИСТ}} Q^2 + Z, \quad (5.20)$$

Сорғыш-жеңдік жүйенің қалыпты жұмыс істеуі үшін міндетті шарт H_H жұмыс өрт сөндіру ағысын алу үшін қажетті арын H_P мүмкін арыннан аспау болып табылады. (5.19) және (5.20) теңдеулердің оң бөліктерін теңестіре отырып, максималды шығын мөлшерін табамыз

$$Q = \sqrt{\frac{a-Z}{S_{\text{СИСТ}}+b}} \quad (5.21)$$

5.19 және 5.20 теңдеулерінде есептеудің графикалық тәсілі кезінде еркін шығындарды қояды, арынды анықтайды және координат осінде оларға сәйкес нүктелерді табады (сурет. 5.9).

Жұмыс нүктесі деп аталатын В нүктесіндегі сипаттамалардың қиылысуы осы сорғыш-жеңдік жүйесі үшін судың шекті шығыны мен сорғының қысымын анықтайды.

Магистральдық желіде жеңдердің ең көп саны.

$$n = \frac{a-bQ^2-n_p S_p^p q^2 - S_H q^2 - Z}{S_p^M Q^2} \quad (5.22)$$

Жергілікті жердің рельефін ескере отырып, 1 кесіндісіндегі жеңдер санын 1,2 қор коэффициентімен анықтайды.

$$n = \frac{1,2l}{20} \quad (5.23)$$

Есептер:

5.24. Егер өрт орнына су ұзындығы 300 м, диаметрі 66 мм екі магистралды желі және әрқайсысы 60 м, диаметрі 51 мм алты жұмыс желісі бойынша бойынша АН-30 (130) автосорғышпен берілетін болса, сорғының шығынымен арының анықтау (сурет. 5.10.).

Су резеңкеленген жеңдер бойынша диаметрі 13 мм саптамалар арқылы беріледі. Оқпандар 10 м биіктікке көтерілген.

Шешуі. Сорғыштың шығыны мынадай формула бойынша анықталады:

$$Q = \sqrt{\frac{a-Z}{S_{\text{СИСТ}}+b}},$$

мұндағы, $a = 110,6$; $b = 0,0104$. (17 қосымшадан қарау).

Бір желінің кедергісі

$$S_I = S_P^M n_M + \frac{S_P^p n_P + S_H}{K^2} = 0,034 * 15 + \frac{0,13 * 3 + 2,89}{3^2} = 0,874$$

Жүйенің кедергісі:

$$S_{\text{СИСТ}} = \frac{S_I}{K^2} = \frac{0,874}{2^2} = 0,2186$$

Сонда:

$$Q = \sqrt{\frac{110,6-10}{0,2186+0,0104}} = 20,96 \text{ л/с}$$

Сорғыда мүмкін болатын Арынның мәнін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$H_p = a - bQ^2 = 110,6 - 0,0104 \cdot 20,96^2 = 106,0 \text{ м.}$$

Жауабы: $Q = 21,0 \text{ л/с}$; $H = 106,0 \text{ м}$.

5.25. Егер өрт орнына су ұзындығы 120 м, диаметрі 77 мм магистральдық желі бойынша және ұзындығы 40 м, диаметрі 51 мм екі жұмыс желісі бойынша әрқайсысы сапатама диаметрі 16 мм оқпандар арқылы АН – 30 (130) автонасосымен берілсе, сорғыштың шығыны мен арының графикалық тәсілмен анықтау. (сур. 5.11) Жеңдік жүйе резеңкеленген.

Жауабы: $Q = 15,2 \text{ л/с}$; $H = 108,2 \text{ м}$.

5.26. АЦ-30 (130) өрт автомобилінде орнатылған және өрт орнына су беретін сорғының жұмыс нүктесін анықтау (сурет.5.12) егер магистральды желі диаметрі 77 мм жеңдерден төселген болса, ал жұмыс желілерінің әрқайсысының ұзындығы 80 м, диаметрі: $d_1=d_3=51 \text{ мм}$; $d_2=66 \text{ мм}$.

Саптама диаметрі $d_{H1}=d_{H3}=13 \text{ мм}$; $d_{H2}=19 \text{ мм}$. Жеңдержүйесі резеңкеленген. Оқпандар 12 м биіктікке көтерілген.

Жауабы: Жұмыс нүктесі параметрлермен белгіленеді.

$Q = 21,55 \text{ л/с}$; $H = 105,77 \text{ м}$.

5.27. Егер М-1400 өрт сөндіру мотопомпасынан су әрқайсысы ұзындығы 400 м екі резеңкеленген диаметрі тиісінше 51 және 66 мм жеңдік желі бойынша, көлемі 100 м^3 өрт сөндіру су қоймасының толтыру уақытын анықтау.

Су қоймасы сорғы осінен 5 метр жоғары орналасқан (сурет.5.13), жеңнен судың өтуі бос.

Жауабы: $t = 94,6 \text{ мин}$.

5.28. Магистральдық желінің шекті ықтимал ұзындығын анықтау (сурет.5.12) егер екінші бағанадан өнімділігі $4,8 \text{ л/с}$ ағын алу қажет болса.

Жеңдік жүйе диаметрі 77 мм магистральдық желіден және ұзындығы үш жұмыс желілерінен тұрады: $l_1=40 \text{ м}$, $l_2=60 \text{ м}$, $l_3=80 \text{ м}$, $d_1=d_3=51 \text{ мм}$, $d_2=66 \text{ мм}$ және оқпандары $d_{H1}=d_{H3}=13 \text{ мм}$, $d_{H2}=16 \text{ мм}$.

Оқпандар тармақталуға қатысты биіктікке көтерілуі: $Z_1=3 \text{ м}$, $Z_2=6 \text{ м}$, $Z_3=9 \text{ м}$, ал тармақталу АНР – 40 (130) өрт сөндіру автомобилі сорғышының осіне қатысты 2 м биіктікте орнатылған. Жүйенің жеңдері резеңкеленген.

Шешуі: Тармақталу арыны екінші оқпанның жұмыс істеу жағдайынан анықталады.

$$H_{\text{РАЗВ.}} = (S_{P2}n_{P2} + S_{H2})q_2^2 + Z = (0,034 \cdot 3 + 1,26) \cdot 4,8^2 + 6 = 37,38 \text{ м.}$$

Параллель жұмыс желілеріндегі Арынның жоғалуы бірдей болғандықтан, келесі теңдеулер дұрыс болады:

- бірінші жұмыс желісі үшін:

$$H_{\text{РАЗВ.}} = (S_{P1}n_{P1} + S_{H1})q_1^2 + Z_1$$

- үшінші жұмыс желісі үшін:

$$H_{\text{РАЗВ.}} = (S_{P3}n_{P3} + S_{H3})q_3^2 + Z_3$$

Осыдан табатынымыз:

$$q_1 = \sqrt{\frac{H_{\text{РАЗВ}} - Z_1}{S_{P1} n_{p1} + S_{H1}}} = \sqrt{\frac{37,38 - 3}{0,13 \cdot 2 + 2,89}} = 3,3 \text{ л/с}$$

$$q_3 = \sqrt{\frac{H_{\text{РАЗВ}} - Z_1}{S_{P3} n_{p3} + S_{H3}}} = \sqrt{\frac{37,38 - 9}{0,13 \cdot 4 + 2,89}} = 2,88 \text{ л/с}$$

Магистральдық желі бойынша су шығыны

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 3,3 + 4,8 + 2,88 = 10,98 \text{ л/с.}$$

Магистральді желінің шекті мүмкін ұзындығы анықталғандықтан, яғни сорғының жұмысы кезіндегі ең жоғары айналу жиілігі көрсетілген сорғының сипаттамасын пайдалану қажет.

Сонымен қатар: $H_p = H_n$,

мұндағы $H_p = 110,6 - 0,0098 \cdot Q^2$ – ПН – 40 У сорғышының сипаттамасы.

$H_n = S_p^M Q^2 + H_{\text{РАЗВ}} + Z_{\text{РАЗВ}}$ – жеңдік желінің сипаттамасы.

Сипаттамалардың оң жақ бөліктерін теңестіре отырып

$$110,6 - 0,0098 Q^2 = S_p^M n_m Q^2 + H_{\text{РАЗВ}} + Z_{\text{РАЗВ}},$$

Магистральдық желіде жеңдер санын табамыз:

$$n_m = \frac{110,6 - 0,0098 Q^2 + H_{\text{РАЗВ}} + Z_{\text{РАЗВ}}}{S_p^M Q^2} = \frac{110,6 - 0,0098 \cdot 10,98^2 - 37,38 - 2}{0,015 \cdot 10,98^2} = 39$$

Жауабы: $n = 39$ жең.

5.29. М-800 өрт сөндіру мотопомпасынан су беру кезінде магистральдық желінің шекті мүмкін болатын ұзындығын анықтау (сурет.5.14) егер магистральдық желідегі жең диаметрі 77 мм болса, ұзындығы 60 м және диаметрі 66 мм жұмыс желісінде диаметрі 22 мм саптамасы бар оқпан орнатылған. Оқпан тармақталуға қатысты 4 м биіктікке көтеріледі, ал тармақталу сорғыштың осіне қатысты 2 м биіктікте орнатылған. Жүйенің жеңдері резеңкеленген.

Жауабы: $n = 16$ жең.

§ 13. Суды қотара беру кезіндегі сорғылардың тізбектей жұмысы және лафетті оқпандардың параллель жұмысы.

Басты автонасосы есепке ала отырып, өрт орнына су беру үшін қажетті өрт сорғыларының санын K мына формула бойынша есептеуге болады:

$$K = \frac{S_{\text{СИСТ}} Q^2 + Z}{\alpha(a - b Q^2) - H_{\text{ОСТ}}} + 1 \quad (5.24)$$

Мұндағы $S_{\text{СИСТ}}$ – біріншісінен бастап бас сорғышқа дейінгі жеңдік желілер жүйесінің кедергісі, Z – су көзі мен бас сорғыштың биіктік белгілерінің әртүрлілігі, $H_{\text{ОСТ}} = 10$ м – қалдық арын, $\alpha = 0,75$ – сорғыштың жұмыс режимінің коэффициенті.

Суды айдаған кезде автонасосстардың саны су көзі мен өрт орны арасындағы жалпы қашықтыққа L және көрші автонасосстар арасындағы шекті қашықтыққа l байланысты анықталуы мүмкін.

$$K = \frac{L}{l} + 1 \quad (5.25)$$

Бір жеңдік желі бойынша суды айдау кезінде көрші автосорғыштар арасында төселген n жеңдерінің шекті саны:

$$n = \frac{\alpha (a - bQ^2) - H_{\text{ост}} - \Delta Z}{S_P Q^2}, \quad (5.26)$$

мұндағы, ΔZ – көршілес автонасостар арасындағы биіктік белгілердің айырмашылығы.

Екі параллельді жеңдік желімен суды қотару кезінде көршілес автонасостар арасындағы шекті қашықтық 4 есе ұлғайтылуы мүмкін.

Егер бас автонасос өрт орнынан шекті қашықтықта болған жағдайда, айдау кезіндегі автонасостардың саны теңдеу бойынша анықталуы мүмкін:

$$K = \frac{L - l_{\text{пр.}}}{l} + 1, \quad (5.27)$$

Мұндағы $l_{\text{пр}}$ – бас автонасосынан өрт орнына дейінгі шекті қашықтық.

Ірі өрттерді сөндіру кезінде лафетті оқпандардан күшті ағыспен көп мөлшерде су беру қажеттілігі туындайды. - Сур. 5.15. лафетті оқпандарға суберудің негізгі сұлбалары келтірілген. Сорғыштың қажетті арыны мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін.

$$H = S_{\text{сист.}} (KQ_H)^2 + Z, \quad (5.28)$$

Мұндағы H – Арынның берілген шамасы немесе сорғының сипаттамасы, м; K -сорғылардың саны; Q_H – сорғыштың су беруі, л/с; Z – Сорғыш пен оқпанның биіктік белгілерінің әртүрлілігі.

Есептер:

5.30. Егер су көзінен өрт орнына дейінгі қашықтық 1200 м болса, судықотара беру кезінде авто сорғыш санын анықтау. Жұмыс режимі коэффициентін есепке ала отырып сорғылардың арыны 80 м. Бас автонасос өрт орнында орналасқан. Өртті сөндіру диаметрі 13 мм саптамалары бар 3 оқпан, жұмысшылар ағыны арқылы жүзеге асырылады. Айдау үшін диаметрі 66 мм резеңкеленген жеңдер пайдаланылады. Жергілікті жер тегіс.

Шешімі. Судыайдау желісіндегі жеңдердің саны:

$$n = \frac{1,2 L}{20} = \frac{1,2 * 1200}{20} = 72$$

Жүйенің кедергісі:

$$S_{\text{сист}} = 0,034 * 72 = 2,448$$

Қотара беру желісі бойынша су шығыны:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 3 * 3,4 = 10,2 \text{ л/с}$$

Автосорғыштар саны:

$$K = \frac{2,448 * 10,2^2}{80 - 10} + 1 = 5$$

Жауабы: $K = 5$.

5.31. 5.30-міндеттің шарттары бойынша, егер бас автосорғыш диаметрі 16 мм саптамалары бар 2 оқпан арқылы су беруді жүзеге асырса, қотара беру кезіндегі автосорғыштардың санын анықтау.

Жауабы: $K = 5$.

5.32. 15 л/с суды 1000 м қашықтыққа айдау кезінде АНР -40 (130) автонасостарының санын анықтау. Суды қотара беру диаметрі 66 мм екі жеңдік желі бойынша жүзеге асырылады. Өрт орнында орнатылған бас автонасосының су көзінен асып кетуі 12 м. Сорғыштың жұмыс режимі $\alpha = 1$.

Жауабы: $K = 3$.

5.33. 5.32-есептің шарттары бойынша, егер қотара беру диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүзеге асырылса, АНР – 40 (130) автонасостарының санын анықтау. Сорғыштың жұмыс режимі $\alpha = 0,75$.

Жауабы: $K = 7$.

5.34 Өрт орнына 1000 м қашықтыққа су беруді қамтамасыз ететін АН-30 (130) автонасостарының санын анықтау. Суды қотара беру диаметрі 77 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүргізіледі. Өрт орнында орналасқан бас автосорғыш диаметрі 19 мм саптамалары бар екі оқпанның және диаметрі 13 мм саптамалары бар екі оқпанның жұмысын қамтамасыз етеді. Жергілікті жер тегіс. Сорғылардың жұмыс режимі-шектеулі.

Жауабы: $K = 5$.

5.35. Өрт орнына 800 м қашықтыққа су беру үшін АН/30 (130) автонасостардың санын анықтау. Өрт орнынан шекті қашықтыққа алыстатылған бас автосорғыш саптамалары бар 3 оқпанның жұмысын қамтамасыз етеді: $d_{н1} = d_{н3} = 16$ мм. және $d_{н2} = 22$ мм.. Екінші оқпандағы ағыстың жинақы бөлігінің радиусы 20 м. Әрқайсысының ұзындығы 40 м жұмыс желілері, бірінші және үшінші желідегі жеңдерінің диаметрі 51 мм, екінші желі 77 мм. Магистральды желі диаметрі 77 мм жеңдерден төселген (сурет.5.12).Оқпандардың бас сорғыш осінен жоғары орналасу биіктігі 4 м. Бас автонасос пен су көзі арасындағы биіктік белгілерінің айырмасы 20 м. Жеңдер резеңкеленген. Сорғылар шекті режимде жұмыс істейді.

Жауабы: $K = 5$.

5.36. Өрт орнына 1200 м қашықтыққа су беру үшін өрт сөндіру автонасостарының санын анықтау. Өрт орнынан шекті қашықтықта орналасқан бас автосорғыш диаметрі 19 мм саптамалары бар екі оқпанның жұмысын қамтамасыз етеді. Суды қотара диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүргізіледі. Жұмыс режимінің коэффициентін есепке ала отырып сорғының арыны 90 м. Көрші автонасостардың биіктік белгілерінің әртүрлілігі 10 м. Оқпандар 9 м биіктікке көтерілген.

Жауабы: $K = 4$.

5.37. Өрт орнына 1000 м қашықтыққа су беруді қамтамасыз ететін автонасостардың қажетті санын анықтау. Суды қотара беру диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүргізіледі.Өрт орнынан шекті қашықтықта орналасқан бас автосорғыш диаметрі 13 мм саптамалары бар үш

оқпан жұмысын қамтамасыз етеді. Ұзындығы 40 м жұмыс желілері әрқайсысының диаметрі 51 мм резеңкеленген жеңдерден төселген. Жұмыс режимі коэффициентін есепке ала отырып, сорғылардың арыны 90 м. Жергілікті жер тегіс.

Жауабы: $K = 3$.

5.38. Өрт орнына 800 м қашықтыққа су беруді қамтамасыз ететін авто сорғыштардың қажетті санын анықтау. Суды қотара беру диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүргізіледі, бас автоқос өрт орнында орналасқан және диаметрі 13 мм саптамалары бар үш оқпанның жұмыс ағысын қамтамасыз етеді. Көрші автонасосорғыштардың биіктік белгілерінің әртүрлілігі 5 м. Жұмыс режимінің коэффициентін есепке ала отырып сорғыштың арыны 80 м.

Жауабы: $K = 4$.

5.39. Егер бас автосорғыш өрт сөндіру шарттары бойынша 22 л/с шығынымен су беруді қамтамасыз етуі тиіс болса, суды қотара беруге жұмыс істейтін АНР-40 (130) автонасосы арасындағы шекті қашықтықты анықтау. Суды қотара беру диаметрі 66 мм екі резеңкеленген жең желісі бойынша жүргізіледі. Көршілес автосорғыштар арасындағы биіктік белгілердің айырмашылығы 3 м. Сорғының жұмыс режимінің коэффициенті $\alpha = 0,75$.

Шешуі. Екі желі бойынша суды қотара беру кезінде көршілес автонасосы арасындағы жеңдердің ең көп саны теңдеу бойынша анықталады.

$$n = 4 \frac{\alpha (a - bQ^2) - H_{\text{ост}} - \Delta Z}{S_P Q^2} = 4 \frac{0,75 (110,6 - 0,0098 * 22^2) - 3 - 10}{0,034 * 22^2} = 17$$

Жеңдік желінің ұзындығы $L_p = 20n = 20 * 17 = 340$ м.

Жауабы: $L_p = 340$ м.

5.40. 5.39 есеп шарты бойынша. егер суды қотара беру диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүзеге асырылса, АНР-40(130) автосорғышының арасындағы шекті қашықтықты анықтау.

Жауабы: $L_p = 80$ м.

5.41. Егер суды қотара беру диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі бойынша жүзеге асырылса, көрші автосорғыштар арасындағы шекті қашықтықты анықтау. Судың шығыны 12 л/с. Жергілікті жер тегіс. Жұмыс режимінің коэффициентін есепке ала отырып сорғының арыны 80 м.

Жауабы: $L_p = 300$ м.

5.42. Егер бас автомобиль 25 л/с су шығының қамтамасыз етуі тиіс болса, суды қотара беру кезінде жұмыс істейтін ПНС-110 өрт сөндіру автомобильдері арасындағы шекті қашықтықты анықтау. Суды қотара беру диаметрі 77 мм екі резеңкеленген желі бойынша жүзеге асырылады, көршілес автосорғыштар арасындағы жергілікті биіктік айырмашылығы 2 м. Сорғылар шекті режимде жұмыс істейді. Егер суды қотара беру диаметрі 77 мм бір резеңкеленген жеңдік

желі бойынша жүзеге асырылса, автосорғыштар арасындағы қашықтықты анықтау.

Жауабы: $L_1 = 860$ м, $L_2 = 220$ м.

5.43. Диаметрі 32 мм саптамасы бар лафетті оқпанға су беру АНР-40(130) және АА-410(131) екі өрт сөндіру автокөлігінен жүзеге асырылады (сурет. 5.15 2-сызба). АНР-40 (130) автомобилінен ұзындығы 100 м резеңкеленген жеңдер диаметрі 77 мм жең желісі төселді, ал АА-40 (131) автомобилінен диаметрі 77 мм ұзындығы 120 м резеңкеленген жеңдер төселген. Насосы расположены ниже лафетного ствола на 5 м.

Жұмыс істейтін сорғыштардың әрқайсының су беруін анықтау.

Шешуі. Сорғыштар мен жеңдік жүйелердің бірлескен жұмысының аналитикалық шарты осылайша жазылады:

$$a - b Q_H^2 = S_{\text{СИСТ}}(K Q_H)^2 + Z$$

Содан анықтайтынымыз Q_H

$$Q_H = \sqrt{\frac{a - Z}{b + K^2 S_{\text{СИСТ}}}}$$

Осы есептің шарттары бойынша жүйенің кедергісі тең болады:

$$S_{\text{СИСТ}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_P n_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_P n_2}}\right)} + S_H = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{5 \cdot 0,015}} + \frac{1}{\sqrt{6 \cdot 0,015}}\right)} + 0,0132 = 0,034$$

Сонда әрбір сорғыштың су беруі тең болады

$$Q_H = \sqrt{\frac{110,6 + 5}{0,0098 + 2^2 \cdot 0,034}} = 26,9 \text{ л/с}$$

Жауабы: $Q_H = 26,9$ л/с.

5.44. Ұзындығы 25 м ағысты алу үшін ұзындығы 120 м және диаметрі 77 мм екі параллель резеңкеленген жеңдік желілер бойынша саптама диаметрі 50 мм лафетті оқпанға су беру кезінде сорғыш арынын анықтау (сурет. 5.15 1-сызба). Оқпан 2 м биіктікке көтерілді.

Жауабы: $H_H = 69,6$ м.

5.45 Өрт орнына су беру кезінде диаметрі 38 мм саптаманың алдында лафеттік оқпанның шығынын анықтау (сурет. 5.15 2-схема), егер әрбір сорғыштан әрқайсысы диаметрі 66 мм бір резеңкеленген жеңдік желі төселген болса, сонымен қатар бірінші жеңдік желінің ұзындығы 160 м, екіншісі 120 м болады. Оқпан 8 м биіктікке көтерілген. Сорғыштар 80 м тең арынды ұстап тұрады.

Жауабы: $Q = 23,7$ л/с. $H = 22,5$ м.

5.46. АА-40 (131) параллель жұмыс істейтін өрт сөндіру автомобильдерінің қаншасы 50 л/с шығынымен лафеттік оқпанның жұмысын қамтамасыз ете алатынын анықтау (сурет. 5.15 кесте 2). Егер әрбір сорғыдан диаметрі 89 мм және әрқайсысының ұзындығы 80 м бір резеңкеленген жеңдік желісі төселген болса. Оқпан 10 м биіктікке көтерілген.

Жауабы: $K = 1$.

5.47. Саптама диаметрі 65 мм лафетті оқпаннан су шығынын анықтау (5.15-сурет 3-сызба), егер екі өрт сөндіру автомобилінің әрқайсысынан АНР-40 (130) және АЦ-40(375) диаметрі 77 мм және әрқайсысының ұзындығы 80 м екі резеңкеленген жеңдік желілер төселген болса. Лафетті оқпанға су беру әрқайсысы ұзындығы 20 м диаметрі 89 мм екі магистральдық резеңкеленген желі бойынша жүзеге асырылады. Оқпан 4 м биіктікке көтерілген. Сорғылар бірдей режимде жұмыс істейді және 90 м арынды дамытады.

Жауабы: $Q = 92,7$ л/с.

II Бөлім.

Өртке қарсы сумен жабдықтау жүйелері.

VI Тарау . Өнеркәсіптік объектінің сыртқы су құбырын есептеу.

Жобаланатын сыртқы су құбырын есептеудің негізгі міндеті әрбір ғимаратқа және құрылыстарға қажетті мөлшерде және тиісті арынмен су беруді қамтамасыз ету болып табылады.

§ 14. Судың есептік шығыстарын анықтау.

Судың есептік шығындарын үш негізгі топқа бөлуге болады: шаруашылық-ауыз су, өндірістік және өртке қарсы.

Біріккен су құбырларын есептеу кезінде өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін судың есептік шығыстары анықталады:

Өртке дейін: $Q_{\text{РАСЧ}} = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ДУШ.}}$ (6.1)

Өрт кезінде: $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ПОЖ.}}$ (6.2)

Мұндағы $Q_{\text{МАКС Х.Р.}}$ – судың ең жоғары шаруашылық-ауыз су шығыны, л/с, $Q_{\text{ПР.}}$ – судың өндірістік шығыны, л/с, $Q_{\text{ДУШ.}}$ – судың себезгі шығыны, л/с, $Q_{\text{ПОЖ}}$ – өрт сөндіруге арналған су шығыны (сыртқы және ішкі), л/с.

Ең жоғары шаруашылық-ауыз су шығыны тең болады:

$$Q_{\text{МАКС Х.Р.}} = K * Q_{\text{СР.Х.Р.}}, \quad (6.3)$$

мұндағы K – су тұтынудың біркелкі емес коэффициенті;

$Q_{\text{СР.Х.Р.}}$ – орташа шаруашылық-ауыз су шығыны, л/с.

$$Q_{\text{СР.Х.Р.}} = \frac{q_{1,2} N_1}{3600t}, \quad (6.4)$$

Мұндағы $q_{1,2}$ – ыстық және суық цехтарда ауысымда 1 адамға су тұтыну нормасы; t – ауысым жұмыс уақыты, сағ; N – ауысымдағы жұмысшылар саны.

Себезгі қондырғыларына су шығыны мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{\text{ДУШ}} = \frac{q_3 N_2}{3600n}, \quad (6.5)$$

Мұндағы q_3 – 1 себезгі торына судың сағаттық шығыны, л/сағ;

N_2 – себезгі қабылдайтын адам саны; n – 1 себезгі торына арналған адам саны.

Өрт сөндіруге арналған су шығыны сыртқы және ішкі өрт сөндіруге арналған су шығындарының суммасына тең.

$$Q_{\text{ПОЖ}} = Q_{\text{НАР}} + Q_{\text{ВН}}. \quad (6.6)$$

Сыртқы өрт сөндіруге су шығыны ҚР ҚН 4.01-03-2013. және «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» ТР бойынша анықталады, Ішкі өрт сөндіруге су шығыны бойынша анықталады ҚР ҚН 4.01-01-2011.

Есептер:

6.1. Ауысымына 2500 адам жұмысшылар санымен өнеркәсіптік кәсіпорынның біріккен су құбыры үшін судың есептік шығындарын анықтау. Ең өрт қауіпті ғимараттың көлемі 27000 м³ II отқа төзімділігі дәрежелі. Өрт қауіптілігі бойынша өндіріс санаты Б. Судың өндірістік шығыны 10 л/с. Өндіріс аумағы 40 га. Себезгі қабылдайтын жұмысшылар саны 1700, ал 1 себезгі торына адам саны-7. Жылу бөлетін барлық цехтар 20 ккал/м³ сағ. Ғимараттың ені 60 м дейін.

Шешімі. Өнеркәсіптік кәсіпорындар үшін судың есептік шығыны:

$$\text{Өртке дейін. } Q_{\text{РАСЧ}} = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ДУШ.}}$$

$$\text{Өрт кезінде: } Q_{\text{РАСЧ}}^1 = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ПОЖ.}}$$

Жеке мұқтаждарға арналған шығыстарды анықтаймыз.

Судың ең жоғары шаруашылық-ауыз су шығыны.

$$Q_{\text{МАКС Х.Р.}} = K \frac{q_1 N_1}{3600t} = 3 \frac{25 \cdot 2500}{8 \cdot 3600} = 6,51 \text{ л/с}$$

Судың себезгі шығыны:

$$Q_{\text{ДУШ.}} = \frac{q_3 N_2}{3600n} = \frac{500 \cdot 1700}{7 \cdot 3600} = 33,73 \text{ л/с}$$

Өрт су шығыны:

$$Q_{\text{ПОЖ}} = Q_{\text{НАР}} + Q_{\text{ВН}} = 20 + 5 = 25 \text{ л/с.}$$

Сонда кәсіпорындағы судың есептік шығыны

$$\text{Өртке дейін: } Q_{\text{РАСЧ}} = 6,51 + 10 + 33,73 = 50,24 \text{ л/с.}$$

$$\text{Өрт кезінде: } Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 6,51 + 10 + 25 = 41,51 \text{ л/с.}$$

$$\text{Жауабы: } Q_{\text{РАСЧ}} = 50,24 \text{ л/с; } Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 41,51 \text{ л/с.}$$

6.2. Егер неғұрлым өрт қауіпті ғимаратта келесі сипаттамалары бар болса, ауданы 67 га өнеркәсіптік кәсіпорын үшін өрт сөндіру қажеттіліктеріне су шығынын анықтау:

6.1 кесте.

Ғимарат нөмірі	Отқа төзімділік дәрежесі	ӨЖҚ бойынша өндіріс санаты	Құрылыс көлемі, мың.м ³ .
1	II	В	17
2	II	Г	30
3	III	В	7

Ғимараттың ені 60 м дейін.

$$\text{Жауабы: } Q_{\text{ПОЖ}} = 25 \text{ л/с.}$$

6.3. Егер ең жоғары шаруашылық-ауыз су шығыны 10 л/с, ал өндірістік шығын – 12 л/с болса, өнеркәсіптік кәсіпорынның біріккен су құбырының өрт

жағдайында судың есептік шығының анықтау.

Ең өрт қауіпті ғимарат II отқа төзімділігі дәрежелі, көлемі 18000 м³. Кәсіпорын 19 га аумақты алып жатыр. Өрт қауіптілігі бойынша өндіріс санаты В. Ғимарат ені 55 м.

Жауабы: $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 37 \text{ л/с}$.

6.4. Жұмысшылар саны 2000 адам болатын өнеркәсіптік кәсіпорынның біріккен су құбыры үшін судың есептік шығынын анықтау. Себезгі қабылдайтын жұмысшылар саны 1100 адамды құрайды, ал 1 себезгі торына адам саны-5. Кәсіпорынның барлық цехтары 20 ккал/м³ сағ кем жылу бөледі. Судың өндірістік шығыны-15 л / с. Кәсіпорын 22 га аумақты алып жатыр.

Жауабы: $Q_{\text{РАСЧ}} = 50,78 \text{ л/с}$.

6.5. Егер ғимараттың көлемі 55000 м³ және ені 63 М II дәрежелі отқа төзімді болса, металлургиялық комбинаттың құю цехына арналған судың есептік шығынын анықтау. Ауысымындағы жұмысшылардың саны-300 адам, оның 290-ы себезгі қабылдайды. Өндірістік мұқтаждықтарға су шығыны 10 л/с құрайды.

Өрт қауіптілігі бойынша өндіріс санаты-Г. 1 себезгі торына 5адам саны тең.

Жауабы: $Q_{\text{РАСЧ}} = 19,41 \text{ л/с}$; $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 31,35 \text{ л/с}$.

§ 15. Сыртқы су құбыры желісінің гидравликалық есебі.

Сыртқы су құбыры желісінің гидравликалық есебі екі режим кезінде жүргізіледі.

Бірінші режим үшін (өртке дейін) қажетті:

- Желі учаскелерінде су шығынын анықтау;
- желі учаскелерінде құбыр диаметрін таңдау;
- желідегі арынның жоғалуын анықтау.

Екінші режим үшін (өрт кезінде) қажетті:

- өрт кезінде су шығынын өткізуге құбырлардың таңдалған диаметрлерін тексеру;

- желідегі арынның жоғалуын анықтау.

Құбырлардың диаметрлерін іріктеуді мәндері 6.2-кестеде келтірілген шекті экономикалық негізделген шығыстар бойынша жүргізуге болады.

6.2 кесте.

Құбыр диаметрі, мм.	Шекті экономикалық шығындар л/с.	
	Q мин.	Q макс.
100	-	8,2
125	7	14
150	12,7	21,8
200	21,8	40
250	40	65
300	65	94

400	133	178
-----	-----	-----

Тармақталған (тұйық) су құбыры желілері бүйірлік тармақталуларға су беруді жүзеге асыратын тізбекті қосылған құбыр желілері ретінде есептеледі.

Құбырдың барлық ұзындығы бойынша арынның жоғалуы құбырлардың тізбектей қосылған учаскелеріндегі жоғалулардың суммасы ретінде анықталады.

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (6.6)$$

сақиналы су құбыры желілері үшін арынның жоғалуы учаскелер мен жартылай сақиналарда есептеледі. Бұл ретте жартылай сақинадағы арынның жоғалу суммасы тең болуы тиіс

$$\sum h_I = \sum h_{II} \quad (6.7)$$

Сақиналы су құбырлы желіні есептеу кезінде Δh ауытқушылық болуы мүмкін ол желі байламы деп аталады.

$$\sum h_I - \sum h_{II} = \pm \Delta h \quad (6.8)$$

Желінің өртке дейін суды өткізуге есептеу кезінде желінің байламы 0,5 м-ден аспайтын, ал өрт кезінде 1 м-ден аспайтын байламдарға жол беріледі.

Егер байламдарды есептеу кезінде рұқсат етілгеннен артық болса, онда ағындарды түзету шығынының Δq шамасына қайта бөлу қажет.

Түзету шығыны мынадай формула бойынша анықталады:

$$\Delta q = \pm \frac{\Delta h}{2 \sum S Q}, \quad (6.9)$$

мұндағы S – учаскенің кедергісі, Q – учаскедегі су шығыны, л/с.

Желідегі арынның шығыны жартылай сақинадағы арынның шығыны ретінде анықталады.

$$h_C = \frac{\sum h_I + \sum h_{II}}{2}, \quad (6.10)$$

Жергілікті шығындарды ескере отырып, желідегі арынның жалпы жоғалуы мынадай формула бойынша анықталады:

$$h_{\text{общ}} = 1,1 h_C \quad (6.11)$$

Есептер:

6.7. Өнеркәсіптік кәсіпорынның сыртқы су құбыры желісінің гидравликалық есебін жүргізу.

Тораптардағы алынатын судың мөлшері және есептік учаскелердің ұзындығы суретте келтірілген. 6.1.

Шешімі. Басты нүкте үшін 5 нүктесін қабылдаймыз.

Сонда сақиналы желі 2 жартылай сақинаға бөлінеді:

1 жартылай сақина – (1-2-3-4-5)

2 жартылай сақина – (1-8-7-6-5)

Әрбір жарты сақинадағы учаскелердегі алдын ала шығыстарды анықтаймыз.

1 жартылай сақина – (1-2-3-4-5)

Участок 5-4

$$Q_{5-4} = \frac{q_5}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ л/с.}$$

Участок 4-3

$$Q_{4-3} = Q_{5-4} + q_4 = 5 + 5 = 10 \text{ л/с}$$

Участок 4-3

$$Q_{3-2} = Q_{4-3} + q_3 = 10 + 13 = 23 \text{ л/с.}$$

Участок 2-1

$$Q_{2-1} = Q_{3-2} + q_2 = 23 + 7 = 30 \text{ л/с.}$$

2 жартылай сақина – (1-8-7-6-5)

Участок 5-6

$$Q_{5-6} = \frac{q_5}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ л/с.}$$

Участок 6-7

$$Q_{6-7} = Q_{5-6} + q_6 = 5 + 9 = 14 \text{ л/с.}$$

Участок 7-8

$$Q_{7-8} = Q_{6-7} + q_7 = 14 + 2 = 16 \text{ л/с.}$$

Участок 8-1

$$Q_{8-1} = Q_{7-8} + q_8 = 16 + 8 = 24 \text{ л/с.}$$

Учаскелердегі су шығыны бойынша (6.2 кесте) сәйкес құбырлар диаметрін тандаймыз. Учаскелердің кедергісін 11-қосымша бойынша анықтаймыз. Есептеу 6.3-кестеде келтірілген

Учаскелер бойынша шығындарды алдын ала бөлу кезінде байламдар құрады:

$$\Delta h = \sum h_I = \sum h_{II} = 10,01 - 9,13 = 0,88 \text{ м,}$$

Бұл рұқсат етілгеннен асып тұрса.

Түзету шығынын анықтаймыз

$$\Delta q = \pm \frac{\Delta h}{2 \sum SQ} = \pm \frac{0,88}{2 \cdot 1,90} = 0,23 \text{ л/с.}$$

Шығындарды түзету шығынының шамасына қарай қайта бөлеміз, жүктемеленбеген учаскелерге 1 жартылай сақинаны қосамыз. Су шығынын бөлгеннен кейін байлам құрайды:

$$\Delta h^1 = 10,23 - 10,12 = 0,11 \text{ м,}$$

Рұқсат етілген шамасынан аспайтын.

6.3 кесте.

№№ жарты сақина	№№ участок	Участок ұзындығы l, м.	Құбыр диаметр d, мм	Шығын Q л/с.	Кедергісі S	$h_{SQ} = SQ^2$	Бірінші түзету				
							SQ	Δq	Q^1	V	$h_1 = K_n SQ^2$
I	5-4	250	100	5	0,0779	1,95	0,39	+0,23	5,23	0,67	2,33
	4-3	300	125	10	0,029	2,9	0,29	+0,23	10,23	0,83	3,20
	3-2	500	200	23	0,004	2,12	0,092	+0,23	23,23	0,74	2,32
	2-1	300	200	30	0,0024	2,16	0,072	+0,23	30,23	0,96	2,27
$\sum h_I = 9,13 \text{ м}$							$\sum h_I^1 = 10,12 \text{ м.}$				
	5-6	400	100	5	0,1247	3,12	0,62	-0,23	4,77	0,61	3,16
	6-7	400	150	14	0,0148	2,9	0,21	-0,23	13,77	0,78	2,98
	7-8	300	150	16	0,0111	2,84	0,18	-0,23	15,77	0,89	2,88
	8-1	250	200	24	0,002	1,15	0,05	-0,23	23,77	0,76	1,21

$$\sum h_{II} = 10,01 \text{ м.}$$

$$\sum h_{II}^I = 10,23 \text{ м.}$$

Желідегі арынның ұзындығы бойынша жоғалуы:

$$h_c = \frac{\sum h_I + \sum h_{II}}{2} = \frac{10,12 + 10,23}{2} = 10,18 \text{ м.}$$

Арынның жалпы жоғалуы:

$$h_{\text{общ}} = 1,1h_c = 1,1 \cdot 10,18 = 11,20 \text{ м.}$$

6.8. Сыртқы су құбыры желісінің түзету есебін жүргізу, есептік схемасы

6.2.суретте бейнеленген.

30 л / с мөлшерінде өрт қажеттілігіне су алу 6-5 учаскеде орналасқан гидрант арқылы жүзеге асырылады. Есептеу учаскелерінің ұзындығы, құбырлардың диаметрі, тораптардағы алынатын су мөлшері 6.7-есеп шарттары бойынша қабылданды.

Шешімі. Тексеру есебі кезінде негізгі есептеу нәтижесінде таңдап алынған диаметрлі құбырлар өртті сөндіру үшін қосымша су мөлшерін өткізу мүмкін бе екенін анықтау қажет. Бұл ретте судың қозғалыс жылдамдығы 2-2, 5 м/с аспауы тиіс. Кейбір жағдайларда қандай да бір есептік учаскеде арынның үлкен жоғалуы кезінде тіпті рұқсат етілген жылдамдықтан кем болғанда да құбыр диаметрін ұлғайтуға болады.

Басты нүкте үшін 5 нүктесі қабылданды. Сонда сақиналы желі екі жарты сақинаға бөлінеді:

1 – жарты сақина – (1-2-3-4-5) және

2 – жарты сақина – (1-8-7-6-5)

Тексеру есебі негізгі тәртіппен жүргізіледі. Ол 6.4 есептік кестеде келтірілген.

Ескерту: 1. 8-1 учаскеде су қозғалысының жылдамдығы 1,2 м/с кем, сондықтан арынның жоғалуы мынадай формула бойынша анықталған:

$$h = K_n S Q^2$$

6.4 кесте.

№ жарты сақина	№ учаске	Участок ұзындығы l, м.	Құбыр диаметрі d, мм	Шығын Q л/с.	Кедергісі S	$h = S Q^2$	Бірінші түзету				
							SQ	Δq	Q^1	h^1	$h_1 = K_n S Q^2$
I	5-5	100	100	15	0,0312	7,02	0,47	-0,81	14,49	6,28	1,81
	5-4	250	100	25	0,0779	48,7	0,61	-0,81	24,19	14,16	3,08
	4-3	300	(125) 125	30	(0,0242) 0,029 (0,0111)	(15,1) 26,1 (10,0)	0,33	-0,81	29,19	9,46	(1,97) 8,38 (1,64)
	3-2	500	200	43	0,0040	7,4	0,17	-0,81	42,19	7,12	1,34
	2-1	300	200	50	0,0024	6,0	0,12	-0,81	49,19	5,81	1,57
$\sum h_I = 95,22 \text{ м}$ (45,52) м							$\sum h_I^1 = 42,83 \text{ м.}$				
	5-6	300	100	15	0,0435	21,0	1,4	+0,81	15,81	23,37	2,0
	6-7	400	150	24	0,0148	8,52	0,36	+0,81	24,81	9,11	1,40
	7-8	300	150	26	0,0111	7,5	0,29	+0,81	26,81	7,98	1,52
	8-1	250	200	34	0,002	2,31	0,07	+0,81	34,81	2,46	1,10

$$\sum h_{II} = 39,33 \text{ м.}$$

$$\sum h_{II}^I = 42,92 \text{ м.}$$

1. 5-4 учаскеде диаметрі 100 мм құбырлар 125 мм, ал 4-3 учаскеде 150 мм құбырлар 125 мм ауыстырылды. Бұл учаскелердегі су қозғалысының жылдамдығы рұқсат етілген деңгейден асып, арынның жоғалуы күрт өсті.

Шығыстарды учаскелер бойынша алдын ала бөлу кезінде байлам құрады:

$$\Delta h = 45,52 - 39,33 = 6,19 \text{ м,}$$

Бұл рұқсат етілгеннен асатын болса,.

Бұл жағдайда түзету есебі құрайды

$$\Delta q = \pm \frac{6,19}{2 \cdot 3,82} = \pm 0,81 \text{ л/с}$$

Желі учаскелері бойынша шығыстарды қайта бөлгеннен кейін және арынның жоғалуын анықтағаннан кейін қайтадан байламды табамыз:

$$\Delta h^I = 42,92 - 42,83 = 0,09$$

Бұл рұқсат етілген шегінде болатын.

Өрт кезіндегі желідегі арынның ұзындық бойынша жоғалуы

$$h_C = \frac{42,92 + 42,83}{2} = 42,88 \text{ м.}$$

Желідегі арынның жалпы жоғалуы:

$$h_{\text{ОБЩ}} = 1,1 \cdot 42,88 = 47,17 \text{ м.}$$

6.9. 6.5-кестеде келтірілген деректер бойынша сыртқы су құбыры желісінің гидравликалық және түзету есебін жүргізу. Өрт кезінде және өртке дейін су алу сұлбалары 6.1 және 6.2-суретте келтірілген.

6.5. - кесте

Нұсқалардың нөмірі	Тораптардағы су шығындары								
	Q _{РАС}	Q _{ПОЖ}	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	q ₆	q ₇	q ₈
1	70	20	6	12	6	10	7	3	8
2	84	25	8	14	5	12	9	4	7
3	90	30	5	15	7	8	11	5	8
4	87	40	4	10	9	14	2	4	4
5	69	20	7	8	11	9	5	3	6

§ 16. Қосалқы және арынды-реттеуші сыйымдылықтарды есептеу. Сорғыштарды таңдау.

Су құбыры жүйесіндегі реттеуші және қосалқы сыйымдылықтар су тұтынудың біркелкі еместігін реттеуге, су қорын сақтауға, қажетті арынды қамтамасыз етуге арналған. Мұндай сыйымдылықтарға таза су резервуарлары, су қысымды мұнаралар, пневматикалық қондырғылар жатады.

Таза су резервуарларының көлемі W_p мынадай формула бойынша анықталады:

$$W_p = W_{\text{РЕГ}} + W_{\text{Н.З.}} + W_{\text{С.Н.}}, \quad (6.12)$$

Мұнда $W_{\text{РЕГ}}$ - реттеуші көлем (ауысымдық су тұтынудан 18% тең қабылданады), м^3 . $W_{\text{Н.З.}}$ - қол сұғылмайтын су қоры; $W_{\text{С.Н.}}$ - өз мұқтаждарына арналған су көлемі (ауысымдық су тұтынудың 3% - на тең қабылданады), м^3 .

$W_{\text{СВ}}$ - ауысымдық су тұтыну – мынадай формула бойынша анықталады:

$$W_{CB} = \frac{(Q_{CP} + Q_{PP})t_C + Q_{ДУШ} * t_D}{1000}, \quad (6.13)$$

Мұндағы Q_{CP} - судың орташа шаруашылық-ауыз су шығыны, л/с

Q_{PP} - өндірістік мұқтаждықтарға су шығыны, л/с;

$Q_{ДУШ}$ – душ қабылдауға су шығыны, л/с;

t_C – ауысым ұзақтығы, с; t_D – әрбір ауысымның соңында душ қабылдау ұзақтығы, с;

Сонда

$$W_{PEГ} = 0,18 * W_{CB}.$$

$$W_{CH.} = 0,03 * W_{CB}.$$

Қол сұғылмайтын $W_{H.3.}$ қоры өрт сөндіру режимінде сумен жабдықтау жүйесінің үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Ол мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$W_{H.3.} = \frac{Q_{PAC}^I * t_{П.Н.}}{1000}, \quad (6.14)$$

Мұндағы Q_{PAC}^I - өрт кезіндегі судың есептік шығыны, л/с.

$t_{П.Н.}$ – сыртқы өртті сөндірудің есептік уақыты, с.

Таза су резервуарларының үлгі жобалары 18-қосымшада келтірілген.

Арынды мұнара багының көлемі мынадай формула бойынша анықталады:

$$W_B = W_{PEГ} + W_{H.3.}, \quad (6.15)$$

Мұнда W_B -бактың көлемі, м³; $W_{PEГ}$ – 0,06; $W_{C.B.}$ – реттеуші көлем, м³; $W_{H.3.}$ – қол сұғылмайтын өрт су қоры, м³.

Қол сұғылмайтын өрт су қоры мынадай формула бойынша анықталады:

$$W_{H.3.} = \frac{(Q_{ВН.П} + Q_{МАКС.Х.Р.} + Q_{PP})t_{ПВ}}{1000}, \quad (6.16)$$

Мұндағы $Q_{ВН.П.}$ – ішкі өрт сөндіруге арналған судың нормативтік шығыны, л/с; $Q_{МАКС.Х.Р.}$ – максималды ауыз-шаруашылық су шығыны, л/с; $t_{П.В.}$ – ғимарат ішіндегі өртті сөндірудің нормативтік уақыты, с.

Су бактың орналасу биіктігі, бактағы судың ең төменгі деңгейінде ішкі өрт крандарының жұмысын қамтамасыз ететіндей болуы тиіс:

$$H_B = H_{OБЦ} + H_{CB} + \Delta Z, \quad (6.17)$$

Мұндағы $H_{OБЦ}$ – өртке дейінгі сыртқы желідегі Арынның жалпы жоғалуы,

H_{CB} – ғимаратқа кіре берісте еркін арын, м; ΔZ – басты нүкте мен арынды мұнараның биіктік белгілерінің әртүрлілігі.

Ғимаратқа кірудегі бос арын мынадай формула бойынша анықталады:

$$H_{CB} = h_{ВН.С} + H_{ПК} + Z, \quad (6.18)$$

Мұндағы $h_{ВН.С}$ – ішкі желідегі жалпы арынның жоғалуы, м;

$H_{ПК}$ – есептік өрт кранының қажетті арыны.

Арынды мұнаралардың үлгілік жобалары 19-қосымшада келтірілген.

Сорғыш станцияларына арналған сорғыштар судың есептік шығынына және қажетті арынға байланысты таңдалады.

Арынды мұнараға резервуардан су беретін сорғылардың қажетті арыны мынадай формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$H_{X-П} = h_{OБЦ.В.} + H_B + h_B + (Z_B - Z_H) + Z_B + h_{BC}, \quad (6.19)$$

Мұндағы $h_{OБЦ.В.}$ – ғимаратқа кірердегі арынның жалпы жоғалуы, м; H_B –

арынды мұнараның биіктігі, м; h_B – багінің биіктігі, м; Z_B – арынды мұнара орнатылған жердегі жердің белгісі, м; Z_H – сорғы осінің белгісі, м; Z_B – сіңірудің геометриялық биіктігі, резервуардың тереңдігіне тең, м; h_{BC} – сорғылардың сору және айдау желілеріндегі арынның жоғалуы (2,5 м тең қабылдауға болады).

Жоғары қысымды су құбыры кезінде стационарлық өрт сорғысымен дамиды арынды мына формула бойынша анықтайды:

$$H_{\text{ПОЖ}} = h_{\text{ОБЩ.В}} + h_{\text{ОБЩ.}} + H_{\Gamma} + Z_{\text{Д.Т.}} - Z_H + h_{\text{BC}} + Z_{\text{BC}}, \quad (6.20)$$

Мұндағы $h_{\text{ОБЩ.В}}$ – өрт кезіндегі су құбырдағы арынның жалпы жоғалуы, м; $h_{\text{ОБЩ.}}$ - Өрт кезінде сыртқы су құбыры желісіндегі арынның жалпы жоғалуы, м; H_{Γ} – есептік гидранттың арыны, м; $Z_{\text{Д.Т.}}$ – өрт гидрантының басты нүктесінің жерін белгілеу, м; Z_H – сорғы осінің белгісі, м; h_{BC} – сорғының сору және айдау желілеріндегі арынның жоғалуы (3м тең қабылдауға болады), Z_{BC} – резервуардың тереңдігіне тең сіңірудің геометриялық биіктігі, м.

Есептік өрт гидрантының арыны:

$$H_{\Gamma} = H_{\text{СВ}} + h_{\Gamma.К.} + Z_{\text{Т.Р.}}, \quad (6.21.)$$

Мұндағы $H_{\text{СВ}}$ – гидранттың еркін арыны, м; $h_{\Gamma.К.}$ – гидрант пен колонкадағы арынның жоғалуы, м; $Z_{\text{Т.Р.}}$ – құбырлардың орналасу тереңдігі 2,5 м тең қабылданады.

Гидранттың еркін арыны:

$$H_{\text{СВ}} = h_p + H_C + Z_{\text{ЗД.}}$$

Мұндағы h_p – жеңдік желідегі арынның жоғалуы, м; H_C – саптамадағы арын; $Z_{\text{ЗД.}}$ – ғимарат биіктігі.

Сорғыштарды таңдау олардың негізгі сипаттамалары бойынша, су тұтынудың әр түрлі режимдерінде су қысымды желісімен бірлесіп жұмыс істеу шарттарын ескере отырып жүргізіледі. Кейбір маркалы сорғылардың негізгі сипаттамалары 20-қосымшада келтірілген.

Есептер:

6.10. Ауданы 23 га өнеркәсіптік кәсіпорынның біріккен су құбырының жұмысын қамтамасыз ететін таза су резервуарларының ең аз сыйымдылығын анықтау, резервуарлардың типтік жобаларын таңдау. Өрт қауіптілігі бойынша өндіріс В санаты, өрт қауіпті ғимараттын отқа төзімділігі II дәрежелі, құрылыс көлемі 30 мың м³-ден аспайды.

Кәсіпорын үшін су шығыны құрайды: $Q_{\text{СР}} = 3,5$ л/с;

$Q_{\text{МАКС.Г.Р.}} = 10,5$ л/с; $Q_{\text{ПР}} = 25$ л/с; $Q_{\text{ДУШ}} = 12$ л/с.

Шешімі. Таза су резервуарларының жалпы сыйымдылығы:

$$W_p = W_{\text{РЕГ}} + W_{\text{Н.З.}} + W_{\text{С.Н.}}$$

Ауысымның су тұтыну көлемі:

$$W_{\text{СВ}} = \frac{(Q_{\text{СР}} + Q_{\text{ПР}})t_{\text{Г}} + Q_{\text{ДУШ}}t_{\text{Д}}}{1000} = \frac{(3,5 + 25) \cdot 8 \cdot 3600 + 12 \cdot 45 \cdot 60}{1000} = 853,2 \text{ м}^3$$

Реттеуші көлем

$$W_{\text{РЕГ}} = 0,18 \cdot W_{\text{СВ.}} = 0,18 \cdot 853,2 = 153,6 \text{ м}^3$$

Өз қажеттіліктері үшін су көлемі:

$$W_{\text{СН.}} = 0,03 \cdot W_{\text{СВ.}} = 0,03 \cdot 853,2 = 25,6 \text{ м}^3$$

Өрт кезіндегі судың есептік шығыны:

$$Q_{\text{РАСЧ}}^1 = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ПОЖ}} = 10,5 + 25 + 25 = 60,5 \text{ л/с.}$$

Қол сұғылмайтын өрт су қоры

$$W_{\text{Н.З.}} = \frac{Q_{\text{РАСЧ}}^1 \cdot t_{\text{П.Н.}}}{1000} = \frac{60,5 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 653,4 \text{ м}^3$$

Сонда

$$W_{\text{Р}} = 153,6 + 653,4 + 25,6 = 832,6 \text{ м}^3$$

2 үлгі резервуарды таңдаймыз (жоба 901-4-15 18-қосымша), сыйымдылығы 500 м³-тан.

6.11. Ауданы 20 га өнеркәсіптік кәсіпорынның біріккен су құбырының жұмысын қамтамасыз ететін резервуардағы қол сұғылмайтын өрт сөндіру су қорын анықтау. Өрт қауіптілігі бойынша өндіріс санаты В. Кәсіпорынның негізгі ғимараттары көлемі 25000 м³ дейінгі отқа төзімді III дәрежелі. Ең жоғары шаруашылық-ауыз су шығыны 6 л/с, өндірістік – 4 л/с құрайды.

Жауабы: $W_{\text{Н.З.}} = 432 \text{ м}^3$.

6.12. Өнеркәсіптік объектінің өрт-өндірістік су құбырында орнатылған арынды мұнара бағының орналасу биіктігін анықтау, егер сыртқы су құбыры желісіндегі арынның ұзындық бойынша жоғалуы 10 м болса. Ең тиімді орналасқан ішкі өрт краны 15 м биіктікте орналасқан және ғимаратқа кіруден 200 м қашықтықта орналасқан. Ішкі су құбыры үшін гидравликалық еңіс 0,01 құрайды. Ішкі өрт крандары ұзындығы 20 м, диаметрі 51 мм резеңкеленген жеңдермен және диаметрі 16 мм саптамалары бар окпандармен жабдықталған.

Ағынның шағын бөлігінің радиусы 10 м. Жер белгісі: басты нүкте 13 м, арынды мұнара 20 м.

Шешімі. Арынды мұнараның орналасу биіктігі келесі теңдеу бойынша анықталуы мүмкін:

$$H_{\text{Б}} = h_{\text{ОБЩ}} + H_{\text{ВН.С}} + H_{\text{ПК.}} + Z + (Z_0 - Z_{\text{Б}})$$

Ішкі су құбыры желісіндегі арынның жоғалуы:

$$h_{\text{ВН.С}} = i l = 0,01 \cdot 200 = 2 \text{ м.}$$

Ішкі өрт кранының арыны

$$H_{\text{ПК}} = h_{\text{Р}} + H_{\text{С}} = (S_{\text{Р}} + S_{\text{Н}}) Q^2 = (0,24 + 1,26) \cdot 33^2 = 16,3 \text{ м.}$$

Сонда

$$H_{\text{Б}} = 11 + 2 + 16,3 + 15 + (13 - 20) = 37,3 \text{ м.}$$

Жауабы: $H_{\text{Б}} = 37,3 \text{ м.}$

6.13. Арынды бак ауысымында 1700 жұмысшы санымен өнеркәсіптік кәсіпорынның біріккен су құбырында орнатылған. Бір жұмысшы ауысымына 25 л шаруашылық су тұтынуда; өндірістік шығын 20 л/с құрайды. Бактағы қол сұғылмайтын өрт су қорының сыйымдылығын анықтау.

Жауабы: $W_{\text{Н.З.}} = 17,6 \text{ м}^3$.

6.14. Өнеркәсіптік кәсіпорынның өрт сөндіру су құбырының жұмысын қамтамасыз ететін су қысымды бакты қандай биіктікте орналастыру қажет.

Егер: Сыртқы су құбыры желісінің ұзындығы 500 м, диаметрі 100 мм шойын құбырларынан салынған. Сыртқы желінің бір метріне арын жоғалуы 0,02 м, ішкі су құбыры желісіндегі жалпы арын жоғалуы 3 м құрайды. Ішкі өрт крандары 12 м биіктікте орналасқан, диаметрі 51 мм резеңкеленген жеңдермен және диаметрі 16 мм саптамалары бар оқпандармен жабдықталған. Бір ағынды су шығыны 3 л/с. Жер тегіс.

Жауабы: $H_B = 39,5$ м.

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КОМИТЕТ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ КОКШЕТАУСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ

Сборник задач
по дисциплине «Специальное водоснабжение»

Кокшетау 2019 год.

Сборник задач составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины «Специальное водоснабжение» и состоит из шести глав. Главы включают в себя ряд параграфов, в каждом из которых содержатся теоретическая часть и ряд задач с подробными решениями; ко всем остальным задачам в параграфах даны ответы.

В сборнике используются современная терминология и международная система единиц в соответствии с последними государственными стандартами и нормативами.

Сборник задач предназначен для курсантов очного и заочного обучения, слушателей курсов повышения квалификации учебных заведений МВД Республики Казахстан по специальности 5В100100 «Пожарная безопасность».

Разработали: доцент кафедры пожарной профилактики Кусаинов А.Н., преподаватель кафедры пожарной профилактики Капбаров Е.Е.

Рецензенты: Альменбаев М.М. - кандидат технических наук

Методическое пособие разработано в соответствии с программой курса «Специальное водоснабжение».

Предназначено для курсантов факультета очного и заочного обучения.

Рекомендовано к печати Учебно-методическим советом Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан.

Протокол № ____ от _____ года.

© Кокшетауский технический институт КЧС
МВД Республики Казахстан, 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Раздел первый. Гидравлика	
Глава 1.	Основы гидростатики	
§ 1.	Физические свойства жидкостей.	70
§ 2.	Гидростатическое давление. Закон Паскаля.	74
§ 3.	Эпюры гидростатического давления. Сила гидростатического давления на плоские стенки. Закон Архимеда.	78
Глава 2.	Основы гидродинамики	
§ 4.	Основные понятия и определения. Уравнение неразрывности потока.	84
§ 5.	Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.	87
Глава 3.	Движение жидкости по трубам и пожарным рукавам	
§ 6.	Линейные и местные потери напора.	92
§ 7.	Гидравлический удар.	97
Глава 4.	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Пожарные струи.	
§ 8.	Истечение жидкости через отверстия и насадки.	101
§ 9.	Вертикальные и наклонные струи. Реакция струи.	105
Глава 5.	Расчет насосно-рукавных систем.	
§ 10.	Основные рабочие параметры насосов	108
§ 11.	Определение необходимого напора насоса в начале рукавных систем при последовательном, параллельном соединении элементов.	111
§ 12.	Совместная работа насосов и рукавных систем.	115
§ 13.	Последовательная работа насосов при подаче воды в перекачку и параллельная работа насосов на лафетные стволы.	118
	Раздел второй. Системы противопожарного водоснабжения.	
Глава 6.	Расчет наружного водопровода промышленного предприятия.	
§ 14.	Определение расчетных расходов воды.	122
§ 15.	Гидравлический расчет наружной водопроводной сети.	124
§ 16.	Расчет запасных и напорно-регулирующих емкостей. Подбор насосов.	129
Приложения		133
	Список литературы	175

Раздел первый Гидравлика.

Гидравликой называется техническая наука, изучающая законы равновесия и движения жидкости. Гидравлика делится на гидростатику, где рассматривается покоящаяся жидкость и гидродинамику, где изучается жидкость в движении. Законы гидравлики используются во многих областях техники, в том числе и в пожарном деле.

Глава I. Основы гидростатики.

§ I. Физические свойства жидкостей.

Основными физическими свойствами жидкости являются: текучесть, плотность, удельный вес, вязкость, сжимаемость, температурное расширение.

Плотность жидкости - физическая величина, численно равная отношению массы жидкости к её объёму.

$$\rho = \frac{m}{W}, \quad (1.1)$$

Где ρ - плотность жидкости, кг/м³; m - масса жидкости, кг; W - объём жидкости, м³.

Удельный вес - физическая величина, численно равная отношению веса жидкости к её объёму.

$$\gamma = \frac{G}{W}, \quad (1.2)$$

где γ - удельный вес жидкости, Н/м³; G - вес жидкости, Н.

Между удельным весом γ и плотностью ρ имеется зависимость

$$\gamma = \rho g \quad (1.3)$$

Где 9,81 м/с² - ускорение свободного падения.

Значения ρ и γ для воды к некоторым другим жидкостям при различной температуре приведены в приложении I.

Вязкость - свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу смежных слоев. Вязкость характеризуется коэффициентами динамической вязкости μ , Па*с, и кинематической вязкости ν , м/с. Между этими коэффициентами имеется зависимость

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad (1.4)$$

Значения коэффициентов динамической и кинематической вязкости для некоторых жидкостей приведены в приложении 2.

Сжимаемость - свойство жидкости изменять свой объём при изменении давления. Сжимаемость характеризуется коэффициентом объёмного сжатия β_w ,

которой можно определить по формуле

$$\beta_w = -\frac{\mu}{\rho} * \frac{\Delta W}{\Delta P}, \quad (1.5)$$

Где β_w – коэффициент объёмного сжатия, 1/Па; W – первоначальный объём жидкости, м³; ΔW – изменение объёма жидкости, м³; ΔP – изменение давления, Па.

Величина, обратная коэффициенту объёмного сжатия, называется модулем объёмной упругости **К**.

Модуль объёмной упругости измеряется в Па.

$$K = \frac{1}{\beta_w}, \quad (1.6)$$

Коэффициенты объёмного сжатия, жидкостей мало меняются при изменении температуры и давления. Значение коэффициентов объёмного сжатия и модулей упругости для некоторых жидкостей приведены в приложении 3.

Температурное расширение – свойство жидкости изменять свой объём при изменении температуры. Температурное расширение характеризуется коэффициентом температурного расширения β_T , который может быть определён из выражения

$$\beta_T = \frac{1}{W} * \frac{\Delta W}{\Delta T}, \quad (1.7)$$

Где β_T – коэффициент температурного расширения 1/К; W – первоначальный объём жидкости, м³; ΔW – изменение объёма жидкости, м³; ΔT – изменение температуры, К.

Коэффициенты температурного расширения для некоторых жидкостей приведены в приложении 4.

Задачи:

1.1. Определить массу воды в рукаве диаметром 51 мм. и длиной 20 м.

Решение. Масса воды определяется из формулы (1.1.)

$$\rho = \frac{m}{W},$$

Плотность воды по приложению I

$$\rho = 1000 \text{ кг / м}^3$$

Объём воды

$$W = \frac{\pi d^2}{4} * l \quad (1.1)$$

Тогда

$$m = 1000 * 0.04084 = 40,84 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 40,84 \text{ кг.}$

1.4. Определить вес воды в рукавах диаметром 66 мм и 77 мм и длиной 20 м.

Ответ: $G_1 = 670,9 \text{ Н}; G_2 = 913,2 \text{ Н.}$

1.5. Определить массу дизельного Мазута, находящегося в цистерне объемом 50 м^3 , если плотность мазута составляет 920 кг/м^3 ,

Ответ: $m = 4,7 * 10^4 \text{ кг.}$

1.4. Определить, какой объем займёт нефть, имеющая массу $20 * 10^3 \text{ кг}$ и плотность 900 кг/м^3 .

Ответ: $W = 22,2 \text{ м}^3$.

1.6. Определить плотность нефтепродуктов, если их масса составляет $17,5 * 10^3 \text{ кг}$, объем 20 м^3 .

Ответ: $\rho = 875 \text{ кг/м}^3$.

1.7. Определить вес этилового спирта в объеме 20 литров.

Ответ: $G = 155,5 \text{ Н.}$

1.8. Уровень мазута в вертикальном цилиндрическом баке диаметром 2 м. понизился на 0,5 м. Определить массу израсходованного мазута, если его плотность при температуре 20°C равна 990 кг/м^3 .

Ответ: $m = 1555,4 \text{ кг.}$

1.9. При гидравлических испытаниях резервуаров допускается утечка воды, которая за I сутки не должна превышать 3 л. с квадратного метра смоченной поверхности. Возможно, ли принять в эксплуатацию резервуар прямоугольной формы, имеющий размеры в плане $12 \times 6 \text{ м}$, в котором уровень воды за I сутки понизился с 3,5 м. и до 3,48 м. Определить массу убывшей воды.

Решение: Объем убывшей воды составил

$$\Delta W = \omega_{\text{д.н.}} * \Delta h = 12 * 6 * 0,02 = 1,44 \text{ м}^3.$$

Масса убывшей воды

$$m = \rho * \Delta W = 1000 * 1,44 = 1440 \text{ кг}$$

Площадь смоченной поверхности

$$\omega = \omega_{\text{ст.}} + \omega_{\text{д.н.}} = (12 + 6) * 2 * 3,5 + 12,0 * 6 = 198 \text{ м}^2.$$

Утечка воды с I квадратного метра смоченной поверхности при гидравлических испытаниях

$$q = \frac{\Delta W}{\omega} = \frac{1,44}{198} = 7,07 * 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 = 7,07 \text{ л / м}^2$$

Что превышает установленную норму.

Ответ: Принять в эксплуатацию нельзя, $m = 1440$ кг.

1.9. Определить, возможно ли принять в эксплуатацию цилиндрический резервуар диаметром 12 м, в котором уровень воды за одни сутки понизился с 5 м до 4,985 м. Определить массу убывшей воды.

Ответ: Принять в эксплуатацию нельзя, утечка вода составляет 8,15 л/м²; $m = 1696$ кг.

1.10. Определить предельную массу воды, убывшей за 1 сутки в результате гидравлических испытаний цилиндрического резервуара диаметром 18 м. Определить снижение уровня воды, если первоначальный уровень составлял 3,9 м.

Ответ: $m = 1414$ кг; $\Delta h = 0,0056$ м.

1.11. Определить коэффициент динамической вязкости нефти, если коэффициент кинематической вязкости составляет $0,624 \cdot 10^{-4}$ м²/с. Плотность нефти 750 кг/м³.

Ответ: $\mu = 4,68 \cdot 10^{-2}$ Па * с .

1.12. Водовод пожарного водопровода диаметром 300 мм. и длиной 50 м, подготовленный к гидравлическим испытаниям, заполнен водой при атмосферном давлении. Определить объём воды, которую необходимо дополнительно подать в водовод, чтобы избыточное давление в нём поднялось до 5 МПа. Деформацией труб водовода пренебречь.

Решение. Из уравнения (1.5.) находим, что объём воды, который необходимо дополнительно подать в водовод, определится как:

$$\Delta W = \beta_w \cdot W \cdot \Delta P$$

Коэффициент объёмного сжатия воды

$$\beta_w = 47 \cdot 10^{-11} \text{ 1 / Па}$$

Первоначальный объём воды

$$W = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 50 = 3,532 \text{ м}^3$$

Тогда

$$\Delta W = 47 \cdot 10^{-11} \cdot 3,532 \cdot 5 \cdot 10^6 = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Ответ: $\Delta W = 8,3$ л.

1.13. При гидравлическом испытании технологического трубопровода длиной 200 м. и диаметром 250 мм, заполненного керосином, давление было поднято до 1,5 МПа. Через 1 час давление упало до 1,0 МПа. Определить объём вытекшего через неплотность керосина. Коэффициент объёмного сжатия керосина принять $\beta_w = 80 \cdot 10^{-11}$ 1 / Па. Деформацией трубопровода пренебречь.

Ответ: $\Delta W = 3,92$ л.

1.14. Манометр на технологической ёмкости, полностью заполненной нефтью, показывает 0,5 МПа. При выпуске 40 л. нефти показания манометра упали до 0,1 МПа. Определить объём ёмкости, если коэффициент объёмного сжатия нефти $\beta_w = 80 \cdot 10^{-11} \text{ 1 / Па}$.

Ответ: $W = 125 \text{ м}^3$.

1.15. В вертикальном цилиндрическом резервуаре диаметром 5 м. находится $1,2 \cdot 10^5 \text{ кг}$ нефти, плотность которой при 0°C составляет 800 кг/м^3 . Определить колебания уровня нефти в резервуаре при изменении температуры от 0°C до 30°C .

Ответ: $\Delta h = 0,21 \text{ м}$.

1.16. Определить колебания уровня воды в баке водонапорной башни при изменении температуры от 10°C до 35°C . В водонапорном баке диаметром 3 м. находится 20 м^3 воды. Коэффициент температурного расширения воды принять равным $2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/К}$.

Ответ: $\Delta h = 1,4 \text{ см}$.

1.17. Предельная высота уровня бензола в вертикальном цилиндрическом резервуаре диаметром 12 м. равна 10 м. при температуре 10°C . Определить, до какого уровня возможно налить бензол при температуре 30°C . Расширением резервуара пренебречь.

Ответ: $h = 9,78 \text{ м}$.

§ 2. Гидростатическое давление. Закон Паскаля.

Напряжение внутри жидкости, находящейся в состоянии покоя, называется гидростатическим давлением.

Средним гидростатическим давлением $P_{\text{ср}}$ называется среднее для данной площадки $\Delta\omega$ напряжение сжатия, вызванное силой ΔP . Это давление можно определить как отношение ΔP к $\Delta\omega$, т.е.

$$P_{\text{ср}} = \frac{\Delta P}{\Delta\omega}, \quad (1.8)$$

Гидростатическое давление в данной точке определяется как предел отношения ΔP к $\Delta\omega$ при $\Delta\omega \rightarrow 0$, т.е.

$$P = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega}, \quad (1.9)$$

Абсолютное гидростатическое давление в любой точке жидкости складывается из давления на её свободную поверхность и давления столба жидкости, высота которого равна расстоянию от этой точки до свободной

поверхности (рис.1.1) Основное уравнение гидростатики будет иметь вид:

$$P_A = P_0 + \rho g(Z_0 - Z) = P_0 + \rho gh, \quad (1.10)$$

где P_A - полное или абсолютное гидростатическое давление в данной точке М; P_0 - давление на свободной поверхности; Z - координата точки М; Z_0 - координата свободной поверхности; ОХ- плоскость сравнения; ρ - плотность жидкости; $h = Z_0 - Z$ - высота слоя жидкости над точкой М.

Если сосуд открыт, то давление на свободной поверхности P_0 равняется атмосферному P_a .

$$P_A = P_a + \rho gh, \quad (1.11)$$

Величина превышения абсолютного давления в точке над атмосферным давлением называют избыточным или манометрическим давлением.

$$P = P_A + P_a = \rho gh, \quad (1.12)$$

Если в какой-либо точке жидкости абсолютное давление меньше атмосферного, то состояние жидкости характеризуется так называемым вакуумом. Разность между атмосферным и абсолютным давлением называется вакуумметрическим давлением P_v .

$$P_v = P_a - P_A \quad (1.13)$$

На основании основного уравнения гидростатики может быть сформулирован закон Паскаля: внешнее давление, приложенное к свободной поверхности жидкости в замкнутом сосуде передаётся в любую точку жидкости без изменения.

На способности жидкости передавать изменение внешнего давления во все точки занятого ею пространства основан принцип действия гидравлических машин; На рис. 1.2 показана схема действия гидравлического пресса.

Если на малый поршень действует сила P_1 , то сила, действующая на большой поршень P_2 определяется по уравнению:

$$P_2 = \eta P_1 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2, \quad (1.14)$$

где $\eta = 0,8 - 0,85$ - коэффициент полезного действия гидравлического пресса, учитывающий потери на трение.

Гидростатическое давление измеряют в паскалях. Паскаль (Па) – давление вызываемое силой 1 ньютон (Н) равномерно распределённой по нормальной к ней поверхности площадью 1 м².

При решении практических задач, где возникает необходимость перевода ранее применявшихся единиц измерения давления в СИ, будем пользоваться соотношениями;

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кг/см}^2 = 10 \text{ м вод.ст.} = 980665 \text{ Па} \approx 98,1 \text{ кПа}$$

$$760 \text{ мм.рт.ст.} = 101325 \text{ Па} \approx 101,3 \text{ кПа}$$

Задачи:

1.18. Какая высота водяного столба соответствует давлению 150 кПа?

Решение. Из формулы (1.12) следует, что

$$h = \frac{P}{\rho g},$$

Где $P = 150 \cdot 10^3 \text{ Па}$ – избыточное давление, создаваемое столбом воды; $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды.

Тогда

$$h = \frac{150 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} = 15,29 \text{ м.}$$

Ответ: $h = 15,29 \text{ м.}$

1.19. Какая высота ртутного столба соответствует давлению 80 кПа?

Ответ: $h = 0,637 \text{ м.}$

1.20. Определить величину избыточного давления на поверхности жидкости, находящейся в закрытой ёмкости (рис. 1.3) в состоянии покоя, если в трубке пьезометра вода поднялась на высоту $h = 1,8 \text{ м.}$

Ответ: $P = 17,66 \text{ кПа.}$

1.21. На какой высоте над манометром, присоединенным к резервуару, находится уровень нефти плотностью 840 кг/м^3 . Манометр показывает давление $1,21 \cdot 10^5 \text{ Па.}$

Ответ: $h = 14,7 \text{ м.}$

1.22. Определить избыточное давление воды в трубопроводе, если U – образный ртутный манометр (рис. 1.4) показал перепад $\Delta h = 50 \text{ см}$, а $h_1 = 40 \text{ см.}$

Ответ: $P = 70,4 \text{ кПа.}$

1.23. Определить уровень мазута в баке (рис. 1.5), если при замере S – образной трубкой разность уровней ртути $\Delta h = 250 \text{ мм}$. Плотность мазута $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: $h = 3,97 \text{ м.}$

1.24. Манометр, с помощью которого производилось измерение давления в наружной водопроводной сети, показал 2 кг/см^2 . Определить абсолютное

давление в сети, если атмосферное давление 750 мм. рт.ст.

Решение: Абсолютное давление в наружной водопроводной сети определяется по формуле (1.11), где P_a – атмосферное давление.

$$P_a = 750 \text{ мм.рт.ст.} = \frac{750}{760} \cdot 101,3 = 100,0 \text{ кПа.}$$

$$P = 2 \text{ кг/см}^2 = 2 \cdot 98,1 = 196,2 \text{ кПа}$$

Тогда

$$P_A = 100,0 + 196,2 = 296,2 \text{ кПа}$$

Ответ: $P_A = 296,2 \text{ кПа}$.

1.25. Определить абсолютное и вакуумметрическое давление воды в трубопроводе, если U – образный ртутный манометр (рис. 1.6) показал перепад $\Delta h = 50 \text{ см}$. Атмосферное давление 760 мм.рт.ст. Высота отметки относительно оси трубопровода показаны на рисунке 1.6.

Ответ: $P_A = 47,2 \text{ кПа}$; $P_B = 53,1 \text{ кПа}$.

1.26. Давление в газопроводе A измеряется с помощью микроманометра, заполненного спиртом с плотностью $\rho = 790 \text{ кг/м}^3$. Трубка микроманометра наклонена к горизонту под углом $\alpha = 15^\circ$ (рис. 1.7). Определить избыточное давление в газопроводе, если мениск переместился на $l = 62 \text{ мм}$.

Ответ: $P = 125 \text{ Па}$.

1.27. Определить абсолютное и избыточное давление на дно пожарного водоёма глубиной 3,5 м. Атмосферное давление 735 мм.рт.ст.

Ответ: $P_A = 132,3 \text{ кПа}$; $P = 34,3 \text{ кПа}$,

1.28. Определить абсолютное и избыточное давление на дно водонапорного бака диаметром 3 м, в котором находится 15 м^3 воды. Атмосферное давление 750 мм рт.ст;

Ответ: $P_A = 120,8 \text{ кПа}$; $P = 20,8 \text{ кПа}$.

1.29. Определить абсолютное и избыточное давление в резервуаре по показанию ртутного, дифференциального манометра (рис. 1.8), в правом колене которого над ртутью находится столб масла высотой 15 см с плотностью 850 кг/м^3 . Высота столба ртути 40 см. Атмосферное давление 730 мм.рт.ст.

Ответ: $P_A = 151,92 \text{ кПа}$; $P = 54,62 \text{ кПа}$.

1.30. Определить абсолютное и вакуумметрическое давление во всасывающей линии ацетиленового компрессора по показанию ртутного вакуумметра (рис.1.9.). Ртуть в левом колене поднялась на высоту $h_p = 50 \text{ см}$, над ртутью налито масло $h_M = 20 \text{ см}$ плотностью 800 кг/м^3 . Атмосферное давление 750

мм.рт.ст.

Ответ: $P_A = 31,72 \text{ кПа}$; $P_B = 68,28 \text{ кПа}$.

1.31. Определить избыточное давление в сети наружного пожарного водопровода, питающегося от водонапорной башни высотой 25 м.

Ответ: $P = 245,2 \text{ кПа}$.

1.32. Определить максимальную высоту слоя нефти плотностью 900 кг/м^3 чтобы избыточное давление на дне резервуара не превышало 70 кПа .

Ответ: $h = 7,93 \text{ м}$.

1.33. Определить, на какую высоту может подняться вода из водяного бака гидропневматической установки, если манометр, установленный на воздушном баке, показывает $3,2 \text{ кг/см}^2$.

Ответ: $h = 32 \text{ м}$.

1.34. Определить максимальную глубину воды в водонапорном баке объемом 30 м^3 , установленном на перекрытии. Дополнительная нагрузка на перекрытие от установки бака с водой не должна превышать $2 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Вес бака с арматурой 8 т.

Ответ: $h = 1,61 \text{ м}$.

1.35. Определить усилие, необходимое для открытия всасывающего клапана пожарного насоса диаметром 200 мм. если длина рукава $H = 6 \text{ м}$. а глубина погружения всасывающего клапана $h = 1 \text{ м}$. (рис. 1.10)

Ответ: $P = 1,54 \text{ кН}$.

1.36. Определить силу, действующую на шток сигнализатора давления, если давление на мембрану диаметром 40 мм. составляет $3,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (рис. 1.11)

Ответ: $P = 439,6 \text{ Н}$.

1.37. Для подъема пожарной техники во время ремонта применяется гидродомкрат (рис. 1.12). Определить силу, развиваемую гидродомкратом, если F , действующая на рукоятку, составляет 20 Н , $a/b = 1/9$, $d_2/d_1 = 10$.

Коэффициент полезного действия $\eta = 0,85$.

Ответ $P = 170 \text{ кН}$.

1.38. Определить давление масла в цилиндре гидропривода пожарной лестницы (рис. 1.13), если диаметр поршня 100 мм. Усилие на штоке поршня 30 кН , коэффициент полезного действия $\eta = 0,95$.

Ответ: $P = 40,23 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

§ 3. Эпюры гидростатического давления.

Сила гидростатического давления на плоские стенки.

Закон Архимеда.

Графическое изображение распределения гидростатического давления по поверхности тела, погруженного в жидкость, называется эпюрой гидростатического давления.

При построении эпюр гидростатического давления используются два основных принципа, вытекающие из свойств гидростатического давления:

- гидростатическое давление является векторной величиной. Вектор гидростатического давления направлен по нормали к поверхности тела, погруженного в жидкость;

- модуль вектора гидростатического давления определяет по уравнению (1.11) для построения эпюр абсолютного давления и (1.12) для построения эпюр избыточного гидростатического давления.

Для плоских прямоугольных стенок эпюры избыточного и абсолютного гидростатического давления имеют вид, представленный на рис. 1.14 и 1.15.

Равнодействующая элементарных сил гидростатического давления, действующих на какую-либо стенку, называется силой гидростатического давления.

При аналитическом способе нахождения сила гидростатического давления на площадку равна произведению ее площади на гидростатическое давление в центре тяжести площадки (см.рис. 1.16)

$$P = (P_0 + \rho g h_{ц.т.}) * \Omega = P_{ц.т.} \cdot \Omega \quad (1.15)$$

Где P – сила гидростатического давления, М; $h_{ц.т.}$ – глубина погружения центра тяжести фигуры, м; $P_{ц.т.}$ – гидростатическое давление в центре тяжести фигуры, Па.

Точка приложения силы P называется центром давления. Координата центра давления $Y_{ц.д.}$ для симметричных относительно оси $N - N$ фигур определяется из уравнения.

$$Y_{ц.д.} = Y_{ц.т.} + \frac{I_0}{\Omega Y_{ц.т.}}, \quad (1.16)$$

Где I_0 – момент инерции площади Ω относительно оси $m-m$.

Значение $I_0 - Y_{ц.т.}$ для некоторых фигур приведены в приложении 5.

Сила гидростатического давления P может быть определена графическим способом как произведение площади эпюры гидростатического давления на ширину стенки.

$$P = d * S \quad (1.17)$$

Где S – площадь эпюры гидростатического давления, Н/м;

b – Ширина стенки, м.

Сила давления проходит через тяжести эпюры гидростатического давления и направлена по нормали к поверхности.

Сила избыточного гидростатического давления для плоских прямоугольных стенок, изображенных на рис. 1.14, может быть определена по

формулам:

Вертикальная стенка:

$$P = b \frac{\rho g h^2}{2}, \quad (1.18)$$

Горизонтальная стенка

$$P = \rho g h \omega, \quad (1.19)$$

Где ω – площадь дна, м².

Наклонная стенка

$$P = b \frac{\rho g h^2}{2 \sin \alpha}, \quad (1.20)$$

Закон Архимеда.

Сила, с которой жидкость действует на погруженное в нее тело, равна весу жидкости в объеме погруженного тела и направлена вертикально вверх.

$$R = -\rho g W, \quad (1.21)$$

Где R – выталкивающая сила, Н; ρ – плотность жидкости кг/м³; W – объем погруженного тела, м³.

Задачи:

1.39. Определить силу избыточного гидростатического давления на вертикальную стенку водонапорного бака шириной 5 м. В баке, размеры которого в плане составляют 4 х 5 м, находится 35 м³ воды. Построить эпюру избыточного гидростатического давления на эту стенку.

Ответ: $P = 75,11$ кН.

1.40. Определить силу избыточного гидростатического давления на заслонку, закрывающую отверстие в стенке резервуара (1.17). Резервуар заполнен нефтью $\rho = 850$ кг/м³. Размеры заслонки 10 х 10 см. Высота слоя нефти до начала заслонки 6 м. Построить эпюру избыточного гидростатического давления на заслонку.

Решение. Силу избыточного гидростатического давления определим графическим способом как произведение площади эпюры избыточного гидростатического давления на ширину заслонки.

$$P = bS = b * \text{пл.} ABCD$$

Эпюра избыточного гидростатического давления имеет форму трапеции, площадь которой определяется как произведение полусуммы оснований на высоту.

$$S = \frac{AC + BD}{2} * AB$$

Где $AC = \rho gh_1 = 850 * 9,81 * 6 = 50,03 * 10^3$ Па – гидростатическое давление в точке А; $BD = \rho gh_2 = 850 * 9,81 * 6,1 = 50,86 * 10^3$ Па – гидростатическое давление в точке В;

$AB = h_1 - h_2 = 6,1 - 6,0 = 0,1$ м – высота трапеции.

Тогда.

$$S = \frac{(50,03 + 50,86) * 10^3}{2} * 0,1 = 5,045 * 10^3 \text{ Н/м.}$$

Сила избыточного гидростатического давления.

$$P = 5,045 * 10^3 * 0,1 = 504,5 \text{ Н.}$$

Ответ: $P = 504,5$ Н.

1.41 Определить силу избыточного гидростатического давления на заслонку размерами $a = 15$ см, $b = 20$ см (рис. 1.17), закрывающую отверстие в стенке резервуара с бензином плотностью $\rho = 700$ кг/м³. Высота слоя бензина до начала заслонки 7 м. Построить эпюру избыточного гидростатического давления.

Ответ: $P = 1457$ Н.

1.42. Определить силу избыточного гидростатического давления на откос пожарного водоема (рис. 1.18) шириной 8 м, если глубина воды в водоеме 3,5 м, угол наклона откоса составляет 45° . Построить эпюру избыточного гидростатического давления.

Ответ: $P = 679,8$ кН.

1.43. Канал шириной 4 м. и глубиной 3 м. перегорожен щитом прямоугольной формы (рис. 1.19). Определить силу тяги, необходимую для подъема щита весом 15 кН, если коэффициент трения щита о поверхность пазов составляет 0,5.

Решение. Сила тяги может быть определена как сумма веса щита G и силы трения щита о поверхность пазов $F_{\text{тр}}$.

$$T = G + F_{\text{тр}}.$$

Сила трения определяется как произведение силы нормального (в данном случае гидростатического) давления на коэффициент трения.

Силу избыточного гидростатического давления определим графическим способом как произведение эпюры избыточного гидростатического давления на ширину стенки

$$P = b \frac{\rho gh^2}{2} = 4 \frac{1000 * 9,81 * 3^2}{2} = 176,58 \text{ кН.}$$

Тогда

$$T = 15 + 176,58 * 0,5 = 103,29 \text{ кН.}$$

Ответ: $T = 103,29$ кН.

1.44. Определить силу тяги, необходимую для подъема щита весом 10 кН, который перегораживает канал глубиной 2 м. Ширина щита 3 м. Коэффициент трения щита о поверхность пазов 0,4 (рис. 1.19).

Ответ: $T = 33,54$ кН.

1.45. Силу избыточного гидростатического давления и центр давления на наклонную крышку, которая закрывает круглую трубу диаметром 1 м водовыпуска из пожарного водоема (рис. 1.20). Угол наклона крышки $\alpha = 60^\circ$. Ось водовыпуска находится на глубине $H = 2$ м.

Решение. Силу давления на крышку определим аналитическим способом как произведение гидростатического давления в центре тяжести крышки на её площадь:

$$P = P_{ц.т.} \cdot \omega = \rho g H \omega.$$

Площадь крышки, имеет форму эллипса

$$\omega = \pi a b,$$

где a и b – полуоси эллипса

$$a = 0,5 \text{ м}, \quad b = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{0,5}{0,866} = 0,577 \text{ м}$$

$$\omega = 3,14 * 0,5 * 0,577 = 0,906 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$P = 1000 * 9,81 * 2 * 0,906 = 17,17 \text{ кН}.$$

Расстояние до центра тяжести эллипса

$$L_{ц.т.} = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{2}{0,866} = 2,3 \text{ м}.$$

Координата центра давления

$$L_{ц.д.} = \frac{I_0}{L_{ц.т.} * \omega}$$

Момент инерции эллипса

$$I_0 = \frac{\pi a b^3}{4} = \frac{3,14 * 0,5 * 0,577^3}{4} = 0,075 \text{ м}^4$$

Тогда

$$L_{ц.д.} = 2,3 + \frac{0,075}{2,3 * 0,906} = 2,336 \text{ м}.$$

Ответ: $P = 17,77$ кН; $L_{ц.д.} = 2,336$ м.

1.46. Определить силу избыточного гидростатического давления и центр давления на наклонную крышку (рис. 1.21)

Если	1.	$H = 3$ м;	$d = 0,8$ м;	$\alpha = 45^\circ$
	2.	$H = 3,5$ м;	$d = 0,9$ м;	$\alpha = 30^\circ$

$$3. \quad H = 4 \text{ м}; \quad d = 1 \text{ м}; \quad \alpha = 50^\circ$$

Ответ	1.	$P = 20,89 \text{ кН};$	$L_{ц.д.} = 4,258 \text{ м};$
	2.	$P = 43,60 \text{ кН};$	$L_{ц.д.} = 7,028 \text{ м};$
	3.	$P = 40,21 \text{ кН};$	$L_{ц.д.} = 5,240 \text{ м};$

1.47. Определить силу избыточного гидростатического давления и центр давления на плоский затвор (рис. 1.21), которым перекрывают водовыпуск пожарного водоема. Глубина водоема 3 м, высота прямоугольного канала водовыпуска $h_1 = 1 \text{ м}$, ширина $b = 0,8 \text{ м}$, угол наклона затвора к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Построить эпюру избыточного гидростатического давления на затвор.

Ответ: $P = 19,62 \text{ кН}; \quad h_{ц.д.} = 2,58 \text{ м}.$

1.48. Определить силу избыточного гидростатического давления и центр давления на промежуточную вертикальную стенку пожарного резервуара шириной 6 м. Стенка разделяет резервуар на два отсека (рис. 1.22), уровень воды в первом отсеке 2 м, во втором – 1 м. Построить эпюру избыточного гидростатического давления.

Ответ: $P = 88,29 \text{ кН}.$

1.49. Для приведенных на рисунке 1.23 плоских прямоугольных фигур построить эпюры избыточного гидростатического давления.

1.50. Для приведенных на рисунке 1.24. криволинейных стенок построить эпюры избыточного гидростатического давления.

1.51. Определить минимальный диаметр шарового поплавка, который обеспечивает автоматическое закрытие клапана при наполнении резервуара (рис. 1.25), если $a = 120 \text{ мм}$, $b = 600 \text{ мм}$. Вода поступает в резервуар под давлением $P = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ по трубе диаметром 150 мм. Массой рычага, клапана и поплавка пренебречь.

Ответ: $d = 0,212 \text{ м}.$

1.52. Плотность жидкости измеряется при помощи ареометра (рис. 1.26). Внешний диаметр трубки 20 мм, диаметр шарика с дробью 30 мм, масса ареометра 0,060 кг. Определить плотность жидкости, если глубина погружения в нее ареометра составляет $h = 150 \text{ мм}$.

Ответ: $\rho = 980 \text{ кг/м}^3.$

1.53. Определить глубину погружения ареометра в жидкость плотностью 800 кг/м^3 (рис. 1.26) если внешний диаметр трубки 25 мм, диаметр шарика с дробью 40 мм, масса ареометра 0,080 кг.

Ответ $h = 0,169 \text{ м}.$

Глава II. Основы гидродинамики.

В гидродинамике изучаются виды и формы движения жидкости, а так же изучаются силы, которые вызывают движение жидкости.

§ 4. Основные понятия и определения.

Уравнение неразрывности потока.

Живым сечением потока называется поверхность в пределах потока, нормальная к направлению движения жидкости.

Различают три основных гидравлических элемента живого сечения:

а) площадь живого сечения ω :

б) смоченный периметр χ , представляющий собой периметр той части поперечного сечения потока, которая смочена движущейся жидкостью;

в) гидравлический радиус R .

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (2.1)$$

Расходом жидкости Q называется ее объем, проходящий в единицу времени через живое сечение.

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (2.2)$$

Где Q – расход жидкости, м^3 ; t – время, с.

Средняя скорость потока называется такая скорость, с которой должны были бы двигаться все частицы жидкости через данное живое сечение, чтобы сохранился расход, соответствующий действительному распределению скоростей в живом сечении.

Средняя скорость потока V_{CP} численно равна отношению расхода к площади живого сечения:

$$V_{CP} = \frac{Q}{\omega}, \quad (2.2)$$

Где V_{CP} – средняя скорость потока, м/с ; ω – площадь живого сечения, м^2 .

Критерием режима движения жидкости является безразмерная величина – число Рейнольдса.

$$Re = \frac{Vd}{\nu}, \quad (2.2)$$

Где V – средняя скорость потока, м/с ; d – диаметр трубы, м ; ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

При $Re < 2320$ будет иметь место ламинарный режим, а при $Re > 2320$ – турбулентный режим.

Если жидкость движется без разрывов, то при установившемся движении расход Q для всех живых сечений потока одинаков.

$$Q = V_1\omega_1 = V_2\omega_2 = \text{Const}, \quad (2.5)$$

Где $V_{1,2}$ – средняя скорость в данном сечении, м/с ;

$\omega_{1,2}$ – площадь живого сечения, м^2 .

Из уравнения неразрывности потока (2.5) следует, что средние скорости обратно пропорциональны площадям живых сечений

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (2.6)$$

Задачи:

2.1. Определить расход воды при испытании на водоотдачу объемным способом внутреннего пожарного крана, если за 1 минуту в мерном баке оказалось 170 л. воды.

Ответ: $Q = 2,83$ л/с.

2.2. Определить расход воды при испытании на водоотдачу объемным способом наружной водопроводной сети, если за 30 секунд в мерном баке оказалось 210 л. воды.

Ответ: $Q = 7$ л/с.

2.3. Определить расход воды по пожарному рукаву диаметром 66 мм, если средняя скорость течения составляет 2,1 м/с.

Ответ: $Q = 7,18$ л/с.

2.4. Определить расход воды через насадок пожарного ствола диаметром 16 мм, если средняя скорость на срезе насадка составляет 25 м/с.

Ответ: $Q = 5,02$ л/с.

2.5. Определить среднюю скорость движения воды в трубе пожарного водопровода диаметром 200 мм, если расход составляет 50 л/с.

Решение. Средняя скорость движения воды определяется из уравнения неразрывности потока.

$$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,2^2} = 1,59 \text{ м/с.}$$

Ответ: $V = 1,59$ м/с.

2.6. Определить среднюю скорость выхода из насадка пожарного ствола диаметром 22 мм, если расход воды составляет 10 л/с.

Ответ: $V = 26,32$ м/с.

2.7. Определить расход и среднюю скорость выхода воды из насадка пожарного ствола диаметром 13 мм, если скорость движения воды по рукаву диаметром 51 мм составляет 2,2 м/с.

Ответ: $Q = 4,5$ л/с. $V = 33,86$ м/с.

2.8. Во сколько раз изменится скорость движения воды, если диаметр трубы уменьшить в 2 раза.

Ответ: Средняя скорость увеличится в 4 раза.

2.9. Определить минимальный диаметр трубы для участка наружной сети пожарного водопровода, предназначенного для пропуска 20 л/с воды. Скорость движения воды не должна превышать 1,2 м/с. Какова будет действительная скорость для выбранного стандартного диаметра трубы?

Решение: Из уравнения неразрывности потока следует, что

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

Где

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} - \text{Площадь живого сечения.}$$

Приравнивая левые части уравнения, получим выражение для определения необходимого минимального диаметра трубы

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 * 20 * 10^{-3}}{3.14 * 1.2}} = 0.146 \text{ м}$$

Выбираем ближайший стандартный диаметр трубы

$$d = 0,15 \text{ м.}$$

Действительная скорость движения воды

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 20 * 10^{-3}}{3,14 * 0.15^2} = 1,13 \text{ м/с.}$$

Ответ: d= 150 мм; V = 1,13 м/с.

2.10. Определить минимальный диаметр трубы для участка наружной сети противопожарного водопровода, если расход по нему составляет 35 л/с. Скорость движения воды по участку не должна превышать 2 м/с.

Ответ: d = 150 мм.

2.11. Определить необходимый диаметр трубы для участка наружной сети объединенного водопровода, чтобы при подаче 28 л/с скорость движения воды по участку не превышала 0,9 м/с.

Ответ: d = 200 мм.

2.12. Определить время опорожнения резервуара, в котором хранилось 500 м³ воды на наружное пожаротушение, если автонасос подавал воду к месту пожара в количестве 40 л/с.

Ответ: t = 3.47 часа.

2.13. Определить, на какое время при наружном пожаротушении хватит 350 м³ воды, если нормативный расход воды на пожаротушение составляет 30 л/с.

Ответ: t = 3,24 часа.

2.14. Определить необходимый запас воды в водонапорном баке на внутреннее пожаротушение в течении 10 минут, если расход воды для работы для работы двух пожарных кранов составляет 5 л/с.

Ответ: $W = 3 \text{ м}^3$.

2.15. Определить необходимый запас воды в водяном баке гидропневматической установки, предназначенной для работы четырех пожарных кранов в течении 10 минут. Расход воды через пожарный кран составляет 5 л/с.

Ответ: $W = 12 \text{ м}^3$.

2.16. Определить режим движения воды в пожарном рукаве диаметром 51 мм. Расход воды составляет 4 л/с. Коэффициент кинематической вязкости $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Решение. Скорость движения воды по рукаву.

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,051^2} = 1,96 \text{ м/с}.$$

Число Рейнольдса.

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,96 \cdot 0,051}{1,306 \cdot 10^{-6}} = 76540$$

т.к. $Re > 2320$, то режим турбулентный.

Ответ: режим турбулентный.

2.17. Определить, при каком расходе воды по пожарному рукаву диаметром 66 мм режим движения можно считать ламинарным. Коэффициент кинематической вязкости $\nu = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Ответ: $Q = 0,48 \text{ л/с}$.

2.18. Определить режим движения нефти по нефтепроводу диаметром 100 мм при расходе 12 л/с. Коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

Ответ: режим турбулентный.

2.19. По условиям задачи 2.22 определить, при каком расходе нефти режим движения можно считать ламинарным.

Ответ: $Q = 7,65 \text{ л/с}$.

§ 5. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.

Уравнение Бернулли является одним из основных уравнений гидродинамики, выражает частный случай закона сохранения энергии для потока движущейся жидкости. Для установившегося плавно изменяющегося потока реальной жидкости, для двух произвольно выбранных сечений

уравнение Бернулли имеет вид:

$$Z_1 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (2.7)$$

Где z – удельная энергия положения, возвышение рассматриваемых живых сечений над плоскостью сравнения; $\frac{P}{\rho g}$ – удельная потенциальная энергия давления или пьезометрический напор, соответствующий абсолютному или манометрическому давлению жидкости $Z + \frac{P}{\rho g}$ – удельная потенциальная энергия жидкости или потенциальный напор; $\frac{V^2}{2g}$ – удельная кинетическая энергия или скоростной напор; h_{1-2} – потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений между сечениями.

Все члены уравнения (2.7) имеют размерность длины и поэтому его можно изобразить графически (рис. 2.1).

Отношение потерь напора h_{1-2} на участке 1-2 к длине этого участка L_{1-2} , измеренного по оси потока, называется гидравлическим уклоном:

$$i = \frac{h_{1-2}}{L_{1-2}}, \quad (2.8)$$

Решение задач с использованием уравнения Бернулли рекомендуется проводить в следующей последовательности:

а) выбрать два сечения, которые будут соединяться уравнением Бернулли. Необходимо выбрать сечения, для которых известно возможно большее число гидродинамических элементов, а так же сечения, для которых гидродинамические элементы необходимо определить;

б) выбрать горизонтальную плоскость сравнения. Ее необходимо выбирать таким образом, чтобы Z_1 или Z_2 , входящие в уравнение Бернулли, обратились в нуль;

в) записать уравнение (2.7) для двух выбранных сечений;

г) установить значение величин, входящих в уравнение Бернулли;

д) подставить найденные значения слагаемых в уравнение Бернулли и определить искомую величину.

Задачи:

2.20. Определить предельную высоту расположения оси центробежного насоса над уровнем воды в водоисточнике (рис.2.2), если насос забирает воду в количестве 30 л/с, диаметр всасывающей трубы 150 мм. Вакуумметрическое давление, создаваемое во всасывающем патрубке, составляет $6,5 \cdot 10^4$ Па, потери напора во всасывающей линии 1 м.

Решение. Выбираем два сечения: 1-1 по оси насоса и 0-0 по линии

свободной поверхности воды. Сечение 0-0 совпадает с плоскостью сравнения. Уравнение Бернулли для сечения 0-0 и 1-1 будет иметь вид:

$$Z_0 = \frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + h_{0-1}, \quad (2.7)$$

В сечении 0-0 скорость $V_0 \approx 0$, поэтому скоростной напор $\frac{V_0^2}{2g} = 0$. Давление на свободной поверхности равно атмосферному $P_0 = P_a$, тогда пьезометрический

$$\frac{P_0}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g}$$

Плоскость сравнения совпадает с сечением 0-0, поэтому $Z_0 = 0$

Абсолютное давление в сечении 1-1

$$P_1 = P_a - P_B.$$

Тогда

$$\frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P_B}{\rho g}$$

Высота расположения оси насоса над уровнем воды в водосточнике Z_1 определяется из уравнения.

$$Z_1 = \frac{P_B}{\rho g} - \frac{V_1^2}{2g} - h_{0-1},$$

Скорость движения воды во всасывающей трубе

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,7 \text{ м/с.}$$

Скоростной напор

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м.}$$

Вакуумметрическая высота

$$\frac{P_B}{\rho g} = \frac{6,5 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} = 6,62 \text{ м.}$$

Тогда

$$Z_1 = 6,62 - 0,15 - 1 = 5,47 \text{ м.}$$

Ответ: $Z_1 = 5,47 \text{ м.}$

2.21. Определить вакуумметрическое давление, которое должен создавать центробежный насос во всасывающей трубе диаметром 100 мм при расходе 20 л/с (рис. 2.2). Возвышение оси насоса над поверхностью воды составляет 5 м, потери напора во всасывающей линии 0,85 м.

Ответ: $P_B = 60,62 \text{ кПа}$.

2.22. Определить, с какой максимальной высоты центробежный насос пожарного автомобиля может забрать воду из водоема, если подача насоса 35 л/с, диаметр всасывающего рукава 150 мм, потери напора во всасывающем рукаве 1,3 м. Вакуумметрическое давление во всасывающем патрубке $8 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

Ответ: $Z = 6,65 \text{ м}$.

2.23. Построить пьезометрическую линию и линию изменения гидродинамического напора для пожарного ствола диаметром 50 мм с насадком диаметром 13 мм. Расход составляет 3 л/с. Построение произвести в масштабе после определения пьезометрического и скоростного напора в сечениях I-I и II-II (рис. 2.3). Избыточное давление в сечении I-I составляет $2,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

2.24. Вода в количестве 10 л/с подается в эжектор при помощи центробежного насоса, создающего перед соплом избыточное давление $4,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить с какой высоты можно поднять воду из резервуара, расположенного ниже оси эжектора (рис. 2.4). Диаметр подводящей трубы $d_1 = 70 \text{ мм}$, диаметр сопла $d_2 = 20 \text{ мм}$. Потерями напора пренебречь.

Ответ: $h_B = 3,45 \text{ м}$.

2.25. По данным задачи 2.29 построить пьезометрическую и напорную линию. Построение произвести в масштабе для сечения I-I и II-II.

2.26. Определить разряжение в вакуумметрической камере стационарного пеносмесителя ПС-5 пожарного насоса ПН-40У, имеющего входное сечение диаметром 30 мм и выходное (сопло) диаметром 16,3 мм (рис. 2.5).

Расход воды 6 л/с, напор у пеносмесителя 45 м.

Ответ: $h_B = 2,96 \text{ м}$.

2.27. Определить расход воды через сопло пеносмесителя ПС-5, имеющего входное сечение диаметром 30 мм и выходное (сопло) диаметром 16,3 мм (рис. 2.5). Величина вакуума составляет 3,5 м. Давление перед пеносмесителем $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Ответ: $Q = 5,68 \text{ л/с}$.

2.28. Манометр, установленный на стволе-водомере, показывает давление 3,8 ат. (рис. 2.6). Диаметр насадка 25 мм. Определить скорость и расход воды. Потерями напора пренебречь.

Ответ: $V = 27,3 \text{ м/с}$; $Q = 13,4 \text{ л/с}$.

2.29. Определить, какое избыточное давление должно быть у ствола с насадком 22 мм, чтобы расход воды составил 10 л/с. Потерями напора

пренебречь.

Ответ: $P = 346,25 \text{ кПа}$.

2.30. Определить необходимое избыточное давление у ствола с насадком диаметром 19 мм, чтобы скорость на выходе из насадка составила 30 м/с.

Ответ: $P = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

2.31. Как изменится расход жидкости через пожарный ствол, если давление перед ним упало в 2 раза.

Ответ: расход уменьшится в 1,41 раза.

2.32. Определить скорость выхода воды из насадка пожарного ствола при напоре 35 м, если при напоре 30 м скорость составляет 25 м/с.

Ответ: $V = 27 \text{ м/с}$.

2.33. Определить расход воды из насадка пожарного ствола при напоре 30 м., если при напоре 25 м расход воды составляет 8 л/с.

Ответ: $Q = 8,76 \text{ л/с}$.

2.34. При испытании внутреннего пожарного крана на водоотдачу использовалась трубка Пито (рис. 2.7).

Манометр, установленный на трубке Пито, показал давление 3 ат. Определить, пренебрегая потерями напора, скорость струи и расход через насадок диаметром 16 мм.

Ответ: $V = 24,26 \text{ м/с}$; $Q = 4,88 \text{ л/с}$.

2.35. Сравнить скорость струи и расход воды из стволов с насадками 13 мм и 16 мм, если манометр, установленный на трубке Пито, показал одинаковое давление 2,5 ат.

Ответ: $V_1 = V_2 = 22,14 \text{ м/с}$; $Q_1 = 2,94 \text{ л/с}$; $Q_2 = 4,43 \text{ л/с}$.

2.36. Для заполнения пожарного водоема используется трубопровод длиной 600 м. Определить необходимый напор насоса, если возвышение водоема над источником составляет 15 м, гидравлический уклон 0,03, свободный напор на конце линии 5 м.

Ответ: $H = 38 \text{ м}$.

2.37. Определить гидравлический уклон трубопровода длиной 500 м (рис.2.8), если манометры, установленные в начале и в конце трубопровода, показали давление 4,5 ат и 3,6 ат соответственно, возвышение осей манометров над плоскостью сравнения: $Z_1 = 2 \text{ м}$; $Z_2 = 6 \text{ м}$.

Ответ: $i = 0,01$.

2.38. Определить на какую высоту сможет подняться вода из резервуара

по трубе, присоединенной к узкому сечению трубопровода диаметром 50 мм (рис. 2.9), если расход воды по трубопроводу 10 л/с. Диаметр трубопровода 100 мм. Избыточный напор перед сужением 0,6 м. Потерями напора пренебречь.

Ответ: $h=0,64$ м.

2.39. Определить диаметр узкого сечения трубопровода (рис. 2.9), чтобы при расходе 15 л/с по трубопроводу диаметром 125 мм высота подъема воды из резервуара составляла 80 см. Избыточное давление перед сужением 10 кПа. Потерями напора пренебречь.

Ответ: $d=56$ мм.

2.40. Определить расход воды по трубопроводу диаметром 200 мм, имеющим сужение диаметром 50 мм (рис.2.9), чтобы обеспечить подъем воды из резервуара на высоту 3,1 м. Избыточное давление перед сужением 12 кПа. Потерями напора пренебречь.

Ответ: $Q=20$ л/с.

2.41. Определить местную скорость движения воды, если разность высот подъема воды в пьезометре и скоростной трубке составляет 60 см (рис. 2.10).

Ответ: $V=3,43$ м/с.

2.42. Определить разность уровней в скоростной трубке и пьезометре (рис. 2.10), если скорость движения воды на уровне центров водных сечений трубок равна 2,3 м/с.

Ответ: $\Delta h=0,27$ м.

2.43. Определить расход воды по показаниям пьезометрического водомера (рис. 2.11). Диаметр трубы $D=50$ мм, диаметр суженного сечения $d=25$ мм, разность пьезометрических высот 100 см.

Ответ: $Q=2,24$ л/с.

2.44. Определить расход воды через пьезометрический водомер (рис. 2.11), если $D=200$ мм, $d=100$ мм. Разность пьезометрических высот 60 см.

Ответ: $Q=27,3$ л/с.

Глава III. Движение жидкости по трубам и пожарным рукавам.

Важнейшей задачей любого расчета является определение потерь напора на преодоление гидравлических сопротивлений, которые определяются как сумма всех потерь напора по длине отдельных последовательных участков трубопровода h_l и всех местных потерь напора h_m ;

$$h = \sum h_l + \sum h_m \quad (3.1)$$

§ 6. Линейные и местные потери напора.

Потери напора по длине трубопровода при равномерном установившемся движении жидкости могут быть определены по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} . \quad (3.2)$$

где h_1 – потери напора по длине трубопровода, измеряемые в метрах столба жидкости, которая протекает по трубопроводу; λ – коэффициент гидравлического трения; l – длина трубопровода, м; d – диаметр трубы, м; V – средняя скорость движения жидкости, м/с.

При установившемся равномерном движении жидкости в трубах и рукавах коэффициент гидравлического трения в большинстве случаев не зависит от числа Рейнольдса.

В этих случаях линейные потери напора можно определить по упрощенным формулам:

$$hl = A l Q^2 , \quad (3.3)$$

где hl – потери напора по длине трубопровода, м; A – удельное сопротивление, потери напора на 1 м длины; l – длина трубопровода, м; Q – расход жидкости, м³/с.

Значение удельных сопротивлений A приведены в приложении 6. В справочной литературе приводится значение удельных сопротивлений для расхода Q , выраженного в л/с и м³/с.

Учитывая, что $Al=S$

Формулу (3.3) можно записать

$$hl = S Q^2 \quad (3.4)$$

где S – сопротивление участка длиной l ; значение которых для чугунных труб приведены в приложении 7; Q – расход жидкости л/с.

При скоростях движения жидкости менее 1,2 м/с необходимо ввести поправочный коэффициент K_n , значение которых приведены в приложении 8. Скорость движения воды в трубах может быть приближенно определена по приложению 9.

Формулы (3.3) и (3.4) могут быть записаны в виде.

$$hl = K_n A l Q^2 = K_n S Q^2 \quad (3.5)$$

Потери напора в пожарных рукавах удобнее определять через сопротивление одного стандартного рукава длиной 20 м.

$$h_p = n S_p Q^2 \quad (3.6)$$

где h_p – потери напора в рукавной линии, м; n – число рукавов линии; S_p – сопротивление одного стандартного рукава длиной 20 м; значение S_p приведены в приложении 10; Q – расход воды по рукавной линии, л/с.

Местные потери напора можно определить по формуле Д.Вейсбаха.

$$h_M = \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (3.7)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления.

В некоторых случаях потери напора на местные сопротивления определяются по формуле:

$$h_M = SQ^2 \quad (3.8)$$

где S – сопротивление, значение которого для гидрантов, колонок и водомеров приведены в приложении 11 и 12.

Задачи:

3.1. Определить коэффициент гидравлического трения, если при испытании водопровода на участке длиной 800 м, состоящего из труб диаметром 250 мм, потери напора составили 5 м. Расход воды составил 45 л/с.

Решение. Коэффициент гидравлического трения можно определить из уравнения Дарси-Вейсбаха:

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

Скорость движения воды:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 45 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,25^2} = 0,917 \text{ м/с.}$$

Тогда

$$\lambda = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,25 \cdot 5}{800 \cdot 0,917^2} = 0,0364$$

Ответ: $\lambda = 0,0364$.

3.2. Определить потери напора в трубопроводе диаметром 100 мм и длиной 300 м при пропуске воды во время пожара. Расход воды составляет 15 л/с, коэффициент гидравлического трения 0,04.

Ответ: $h_l = 22,3$ м.

3.3. При испытании наружной водопроводной сети на водоотдачу потери напора на участке длиной 300 м составил 2,5 м, диаметр труб 200 мм. Определить коэффициент гидравлического трения,

Если расход воды по участку составил 30 л/с.

Ответ: $\lambda = 0,0392$.

3.4. Определить максимальный расход воды по участку трубопровода диаметром 125 мм и длиной 400 м, чтобы потери напора не превышали 15 м. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,025$.

Решение. Из уравнения Дарси-Вейсбаха определим скорость движения

жидкости, при которой потери напора не превысят допустимой величины:

$$V = \sqrt{\frac{2ghld}{\lambda l}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 15 \cdot 0.125}{0.25 \cdot 400}} = 1.92 \text{ м/с}$$

Из уравнения неразрывности потока следует, что

$$Q = V\omega = V \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1.92 \cdot 3.14 \cdot 0.125^2}{4} = 23.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Ответ: $Q = 23,5 \text{ л/с}$.

3.5. Определить максимально допустимую скорость движения воды по участку трубопровода длиной 500 м и диаметром 100 мм, чтобы потери напора не превышали 40 м. Каков при этом будет расход воды, если коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,035$.

Ответ: $V = 2,12$; $Q = 16,6 \text{ л/с}$.

3.6. Определить падение давления в технологическом трубопроводе диаметром 200 мм и длиной 1000 м, по которому перекачивается нефть плотностью $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, расход нефти $Q = 30 \text{ л/с}$. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,04$.

Ответ: $\Delta P = 82,15 \text{ кПа}$.

3.7. Для сохранения пожарного запаса воды в резервуаре всасывающая линия оборудована воздушной трубкой, верхний срез которой находится на уровне пожарного запаса в резервуаре (рис. 3.1). Предполагается, что при снижении уровня воды до пожарного запаса воздух, вследствие возникновения вакуума в сечении, к которому приварена трубка проникает во всасывающий трубопровод насосов, произойдет срыв работы насоса и забор воды прекратится.

Определить, сохранится ли неприкосновенный запас воды, если уровень воды находится на высоте 2,5 м выше оси всасывающей трубы. Диаметр трубы 150 мм, расход воды 30 л/с. Труба оборудована всасывающей сеткой с клапаном ($\xi_1 = 6,0$) и имеет колено ($\xi = 0,5$).

Решение. Выбираем два сечения, которые будем сравнивать с помощью уравнения Бернулли:

I-I – по уравнению неприкосновенного запаса воды,

II-II – по оси всасывающей трубы.

Плоскость сравнения 0-0 проходит по оси всасывающего трубопровода.

Уравнение Бернулли будет иметь вид:

$$Z_1 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_M,$$

Где $Z_1 = 2,5 \text{ м}$; $P_1/\rho g = 0$ (избыточное давление в сечении I-I), $V_1^2/2g = 0$ (скорость снижения уровня в сечении I-I мала по сравнению с прочими величинами); h_M – потери на местные сопротивления; линейными потерями на

участке от сечения I-I до сечения II-II можно пренебречь.

Уравнение Бернулли примет вид

$$\frac{P_2}{\rho g} = Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - h_M,$$

Скорость движения воды в сечении II-II

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,7 \text{ м/с.}$$

Скоростной напор:

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{1,7^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м.}$$

Местные потери напора

$$h_M = (\xi_1 + \xi_2) \frac{V_2^2}{2g} = (6,0 + 0,5) \cdot 0,15 = 0,98 \text{ м.}$$

Тогда

$$\frac{P_2}{\rho g} = 2,5 - 0,5 - 0,98 = 1,37 \text{ м.}$$

Давление в сечении II-II составляет 1,37 м. Неприкосновенный запас воды будет израсходован.

Ответ: Неприкосновенный запас воды не сохранится.

3.8. Определить величину избыточного давления во всасывающей трубе насоса, если диаметр трубы 125 мм, расход воды 30 л/с. Сохранится ли неприкосновенный запас воды?

Остальные исходные данные приведены в задаче 3.7.

Ответ: $P = 21,6$ кПа; неприкосновенный запас не сохранится.

3.9. Определить максимальную высоту расположения насоса над уровнем воды в водоисточнике (рис. 2.2), если насос пожарного водопровода забирает воду в количестве 120 л/с. Диаметр всасывающей трубы 350 мм ($\lambda = 0,02$) при длине 40 м. Труба снабжена всасывающей сеткой с обратным клапаном ($\xi_1 = 10$), имеет 3 колена ($\xi_2 = 0,5$). Величина вакуума во всасывающей полости насоса составляет 6 м.

Ответ: $Z = 4,43$ м.

3.10. Определить потери напора на участке наружной водопроводной сети длиной 400 м, состоящей из чугунных труб диаметром 150 мм при пропуске воды во время пожара в количестве 35 л/с.

Решение. Средняя скорость воды на участке:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 35 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,98 \text{ м/с.}$$

Скорость превышения 1,2 м/с, потери напора на участке определяются по формуле (3.3)

$$hl = A l Q^2$$

Удельное сопротивление чугунной трубы диаметром 150 мм по приложению 6 составляет:

$$A = 37,11 \text{ (для расхода } Q \text{ в м}^3/\text{с)}$$

Тогда

$$hl = 37,11 \cdot 400 \cdot 0,035^2 = 18,18 \text{ м}$$

Ответ: $hl = 18,18 \text{ м}$.

3.11. Определить потери напора на участке длиной 280 м наружной водопроводной сети, состоящей из чугунных труб диаметром 200 мм при пропуске воды 30 л/с. Потери напора определить по упрощенным формулам.

Ответ: $hl = 2,11 \text{ м}$.

3.12. Определить потери напора в рукавной линии длиной 180 м, состоящей из прорезиненных рукавов, диаметром 66 мм, расход воды по рукавной линии 12 л/с.

Ответ: $h_p = 44,06 \text{ м}$.

3.13. Определить расход воды по горизонтальному чугунному трубопроводу длиной 1000 м и диаметром 150 мм, если манометры, установленные в начале и в конце трубопровода показали давление 4,2 ат и 3,1 ат соответственно.

Ответ: $Q = 17,2 \text{ л/с}$.

3.14. На трубопроводе диаметром 100 мм имеется внезапное сужение до диаметра 75 мм. По трубопроводу перекачивается вода в количестве 8 л/с. Определить потери напора через местное сопротивление.

Ответ: $h_M = 0,036 \text{ м}$.

§ 7. Гидравлический удар.

Гидравлическим ударом называется повышение или понижение давления в напорном трубопроводе, вызванное изменением во времени средней скорости движения жидкости. Гидравлический удар обуславливается инерцией той массы жидкости, заключенной в трубопроводе, скорость которой изменяется.

Гидравлический удар возникает при закрывании пожарной арматуры, включении и выключении насосов, при переломе пожарных рукавов, что может привести к разрыву трубопроводов, рукавов, поломке насосов.

Важнейшими характеристиками гидравлического удара является: скорость распространения ударной волны, фаза гидравлического удара и повышение давления.

Для приближенных расчетов скорость распространения ударной волны

можно принимать по таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Материал	Скорость распространения ударной волны, а, м/с
Сталь чугун	1200
Асбоцемент	700
Рукава прорезиненные	300
Рукава не прорезиненные (новые)	120
Рукава не прорезиненные (б/у)	80

Фаза гидравлического удара t_{Φ} – время, которое необходимо для пробега ударной волной удвоенной длины водовода.

$$t_{\Phi} = \frac{2l}{a}, \quad (3.9)$$

где t_{Φ} – фаза удара, с; l – длина водовода, м. Различают полный или прямой и неполный или непрямой гидравлические удары.

Если время закрытия крана или задвижки t_3 меньше фазы удара t_{Φ} , то возникает прямой удар.

$$t_3 < t_{\Phi} \quad (3.10)$$

Если время закрытия задвижки больше фазы удара – не прямой удар.

$$t_3 > t_{\Phi} \quad (3.11)$$

Величина повышения давления при прямом гидравлическом ударе определяется по формуле:

$$\Delta P = \rho a V, \quad (3.12)$$

где ΔP – величина повышения давления, Па; V – средняя скорость движения жидкости в трубопроводе до закрытия задвижки, м/с.

Величина повышения давления при непрямом гидравлическом ударе:

$$\Delta P = \rho a V \frac{t_{\Phi}}{t_3}, \quad (3.13)$$

Задачи:

3.15. Определить повышение давления в чугунном трубопроводе перед задвижкой после мгновенного автоматического отключения водонапорной башни при пожаре. Расход воды по трубопроводу составляет 40 л/с, диаметр трубопровода 150 мм, скорость распространения ударной волны 1070 м/с.

Решение. Скорость движения до закрытия задвижки:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,15^2} = 2,26 \text{ м/с.}$$

Повышение давления при прямом гидравлическом ударе:

$$\Delta P = \rho v V = 1000 \cdot 1070 \cdot 2,26 = 2,418 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Ответ: $\Delta P = 2,418 \text{ МПа}$.

3.16. Определить необходимую толщину стенок прорезиненного рукава диаметром 77 мм, чтобы напряжение в стенках при мгновенном перекрытии потока воды не превышало $\sigma = 50 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Скорость распространения ударной волны принять равной $a = 200 \text{ м/с}$. Расход воды составляет 15 л/с, начальное давление $P_0 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Ответ: $\sigma = 5,6 \text{ мм}$.

3.17. Определить время закрытия задвижки, чтобы повышение давления в трубопроводе было в 2 раза меньше, чем при мгновенном закрытии. Скорость распространения ударной волны 1000 м/с, длина трубопровода 1000 м.

Ответ: $t_3 = 4 \text{ с}$.

3.18. Определить время закрытия задвижки, чтобы повышение давления в трубопроводе составляло 25 % от повышения давления при мгновенном закрытии задвижки. Скорость распространения ударной волны 1000 м/с, длина трубопровода 800 м.

Ответ: $t_3 = 6,4 \text{ с}$.

3.19. Определить время закрытия задвижки, чтобы повышение давления в стальном трубопроводе длиной 700 м и диаметром 200 мм не превышало $9 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Расход воды составляет 60 л/с. Скорость распространения ударной волны 1180 м/с.

Ответ: $t_3 = 3 \text{ с}$.

3.20. Определить время закрытия задвижки, чтобы повышение давления в чугунном трубопроводе длиной 500 м не превышало $6 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Расход воды по трубопроводу диаметром 150 мм составляет 30 л/с.

Ответ: $t_3 = 2,83 \text{ с}$.

3.21. Определить увеличение давления в рукавной линии длиной 200 м при переломе рукава. Расход воды по рукавной линии диаметром 66 мм составляет 10 л/с. Скорость распространения ударной волны 300 м/с.

Ответ: $\Delta P = 8,77 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

3.22. Как изменится увеличение давления в рукавной линии при прямом гидравлическом ударе, если расход воды уменьшится в 2 раза?

Ответ: уменьшится в 2 раза.

3.23. Определить увеличение давления в рукавной линии диаметром 51 мм при мгновенном закрытии крана, если расход воды составляет 3,4 л/с.

Скорость распространения ударной волны 120 м/с.

Ответ: $\Delta P = 2 \cdot 10^5$ Па.

3.24. Определить величину избыточного давления при гидравлическом ударе в начале магистральной рукавной линии длиной 300 м, состоящей из прорезиненных рукавов диаметром 77 мм при расходе воды в 15 л/с. Время перекрывания воды составляет 5 с. Скорость распространения ударной волны 300 м/с. Напор в начале рукавной линии составляет 70 м.

Решение. Скорость движения воды в рукавной линии до гидравлического удара:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,077^2} = 3,22 \text{ м/с.}$$

Фаза гидравлического удара

$$t_{\Phi} = \frac{2l}{a} = \frac{2 \cdot 300}{300} = 2 \text{ с.}$$

Так как $t_3 > t_{\Phi}$, то удар не прямой.

Увеличение давления при непрямом гидравлическом ударе:

$$\Delta P = \rho V \frac{t_{\Phi}}{t_3} = 1000 \cdot 300 \cdot 3,22 \cdot \frac{2}{5} = 3,85 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Избыточное давление в начале рукавной линии

$$P_0 = 70 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 6,87 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Избыточное давление в рукавной линии при гидравлическом ударе:

$$P = P_0 + \Delta P = 6,87 \cdot 10^5 + 3,86 \cdot 10^5 = 10,73 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: $P = 10,73 \cdot 10^5$ Па.

3.25. Определить величину избыточного давления при прямом гидравлическом ударе в начале рабочей рукавной линии длиной 60 м, состоящей из прорезиненных рукавов диаметром 51 мм, при расходе воды в 4 л/с. Скорость распространения ударной волны 300 м/с, давление у разветвления составляет $4 \cdot 10^5$ Па.

Ответ: $P = 9,88 \cdot 10^5$ Па.

3.26. На стальном трубопроводе диаметром 200 мм установлена задвижка, время закрытия которой 8,2 с. Определить повышение давления в трубопроводе длиной 5 км, если расход воды по трубопроводу составляет 53 л/с. Скорость распространения ударной волны 1300 м/с.

Ответ: $\Delta P = 13,59 \cdot 10^5$ Па.

3.27. Определить напряжение в стенке толщиной 10,5 мм стальной трубы диаметром 200 мм при прямом гидравлическом ударе, если до удара вода двигалась со скоростью 1,2 м/с. Скорость распространения ударной волны 1200 м/с. Начальное давление перед задвижкой $6 \cdot 10^5$ Па.

Ответ: $\sigma = 19,5$ мПа.

Глава IV. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Пожарные струи.

§ 8. Истечение жидкости через отверстия и насадки.

Основными величинами, характеризующими истечение жидкости через отверстия и насадки, являются: скорость в сжатом сечении, расход жидкости, напор, под действием которого происходит истечение.

Скорость истечения жидкости V через отверстия и насадки определяется по формуле:

$$V = \varphi \sqrt{2gH_0}, \quad (4.1)$$

где $H_0 = P + \frac{P_0}{\rho g}$ — напор, при котором происходит истечение.

Если $P_0 = P_a$ то $H_0 = H$

φ — коэффициент скорости, учитывает местные потери напора в насадке.

Расход жидкости при истечении определяется из выражения:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}, \quad (4.2)$$

где μ — коэффициент расхода, учитывает потери напора, и степень сжатия струи.

Значение коэффициентов местного сопротивления, сжатия, скорости и расхода для насадков различной формы различной формы приведены в приложении 13.

В практике пожарного дела часто используются упрощенные выражения для определения Q и H_0 .

$$Q = p\sqrt{H}, \quad (4.3)$$

где P — проводимость насадка;

$$H_0 = S_H Q^2, \quad (4.4)$$

Где S_H — сопротивление насадка.

Значение сопротивлений и проводимостей насадков приведены в приложении 14.

Время опорожнения или наполнения резервуара при постоянном напоре можно определить по формуле:

$$t = \frac{W}{Q}, \quad (4.5)$$

где t — время опорожнения, с; W — объем резервуара, m^3 ; Q — расход жидкости при истечении, m^3/c .

Время полного опорожнения резервуара при переменном напоре:

$$t = \frac{2W}{Q}, \quad (4.5)$$

где W — начальный объем резервуара, m^3 ; Q — расход жидкости при начальном напоре, m^3/c .

Задач:

4.1. Определить скорость и расход воды, выходящей из отверстия

диаметром 35 мм под давлением $3 \cdot 10^5$ Па. Коэффициент скорости $\phi = 0,97$, коэффициент расхода $\mu = 0,62$.

Ответ: $V = 23,76$ м/с, $Q = 14,6$ л/с.

4.2. Определить напор у насадка диаметром 13 мм, необходимый для получения струи с расходом 2,5 л/с.

Ответ: $H = 18,06$ м.

4.3. Определить напор у насадка диаметром 50 мм, необходимый для получения струи с расходом 60 л/с.

Ответ: $H = 47,52$ м.

4.4. Определить напор у внутреннего пожарного крана диаметром 50 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 13 мм, необходимый для получения струи с расходом 3 л/с.

Решение. Необходимый напор у пожарного крана определяется как сумма потерь напора в рукаве и напора у насадка.

$$H = h_p + H_{CB}$$

Потери напора в непрорезиненном рукаве:

$$h_p = n S_p Q^2 = 1 \cdot 0,24 \cdot 3^2 = 2,16 \text{ м.}$$

Напор у насадка:

$$H_{CB} = S_H Q^2 = 2,89 \cdot 3^2 = 26,01 \text{ м.}$$

Тогда:

$$H = 2,16 + 26,01 = 27,17 \text{ м.}$$

Ответ: $H = 28,17$ м.

4.5. Определить необходимый напор у внутреннего пожарного крана (высотного) здания диаметром 65 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 19 мм. Расход воды составляет 5 л/с.

Ответ: $H = 17,78$ м.

4.6. Определить возможный расход воды от пожарного крана диаметром 50 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 16 мм, если гарантированный напор у пожарного крана составляет 20 м.

Ответ: $Q = 3,65$ л/с.

4.7. Определить возможный расход воды от пожарного крана диаметром 65 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 19 мм, если гарантированное избыточное давление в баке гидропневматической установки $4,2 \cdot 10^5$ Па. Пожарный кран расположен на высоте 20 м относительно уровня бака пневматической установки, потери напора во внутренней сети 5 м.

Ответ: $Q = 5$ л/с.

4.8. Определить, при каком гарантированном напоре в наружной водопроводной сети на вводе в здание будет обеспечен расход 2,8 л/с от пожарного крана диаметром 50 мм. Пожарный кран оборудован непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком диаметром 16 мм, расположен на высоте 25 м. Потери напора во внутренней сети 6 м.

Решение: Гарантированный напор в наружной водопроводной сети должен обеспечить подъем воды к пожарному крану, преодоление потерь напора во внутренней сети и в рукаве, создание необходимого напора у насадка.

$$H = Z + h_{\text{вн}} + h_p + h_{\text{св}}$$

Потери напора в рукаве:

$$h_p = n S_p Q^2 = 1 * 0,24 * 2,8^2 = 1,88 \text{ м.}$$

Необходимый напор у насадка:

$$H_{\text{св}} = S_n Q^2 = 1,26 * 2,8^2 = 9,88 \text{ м.}$$

Тогда:

$$H = 25,0 + 6 + 1,88 + 9,88 = 42,76 \text{ м.}$$

Ответ: $H = 42,76$ м.

4.9. Пожарное водоснабжение высотных зданий предусматривает питание пожарных кранов от водонапорных баков до включения пожарных насосов. Определить минимальную высоту расположения водонапорного бака до ближайшего пожарного крана диаметром 65 мм, оборудованного непрорезиненным рукавом длиной 20 м и стволом с насадком 19 мм, чтобы обеспечить начальный расход 3,5 л/с. Потери напора во внутренней сети до ближайшего пожарного крана 1 м.

Ответ : $H = 9,71$ м.

4.10. Определить минимальный напор у пожарного насоса, обеспечивающего работу внутренних пожарных кранов театрального здания, если самый удаленный пожарный кран диаметром 65 мм расположен на высоте 20 м и оборудован непрорезиненным рукавом длиной 10 м и стволом с насадком диаметром 19 мм. Производительность струи 6,3 л/с. Потери напора во внутренней сети 7 м.

Ответ: $H = 53,69$ м.

4.11. Давление в наружной водопроводной сети пожарного водопровода до включения пожарных насосов поддерживается от водонапорной башни, высота которой 35 м. Определить какой можно получить расход на уровне земли, если забор воды осуществляется через колонку московского образца по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм и длиной 100 м, ствол имеет насадок диаметром 19 мм.

Ответ: $Q = 6,55$ л/с.

4.12. Определить необходимый напор у гидранта пожарного водопровода высокого давления. Высота самого высокого здания предприятия, на крышу которого подняты стволы с насадками диаметром 19 мм, составляет 25 м. Подача воды от колонки, установлено на гидрант, осуществляется по непрорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм и длиной 120 м.

Расход воды из ствола должен быть не менее 5 л/с.

Ответ: $H = 52,4$ м.

4.13. По данным задачи 4.12 определить, какой должен быть расход воды из ствола при испытании пожарного водопровода высокого давления, если ствол расположен на уровне земли.

Ответ: $Q = 6,91$ л/с.

4.14. Определить необходимый напор у гидранта пожарного водопровода высокого давления, если высота самого высокого здания на предприятии составляет 35 м. Каков при этом должен быть расход при расположении ствола на уровне земли? Остальные данные для решения задачи взять из условия задачи 4.12.

Ответ: $H = 62,4$ м; $Q = 7,54$ л/с.

4.15. Подобрать стандартный насадок для ствола внутреннего пожарного крана, если необходимо получить расход не менее 3 л/с. Гарантированный напор перед насадком составляет 15 м. Коэффициент расхода $\mu = 0,98$. Определить действительный расход для выбранного насадка.

Ответ: $d = 16$ мм; $Q = 3,45$ л/с.

4.16. Подобрать стандартный насадок для ствола внутреннего пожарного крана, если необходимо получить расход не менее 6 л/с. Гарантированный напор перед насадком составляет 28 м. Коэффициент расхода $\mu = 0,98$. Определить действительный расход для выбранного насадка.

Ответ: $d = 19$ мм; $Q = 6,64$ л/с.

4.17. Цилиндрический резервуар диаметром 4 м и высотой 6 м имеет у дна отверстие диаметром 100 мм. Определить время полного опорожнения резервуара, если коэффициент расхода отверстия, $\mu = 0,62$.

Ответ: $t = 47,54$ мин.

4.18. Определить время аварийного опорожнения резервуара с нефтью через внешний цилиндрический насадок диаметром 200 мм. Диаметр резервуара 10 м, высота слоя нефти 8 м.

Ответ: $t = 1,08$ часа.

§ 9. Вертикальные и наклонные струи.

Реакция струи.

Свободной струей называется поток жидкости, не ограниченный твердыми стенками. Различают затопленные свободные струи – струи, окруженные жидкостью, и не затопленные струи – струи, окруженные газом.

Пожарные струи подразделяются на сплошные, получаемые от ручных и лафетных стволов, и распыленные, образуемые от специальных насадков-распылителей.

Обычно, сплошная незатопленная струя может быть разбита на три характерные части: компактную, частично раздробленную и распыленную.

Высота вертикальной сплошной струи, представленной на рис. 4.1, определяется по формуле Люгера.

$$H_B = \frac{H}{1 + \varphi H}, \quad (4.7)$$

Или по формуле

$$H_B = H(1 - 1,13 \cdot 10^{-4} \frac{H}{d}), \quad (4.8)$$

Где H – напор перед насадком, м; d – диаметр насадка, м.

Коэффициент φ находится по эмпирической формуле:

$$\varphi = \frac{0,25}{d + (0,1d)^3}, \quad (4.9)$$

Где d – диаметр выходного сечения насадка, м.

Величину компактной части насадков диаметром до 28 мм определяют как часть всей вертикальной струи.

$$H_K = f H_B, \quad (4.10)$$

Где f – коэффициент, зависящий от высоты вертикальной струи.

Величина компактной части наклонной струи R_K , получаемых из ручных стволов с диаметром насадка не свыше 25 мм, принимается равной высоте компактной части вертикальной струи.

$$R_K = H_K, \quad (4.11)$$

Радиус действия раздробленной струи R_P в зависимости от высоты вертикальной струи определяется по формуле.

$$R_P = \beta H_B, \quad (4.12)$$

Где β – коэффициент.

Значение коэффициента β в зависимости от угла наклона струи к горизонту α приведены в таблице 4.1.

Таблице 4.1.

α	0	15	30	45	60	75	90
β	1,4	1,3	1,2	1,12	1,07	1,03	1,00

В приложениях 15 и 16 приведены зависимости между радиусом действия компактной струи, диаметром насадка, напором и расходом жидкости для

ручных и лафетных стволов.

Минимальная длина компактной струи ручных стволов, применяемых для тушения наружных пожаров, должна составлять не менее 17 м.

Реакцией струи называется сила, возникающая при истечении жидкости из насадка. Эта сила направлена в сторону, обратную движению струи. Величину реакции струи можно определить по уравнению.

$$F = -2p\omega, \quad (4.13)$$

Где F – реакция струи, Н; P – давление жидкости перед насадком, Па; ω – площадь выходного сечения м^2 .

Задачи:

4.19. Определить высоту вертикальной сплошной струи, если вода выходит через насадок диаметром 19 мм при напоре 30 м.

Решение. Высота вертикальной сплошной струи по формуле Люгера.

$$H_B = \frac{H}{1 + \varphi H},$$

Коэффициент φ

$$\varphi = \frac{0,25}{d + (0,1d)^3} = \frac{0,25}{19 + (0,1 \cdot 19)^3} = 9,67 \cdot 10^{-3}$$

Тогда

$$H_B = \frac{30}{1 + 9,67 \cdot 10^{-3} \cdot 30} = 23,25 \text{ м.}$$

Ответ: $H_B = 23,25$ м.

4.20. Определить напор, необходимый для получения вертикальной сплошной струи высотой 20 м. Диаметр насадка 16 мм.

Ответ: $H = 26,62$ м.

4.21. Вода выходит из насадка диаметром 19 мм в виде вертикальной струи высотой 25 м. Определить радиус действия компактной части струи и расход воды.

Ответ: $R_K = 19,2$ м; $Q = 7,2$ л/с.

4.22. Определить необходимый напор у внутреннего пожарного крана производственного здания для получения компактной струи $R_K = 14$ м. Пожарный кран оборудован непрорезиненным рукавом длиной 20 м и диаметром 51 мм, диаметр насадка 13 мм.

Ответ: $H = 25,4$ м.

4.23. Определить необходимый напор у внутреннего пожарного крана высотного здания для получения компактной струи $R_K = 18$ м. Пожарный кран оборудован непрорезиненным рукавом длиной 20 м и диаметром 66 мм, диаметр насадка 19 мм.

Ответ: $H = 32,9$ м.

4.24. Подобрать стандартный насадок для внутреннего пожарного крана производственного здания, если радиус компактной части струи 10 м при расходе не менее 2,5 л/с.

Определить напор у насадка ствола и действительный расход.

Ответ: $d = 16$ мм; $H_{CB} = 14,1$ м; $Q = 3,3$ л/с.

4.25. Определить предельный напор насадка диаметром 20 мм, с превышением которого не наблюдается увеличение высоты струи.

Ответ: $H = 88,5$ м.

4.26. Построить огибающие кривые компактной и раздробленной струи, образующих при истечении из насадка диаметром 22 мм. Напор перед насадком 30 м. Определить расход воды, если коэффициент расхода $\mu = 0,98$.

Ответ: $Q = 9,03$ л/с.

4.27. Определить реакцию струи, вытекающей из насадка диаметром 25 мм, при напоре 30 м.

Решение. Реакция струи определяется по уравнению

$$F = -2\rho\omega,$$

Давление жидкости перед насадком

$$P = \rho g H = 100 \cdot 9,81 \cdot 30 = 294,3 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

Площадь выходного сечения насадка.

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 4,906 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Тогда

$$F = -2 \cdot 294,3 \cdot 10^3 \cdot 4,906 \cdot 10^{-4} = -288,8 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = -288,8$ Н.

4.28. Определить реакцию струи, вытекающей из насадка лафетного ствола диаметром 63 мм при напоре 50 м.

Ответ: $F = -3056$ Н.

4.29. Как изменится реакция струи, если диаметр насадка увеличится в 2 раза?

Ответ: Реакция струи увеличится в 4 раза.

4.30. Определить максимально допустимый диаметр насадка, чтобы реакция струи не превышала 1500 Н при напоре перед насадком 50 м. Определить действительную реакцию для выбранного стандартного насадка.

Ответ: $d = 38$ мм; $F = -1446$ Н.

Глава V. Расчет насосно-рукавных систем.

Насосно-рукавной системой называется совокупность насоса, рукавных

линий, снабженных соответствующими стволами.

В практике пожаротушения используются различные виды насосно-рукавных систем, выбор которых зависит от характеристик водоисточника, характера развития пожара, основных рабочих параметров насоса и других показателей.

§ 10. Основные рабочие параметры центробежных насосов.

Основными рабочими параметрами центробежных насосов, которые обеспечивают подачу воды к месту пожара являются: подача Q , напор H , мощность N , к.п.д. η , высота всасывания $H_{\text{св}}$, частота вращения n .

Подачей насоса называется объем жидкости, перекачиваемый в единицу времени. Подача насоса измеряется в $\text{м}^3/\text{с}$, л/с.

Напором насоса называется разность полных удельных энергий потока у выхода и входа в насос, вычисленная в метрах столба перекачиваемой жидкости.

Напор насоса H может быть определен по показаниям приборов.

$$H = H_0 + \frac{P_B + P_M}{\rho g} + \frac{V_H^2 - V_{\text{вс}}^2}{2g}, \quad (5.1)$$

Где H_0 – расстояние по вертикали между точками установками вакуумметра и манометра, м; P_B – показания вакуумметра, Па; V_H , $V_{\text{вс}}$ – скорость жидкости в напорном и всасывающем трубопроводе, м/с; ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Имеется второй способ определения напора насоса по элементам насосной установки.

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{вс}} + h_H + H_{\text{св}} \quad (5.2)$$

Где H_{Γ} – геометрическая высота подъема жидкости, м; $h_{\text{вс}}$, h_H – потери напора во всасывающем и напорном трубопроводах, м; $H_{\text{св}}$ – свободный напор, м.

Мощность насоса N – работа, совершаемая насосом в единицу времени, измеряется в Вт.

Эффективная (полезная) мощность:

$$N_n = \rho g H Q \quad (5.3)$$

Полный к.п.д. насоса η , учитывающий объемные, гидравлические и механические потери, равен отношению эффективной мощности N_n насоса к потребляемой им мощности от двигателя N .

$$\eta = \frac{N_n}{N}, \quad (5.4)$$

Мощность электродвигателя для привода насоса

$$N_D = K \frac{N}{\eta \eta_{\Pi}} = K \frac{\rho g H Q}{\eta \eta_{\Pi}}, \quad (5.5)$$

Где K – коэффициент запаса мощности; $\eta_{\text{П}}$ – к.п.д. передачи.

Для центробежных насосов полный к.п.д. равен 0,6-0,9.

Геометрическая высота всасывания $H_{\text{ВС}}$ может быть определена по формуле:

$$H_{\text{ВС}} = H_{\text{В}} - \frac{V_{\text{ВС}}^2}{2g} - h_{\text{ВС}}, \quad (5.6)$$

Где $H_{\text{В}}$ – вакуумметрическая высота всасывания, характеризует степень разрежения у входа в насос, задается в каталогах, м, $\frac{V_{\text{ВС}}^2}{2g}$ – скоростной напор, м; $h_{\text{ВС}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, м.

Частота вращения n – количество оборотов вала насоса в единицу времени, I/c.

При изменении частоты вращения вала насоса от n_1 , до n_2 изменяются основные рабочие параметры:

Подача $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (5.7)$

Напор $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \quad (5.8)$

мощность $\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right) \quad (5.9)$

Задачи.

5.1. Определить мощность, потребляемую центробежным насосом ПН–60, если его подача $Q = 0,06 \text{ м}^3/\text{с}$, полный напор $H = 100 \text{ м}$, полный к.п.д. $\eta = 0,6$.

Решение. Мощность, потребляемая насосом, определяется из формулы (5.4)

$$N = \frac{N_n}{\eta} = \frac{\rho g H Q}{\eta}$$

Тогда

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 100 \cdot 0,06}{0,6} = 98,1 \text{ кВт.}$$

Ответ: $N = 98,1 \text{ кВт.}$

5.2. Определить полный напор насоса и потребляемую им мощность при подаче 70 л/с. Геометрическая высота всасывания 2 м, геометрическая высота нагнетания 50 м, потери напора во всасывающем водопроводе 2 м, в нагнетательном 11 м, свободный напор в конце нагнетательного трубопровода 1 м, полный к.п.д. насоса 0,8. Коэффициент передачи 0,85, коэффициент запаса мощности 0,96.

5.3. Определить полный напор насосной установки, если подача насоса 110 л/с, диаметр всасывающего патрубка 200 мм, диаметр напорного патрубка насоса 100 мм, показания манометра $5 \cdot 10^5$ Па, показания вакуумметра $0,3 \cdot 10^5$ Па, расстояние (по вертикали) между точками измерения давления и разрежения 450 мм.

Ответ: $H = 63,7$ м.

5.4. Определить полный напор, развиваемый центробежным насосом, если разряжение по вакуумметру $7,33 \cdot 10^4$ Па, геометрическая высота нагнетания 40 м, потери в напорной линии 20 м.

Ответ: $H = 67,5$ м.

5.5. Для подачи 20 л/с воды с напором 10 м центробежный насос потребляет 2 кВт мощности. Определить, как изменится подача, напор и потребляемая мощность, если насос заменили на подобный, но рабочее колесо вращается с удвоенной частотой.

Решение. Параметры насоса при изменении частоты вращения определяются из формул (5.7), (5.8), (5.9).

Подача

$$Q_2 = Q_1 \frac{N_1}{N_2} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ л/с}$$

Напор

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = 10 \cdot 2^2 = 40 \text{ м}$$

мощность

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 = 2 \cdot 2^3 = 16 \text{ кВт.}$$

Ответ: $Q = 40$ л/с; $H = 40$ м; $N = 16$ кВт.

5.6. Определить, как изменится подача, напор и потребляемая насосом мощность при изменении частоты вращения вала с 42 л/с до 28 л/с. До изменения частоты вращения подача составила 60 л/с, полный напор 100 м, мощность 98 кВт.

Ответ: $Q = 40$ л/с; $H = 44,4$ м; $N = 29,04$ кВт.

5.7. Насос с подачей 10 л/с нагнетает воду по трубопроводу диаметром 100 мм. Диаметр всасывающего патрубка 125 мм. Определить полный напор насоса, если манометр показывает давление 5 кг/см^2 , а вакуумметр 350 мм рт.ст. Расстояние по вертикали между точками установки манометра и вакуумметра 1 м.

Ответ: $H = 55,86$ м.

5.8. Определить напор центробежного насоса, если манометр на напорном

патрубке показывает давление 10 кг/см^2 , а вакуумметр на всасывающем патрубке $0,5 \text{ кг/см}^2$. Расстояние по вертикали между точками установки приборов $0,5 \text{ м}$. Диаметр напорного и всасывающего патрубков равны между собой.

Ответ: $H = 105,5 \text{ м}$.

5.9. Определить мощность на валу центробежного насоса, если подача центробежного насоса 30 л/с , показания манометра $0,9 \text{ кг/см}^2$, вакуумметра 550 мм. рт.ст. , расстояние по вертикали между точками установки приборов $0,35 \text{ м}$, диаметры напорного и всасывающего патрубков одинаковы, к.п.д. насоса $0,65$.

Ответ: $N = 30,3 \text{ кВт}$.

5.10. Подача центробежного насоса $400 \text{ м}^3/\text{час}$ при напоре 65 м , частота вращения $15,6 \text{ л/с}$, полный к.п.д. насосной установки $0,75$. Определить мощность, частоту вращения и напор насоса для того, чтобы повысить подачу до $560 \text{ м}^3/\text{час}$.

Ответ: $N = 259,2 \text{ кВт}$. $n = 21,8 \text{ л/с}$; $H = 127,4 \text{ м}$.

§ 11. Определение необходимого напора насоса в начале рукавных систем при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов.

Необходимый напор должен обеспечить преодоление сопротивлений в рукавной системе, подъем воды на высоту и создание рабочих пожарных струй. Необходимый напор определяется по уравнению.

$$H_H = S_{\text{сист}} Q^2 + Z, \quad (5.10)$$

Где H_H – необходимый напор, м; $S_{\text{сист}}$ – сопротивление системы рукавных линий; Q – общий расход воды, л/с; Z – высота подъема стволов над осью насоса, м.

При параллельном соединении элементов сопротивление системы определяется по формуле.

$$S_{\text{сист}} = S_1 + S_2 + \dots + S_n \quad (5.11)$$

При параллельном соединении K одинаковых участков

$$S_{\text{сист}} = \frac{S_l}{K^2} \quad (5.12)$$

При смешанном соединении элементов.

$$S_{\text{сист}} = S_M + S_{\text{р.л.}} \quad (5.13)$$

Где S_M – сопротивление магистральных линий;

$S_{\text{р.л.}}$ – сопротивление параллельных рабочих линий.

Сопротивление отдельной рабочей линии с присоединенным стволом.

$$S_{\text{р.л.}} = S_{\text{рп}} + S_H, \quad (5.14)$$

Где $S_{\text{р}}$ – сопротивление одного рукава; n – количество рукавов в рабочей линии; S_H – сопротивление ствола, при расчете принимается таким же, как и сопротивление насадка.

Необходимый напор можно определить как сумму потерь напора в отдельных элементах рукавной системы.

$$H_H = h_p + H_{CB} + Z, \quad (5.15)$$

Где h_p – потери напора в рукавной системе, м; H_{CB} – свободный напор у ствола, м; Z – высота подъема стволов над осью насоса, м.

При последовательном соединении элементов (рис. 5.1.)

$$H_H = n S_p Q^2 + S_H Q^2 + Z, \quad (5.16)$$

При параллельном соединении элементов (рис. 5.2.)

$$H_H = n S_p q^2 + S_H q^2 + Z, \quad (5.17)$$

Где q – расход воды по одной из рукавных линий, л/с.

При смешанном соединении элементов (рис. 5.3)

$$H_H = n_M S_p^M Q^2 + n_P S_p^P q^2 + S_H q^2 + Z, \quad (5.18)$$

Где S_p^M и S_p^P – сопротивление одного стандартного рукава магистральной и рабочей линии; n_M и n_P – количество рукавов в магистральной и одной из рабочих линий; q – расход воды по одной (любой) рабочей линии, л/с;

$Q = q_1 + q_2 + q_3$ – расход воды по магистральной линии, л/с.

В формуле (5.18) параметры S_p^P , n_P , q , S_H берутся для одной и той же (любой) линии.

Задачи:

5.11. Определить необходимый напор насоса для получения рабочей пожарной струи, если вода к месту пожара подается по рукавной системе, состоящей из магистральной линии длиной 180 м и диаметром 77 мм и рабочей линии длиной 40 м и диаметром 51 мм (рис. 5.4). Диаметр насадка 16 мм. Высота подъема ствола 12 м. Рукава прорезиненные.

Решение. Необходимый напор насоса

$$H_H = S_{\text{сист}} Q^2 + Z$$

Сопротивление системы

$$S_{\text{сист}} Q = S_p^M n_M + S_p^P n_P + S_H = 0,015 \cdot 9 + 0,13 \cdot 2 + 1,26 = 1655$$

По приложению 15

$$Q = 4,8 \text{ л/с}$$

Тогда

$$H_H = 1,655 \cdot 4,8^2 + 12 = 50,13 \text{ м.}$$

Ответ: $H_H = 50,13$ м.

5.12. Определить потери напора в двух параллельных рукавных линиях, подводящих воду к лафетному стволу (рис. 5.5) в количестве 30 л/с. Длина рукавной линии 120 м, диаметр 77 мм, рукава прорезиненные.

Ответ: $h_p = 20,25$ м.

5.13. Определить необходимый напор автонасоса для получения рабочих пожарных струй при подаче воды к месту пожара по рукавной системе, состоящей из магистральной линии длиной 200 м и диаметром 66 мм и трех рабочих линий по 40 м и диаметром 51 мм каждая (рис. 5.3). Диаметр насадков 13 мм, высота подъема стволов 8 м. Рукава прорезиненные.

Решение. Необходимый напор при смешанном соединении определяется:

$$H_H = S_p^M n_M Q^2 + S_p^P n_P q^2 + S_H q^2 + Z$$

Расход воды по одной рабочей линии

$$q = 3,4 \text{ л/с}$$

Расход воды по магистральной линии определяется как сумма расходов по рабочим линиям.

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 3q = 3 \cdot 3,4 = 10,2 \text{ л/с}$$

Количество рукавов в магистральной и рабочей линиях:

$$n_M = \frac{200}{20} = 10; n_P = \frac{40}{20} = 2$$

Тогда

$$H_H = 0,034 \cdot 10 \cdot 10,2^2 + 0,13 \cdot 2 \cdot 3,4^2 + 2,89 \cdot 3,4^2 + 8 = 79,8 \text{ м.}$$

Ответ: $H_H = 79,8 \text{ м.}$

5.14. Определить радиус действия компактной струи и подачу насоса, если вода к месту пожара подается по двум параллельным рукавным линиям длиной 200 м и диаметром 77 мм каждая (рис. 5.2.). Диаметр насадков 19 мм, напор насоса 80 м. Высота подъема стволов 15 м. Рукава прорезиненные.

Ответ: $R_K = 24 \text{ м; } Q = 18,2 \text{ л/с.}$

5.15. Для тушения пожара на торфяном массиве от автонасосов проложено две магистральные линии длиной 200 м и диаметром 66 мм каждая (рис. 5.6). На 1 магистральной линии имеется ствол с насадком диаметром 22 мм. На 2 магистральной линии установлено разветвление, от которого проложены три рабочие линии: первая и третья длиной 40 м и диаметром 51 мм, диаметры насадков 13 мм, вторая длиной 40 м и диаметром 66 мм, диаметр насадка 19 мм. Рукава прорезиненные. Определить подачу и напор автонасоса, если вторая рабочая линия обеспечивает компактную струю радиусом действия 17 м.

Ответ: $Q = 25,37 \text{ л/с; } H_H = 99,0 \text{ м.}$

5.16. Определить напор и подачу насоса, если первая рукавная линия длиной 100 м диаметром 66 мм (рис. 5.2) должна обеспечить расход 6,5 л/с через насадок диаметром 19 мм на высоте 42 м. Вторая рукавная линия длиной 60 м подает воду на высоту 39 м, диаметр насадка 19 мм. Рукава прорезиненные. Диаметр рукава второй линии 66 мм.

Ответ: $H_H = 75,97 \text{ м; } Q = 13,6 \text{ л/с.}$

5.17. Определить напор насоса, необходимый для получения рабочих пожарных струй с радиусом компактной части не менее 17 м. Рукавная система состоит из магистральной линии длиной 100 м и диаметром 89 мм и трех рабочих линий (рис. 5.3). Основные параметры рабочих линий:

1.	Длина	$l_1=60 \text{ м;}$	$l_2=80 \text{ м;}$	$l_3=60 \text{ м;}$
----	-------	---------------------	---------------------	---------------------

2.	Диаметр рукава	$d_1=51\text{мм};$	$d_2=66\text{мм};$	$d_3=51\text{мм};$
3.	Диаметр насадков	$d_{н1}=13\text{мм};$	$d_{н2}=19\text{мм};$	$d_{н3}=16\text{мм};$
4.	Высота подъема стволов	$Z_1=32\text{м};$	$Z_2=36\text{ м};$	$Z_3=32\text{м};$

5. Рукава прорезиненные

Ответ: $H_H = 74,22\text{ м.}$

5.18. Для тушения пожара торфопредприятия введен в действие один ствол с насадком диаметром 19 мм и четыре ствола с насадками 13 мм (рис. 5.7). Длина рукавных линий: $l_1=100\text{м}; l_2=140\text{м}; l_3=200\text{ м}; l_4= l_5=40\text{ м}; l_6= l_7=60\text{ м}$, диаметры рукавных линий: $d_1= d_2= d_3=66\text{мм}; d_4= d_5= d_6= d_7=51\text{мм}$; Рукава прорезиненные. Радиус действия компактной части струи через насадок диаметром 19 мм составляет 10 м. Определить подачу и напор автонасоса.

Ответ: $Q = 16,96\text{ л/с}; H_H = 92\text{ м.}$

5.19. Определить предельно возможную длину прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм, если через насадок диаметром 22 мм необходимо получить рабочую струю. Давление насоса $7 \cdot 10^5\text{Па}$, высота подъема ствола 15 м.

Ответ: $l = 240\text{ м.}$

5.20. Пожарный водоем объемом 500 м³ заполняется по двум параллельным рукавным линиям (рис. 5.8) длиной 240 м каждая. Диаметр одной линии 66 мм, второй 77 мм, рукава прорезиненные. Определить время заполнения водоема, расположенного на 14 м выше оси насоса. Напор насоса 60 м.

Ответ: $t = 5,22\text{ часа.}$

5.21. Определить максимальную высоту подъема стволов, если вода от автонасоса подается к месту пожара по рукавной системе, состоящей из магистральной линии длиной 100 м и диаметром 51 мм каждая (рис. 5.3). Диаметр насадков 13 мм, напор насоса 90 м. Рукава прорезиненные. Струи рабочие.

Ответ: $Z = 34,4\text{ м.}$

5.22. Определить необходимый напор насоса и время работы автоцистерны АЦ – 40 (131) с емкостью цистерны для воды 2300 л для получения рабочих пожарных струй при подаче воды к месту пожара по рукавной системе, состоящей из магистральных линий длиной 160 м, диаметром 77 мм и рабочей линии длиной 40 м, диаметром 66 мм. Рукава системы прорезиненные, диаметр spryska 16 мм. Высота подъема ствола 8 м.

Ответ: $H_H = 41,36\text{ м}; t = 8\text{ мин.}$

5.23. Определить необходимый напор насоса и время полного

опорожнения цистерны для воды емкостью 4000 л пожарной автоцистерны АЦ – 40 (375Н) для получения пожарной струи радиусом действия компактной части 20 м, если подача воды к месту пожара осуществляется по рукавной системе, состоящей из магистральной линии длиной 220 м, диаметром 89 мм и трех рабочих линий длиной 40 м, диаметром 66 мм каждая.

Рукава системы прорезиненные, диаметр насадков 16 мм, высота подъема стволов 6 м.

Ответ: $H_N = 60,19$ м; $t = 3,97$ мин.

§ 12. Совместная работа насосов и рукавных систем.

При определении расхода воды насосно-рукавной системы учитывают характеристику рукавной системы и рабочий режим насоса. Задачи о совместной работе насосов и рукавных систем могут быть решены графически и аналитически. Аналитический способ расчета заключается в совместном решении двух уравнений:

- уравнения, характеризующего работу насоса при предельном режиме работы двигателя (возможный напор)

$$H_p = a - bQ^2, \quad (5.19)$$

Где, b – параметры, характеризующие тип насоса, приведены в приложении 17;

- уравнения, характеризующего работу рукавной системы (необходимый напор)

$$H_N = S_{\text{сист}}Q^2 + Z, \quad (5.20)$$

Обязательным условием для нормальной работы насосно-рукавной системы является то, чтобы необходимый напор для получения рабочих пожарных струй H_N не превышал возможного напора H_p . Приравнивая правые части уравнений (5.19) и (5.20), найдем величину максимального расхода

$$Q = \sqrt{\frac{a-Z}{S_{\text{сист}}+b}} \quad (5.21)$$

При графическом способе расчета в уравнениях 5.19 и 5.20 подставляют произвольные расходы, определяют напоры и находят соответствующие им точки на осях координат (рис. 5.9).

Пересечение характеристик в точке В, которая называется рабочей точкой, определяет предельный расход воды и напор насоса для данной насосно-рукавной системы.

Максимальное количество рукавов в магистральной линии.

$$n = \frac{a - bQ^2 - n_p S_p^p q^2 - S_H q^2 - Z}{S_p^M Q^2} \quad (5.22)$$

Учитывая рельеф местности, число рукавов на отрезке l определяют с коэффициентом запаса 1,2.

$$n = \frac{1,2l}{20} \quad (5.23)$$

Задачи:

5.24. Определить расход и напор насоса, если вода к месту пожара

подается автонасосом АН-30 (130) по двум магистральным линиям длиной 300 м, диаметром 66 мм каждая и шести рабочим линиям длиной 60 м, диаметром 51 мм каждая (рис. 5.10)

Вода подается по прорезиненным рукавам через насадки диаметром 13 мм. Стволы подняты на высоту 10 м.

Решение. Расход насоса определяется по формуле:

$$Q = \sqrt{\frac{a-Z}{S_{\text{сист}}+b}},$$

Где, $a = 110,6$; $b = 0,0104$. (См. приложение 17).

Сопротивление одной линии

$$S_I = S_P^M n_m + \frac{S_P^P n_P + S_H}{K^2} = 0,034 \cdot 15 + \frac{0,13 \cdot 3 + 2,89}{3^2} = 0,874$$

Сопротивление системы:

$$S_{\text{сист}} = \frac{S_I}{K^2} = \frac{0,874}{2^2} = 0,2186$$

Тогда:

$$Q = \sqrt{\frac{110,6-10}{0,2186+0,0104}} = 20,96 \text{ л/с}$$

Значение возможного напора у насоса определяем по формуле:

$$H_p = a - bQ^2 = 110,6 - 0,0104 \cdot 20,96^2 = 106,0 \text{ м.}$$

Ответ: $Q = 21,0$ л/с; $H = 106,0$ м.

5.25. Определить графическим способом расход и напор насоса, если вода к месту пожара подается автонасосом АН – 30 (130) по магистральной линии длиной 120 м, диаметром 77 мм и двум рабочим линиям длиной 40 м, диаметром 51 мм каждая через стволы с насадками диаметром 16 мм (рис.5.11) Рукава системы прорезиненные.

Ответ: $Q = 15,2$ л/с; $H = 108,2$ м.

5.26. Определить рабочую точку насоса, установленного на пожарном автомобиле АЦ-30 (130) и подающего воду к месту пожара (рис.5.12), если магистральная линия проложена из рукавов диаметром 77 мм, а рабочие линии имеют длину 80 м каждая, диаметры: $d_1=d_3=51$ мм; $d_2=66$ мм.

Диаметры насадков $d_{H1}=d_{H3}=13$ мм; $d_{H2}=19$ мм. Рукава системы прорезиненные. Стволы подняты на высоту 12 м.

Ответ: Рабочая точка задается параметрами.

$Q = 21,55$ л/с; $H = 105,77$ м.

5.27. Определить время заполнения пожарного водоема объемом 100 м³, если вода от пожарной мотопомпы М-1400 подается по двум прорезиненным рукавным линиям длиной 400 м каждая и диаметрами соответственно 51 и 66 мм. Водоем расположен выше оси насоса на 5 метром (рис.5.13), истечение воды из рукава свободное.

Ответ: $t = 94,6$ мин.

5.28. Определить предельно возможную длину магистральной линии (рис.5.12), если из второго столба необходимо получить струю производительностью 4,8 л/с.

Рукавная система состоит из магистральной линии диаметром 77 мм и трех рабочих линий длинами: $l_1 = 40$ м, $l_2 = 60$ м, $l_3 = 80$ м, $d_1 = d_3 = 51$ мм, $d_2 = 66$ мм и стволами $d_{H1} = d_{H3} = 13$ мм, $d_{H2} = 16$ мм.

Стволы подняты относительно разветвления на высоту: $Z_1 = 3$ м, $Z_2 = 6$ м, $Z_3 = 9$ м, а разветвление установлено относительно оси насоса пожарного автомобиля АНР – 40 (130) на высоте 2 м. Рукава системы прорезиненные.

Решение: Напор у разветвления определяется из условия работы второго ствола.

$$H_{\text{РАЗВ.}} = (S_{P2}n_{P2} + S_{H2})q_2^2 + Z = (0,034 \cdot 3 + 1,26) \cdot 4,8^2 + 6 = 37,38 \text{ м.}$$

Так как потери напора в параллельных рабочих линиях одинаковы, то будут справедливы выражения:

- для первой рабочей линии:

$$H_{\text{РАЗВ.}} = (S_{P1}n_{P1} + S_{H1})q_1^2 + Z_1$$

- для третьей рабочей линии:

$$H_{\text{РАЗВ.}} = (S_{P3}n_{P3} + S_{H3})q_3^2 + Z_3$$

Откуда находим:

$$q_1 = \sqrt{\frac{H_{\text{РАЗВ.}} - Z_1}{S_{P1}n_{P1} + S_{H1}}} = \sqrt{\frac{37,38 - 3}{0,13 \cdot 2 + 2,89}} = 3,3 \text{ л/с}$$

$$q_3 = \sqrt{\frac{H_{\text{РАЗВ.}} - Z_3}{S_{P3}n_{P3} + S_{H3}}} = \sqrt{\frac{37,38 - 9}{0,13 \cdot 4 + 2,89}} = 2,88 \text{ л/с}$$

Расход воды по магистральной линии

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 3,3 + 4,8 + 2,88 = 10,98 \text{ л/с.}$$

Так как определяется предельно возможная длина магистральной линии, т.е. при работе насоса с максимальной частотой вращения, то необходимо использовать характеристику насоса.

При этом: $H_P = H_H$,

Где $H_P = 110,6 - 0,0098 \cdot Q^2$ – характеристика насоса ПН – 40 У.

$H_H = S_P^M Q^2 + H_{\text{РАЗВ.}} + Z_{\text{РАЗВ.}}$ – характеристика рукавной линии.

Приравняв правые части характеристик

$$110,6 - 0,0098 Q^2 = S_P^M n_M Q^2 + H_{\text{РАЗВ.}} + Z_{\text{РАЗВ.}},$$

Найдем число рукавов в магистральной линии:

$$n_M = \frac{110,6 - 0,0098 Q^2 + H_{\text{РАЗВ.}} + Z_{\text{РАЗВ.}}}{S_P^M Q^2} = \frac{110,6 - 0,0098 \cdot 10,98^2 - 37,38 - 2}{0,015 \cdot 10,98^2} = 39$$

Ответ: $n = 39$ рукавов.

5.29. Определить предельно возможную длину магистральной линии при подаче воды от пожарной мотопомпы М-800 (рис.5.14), если диаметр магистральной линии 77 мм, на рабочей линии длиной 60 м и диаметром 66 мм

имеется ствол с насадком диаметром 22 мм. Ствол поднят относительно разветвления на высоту 4 м, а разветвление установлено относительно оси насоса на высоте 2 м. Рукава системы прорезиненные.

Ответ: $n = 16$ рукавов.

§ 13. Последовательная работа насосов при подаче воды в перекачку и параллельная работа насосов на лафетные стволы.

Количество пожарных насосов K , необходимых для подачи воды к месту пожара с учетом головного автонасоса, можно вычислить по формуле:

$$K = \frac{S_{\text{сист}} Q^2 + Z}{\alpha(a - bQ^2) - H_{\text{ост}}} + 1 \quad (5.24)$$

Где $S_{\text{сист}}$ – сопротивление системы рукавных линий от первого до головного насоса, Z – разность высотных отметок водоисточника и головного насоса, $H_{\text{ост}} = 10$ м – остаточный напор, $\alpha = 0,75$ – коэффициент режима работы насоса.

Количество автонасосов при перекачке воды может быть так же определено в зависимости от общего расстояния между водоисточником и местом пожара L и предельного расстояния между соседними автонасосами l .

$$K = \frac{L}{l} + 1 \quad (5.25)$$

Предельное число рукавов n , проложенных между соседними автонасосами, при перекачке по одной рукавной линии:

$$n = \frac{\alpha(a - bQ^2) - H_{\text{ост}} - \Delta Z}{S_p Q^2}, \quad (5.26)$$

где, ΔZ – разность высотных отметок между соседними автонасосами.

При перекачке по двум параллельным рукавным линиям предельное расстояние между соседними автонасосами может быть увеличено в 4 раза.

В случае, если головной автонасос находится на предельном расстоянии от места пожара, количество автонасосов при перекачке может быть определено по уравнению:

$$K = \frac{L - l_{\text{пр.}}}{l} + 1, \quad (5.27)$$

Где $l_{\text{пр}}$ – предельное расстояние от головного автонасоса до места пожара.

При тушении крупных пожаров возникает необходимость подачи большого количества воды мощными струями от лафетных стволов. На рис. 5.15. приведены основные схемы подачи воды к лафетным стволам. Необходимый напор насоса может быть определен по формуле.

$$H = S_{\text{сист.}} (KQ_H)^2 + Z, \quad (5.28)$$

Где H – заданная величина напора или характеристика насоса, м; K – количество насосов; Q_H – подача насоса, л/с; Z – разность высотных отметок насоса и ствола.

Задачи:

5.30. Определить количество автонасосов при перекачке если расстояние от водоисточника до места пожара составляет 1200 м. Напор насосов с учетом коэффициента режима работы 80 м. Головной автонасос расположен у места

пожара. Тушение пожара осуществляется через 3 ствола с насадками диаметром 13 мм, струи рабочие. Для перекачки используются прорезиненные рукава диаметром 66 мм. Местность ровная.

Решение. Число рукавов в линии перекачки:

$$n = \frac{1,2 L}{20} = \frac{1,2 \cdot 1200}{20} = 72$$

Сопротивление системы:

$$S_{\text{сист}} = 0,034 \cdot 72 = 2,448$$

Расход воды по линии перекачки:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 = 3 \cdot 3,4 = 10,2 \text{ л/с}$$

Количество автонасосов:

$$K = \frac{2,448 \cdot 10,2^2}{80 - 10} + 1 = 5$$

Ответ: $K = 5$.

5.31. По условиям задачи 5.30 определить количество автонасосов при перекачке, если головной автонасос осуществляет подачу воды через 2 ствола с насадками диаметром 16 мм.

Ответ: $K = 5$.

5.32. Определить количество автонасосов АНР -40 (130) при перекачке 15 л/с воды на расстояние 1000 м. Перекачка осуществляется по двум рукавным линиям диаметром 66 мм. Превышение головного автонасоса, установленного у места пожара, над водоисточником 12 м. Режим работы насосов $\alpha = 1$.

Ответ: $K = 3$.

5.33. По условиям задачи 5.32 определить количество автонасосов АНР – 40 (130), если перекачка осуществляется по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм. Насосы работают в режиме $\alpha = 0,75$

Ответ: $K = 7$.

5.34 Определить количество автонасосов АН-30 (130), обеспечивающих подачу воды к месту пожара на расстояние 1000 м. Перекачка производится по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 77 мм. Головной автонасос, расположен у места пожара, обеспечивает работу двух стволов с насадками диаметром 19 мм и двух с насадками диаметром 13 мм. Местность ровная. Режим работы насосов – предельный.

Ответ: $K = 5$.

5.35. Определить количество автонасосов АН/30 (130) для подачи воды к месту пожара на расстояние 800 м. Головной автонасос, удаленный на предельное расстояние от места пожара, обеспечивает работу 3-х стволов с насадками: $d_{н1} = d_{н3} = 16$ мм. и $d_{н2} = 22$ мм. Радиус компактной части струи у второго ствола 20 м. Рабочие линии длиной 40 м каждая, диаметры рукавов первой и третьей линии 51 мм, второй 77 мм. Магистральная линия проложена

из рукавов диаметром 77 мм (рис.5.12). Высота расположения стволов над осью головного насоса 4 м. Разность высотных отметок между головным автонасосом и водоисточником 20 м. Рукава прорезиненные. Насосы работают на предельном режиме.

Ответ: $K = 5$.

5.36. Определить количество пожарных автонасосов для подачи воды к месту пожара на расстояние 1200 м. Головной автонасос, расположенный на предельном расстоянии от места пожара, обеспечивает работу двух стволов с насадками диаметром 19 мм. Перекачка производится по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм. Напор насоса с учетом коэффициента режима работы 90 м. Разность высотных отметок соседних автонасосов 10 м. Стволы подняты на высоту 9 м.

Ответ: $K = 4$.

5.37. Определить необходимое количество автонасосов, обеспечивающих подачу воды к месту пожара на расстояние 1000 м. Перекачка производится по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм. Головной автонасос, расположенный на предельном расстоянии от места пожара, обеспечивает работу трех стволов с насадками диаметром 13 мм. Рабочие линии длиной 40 м каждая проложены из прорезиненных рукавов диаметром 51 мм. Напор насосов с учетом коэффициента режима работы 90 м. Местность ровная.

Ответ: $K = 3$.

5.38. Определить необходимое количество автонасосов, обеспечивающих подачу воды к месту пожара на расстояние 800 м. Перекачка производится по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм, головной автонасос расположен у места пожара и обеспечивает работу трех стволов с насадками диаметром 13 мм, струи рабочие. Разность высотных отметок соседних автонасосов 5 м. Напор насоса с учетом коэффициента режима работы 80 м.

Ответ: $K = 4$.

5.39. Определить предельное расстояние между автонасосами АНР-40 (130), работающими в перекачку, если головной автонасос по условиям тушения пожара должен обеспечить подачу воды с расходом 22 л/с. Перекачка производится по двум прорезиненным рукавным линиям диаметром 66 мм. Разность высотных отметок между соседними автонасосами 3 м. Коэффициент режима работы насоса $\alpha = 0,75$.

Решение. Максимальное количество рукавов между соседними автонасосами при перекачке в две линии определяется по уравнению.

$$n = 4 \frac{\alpha (a - bQ^2) - H_{\text{ост}} - \Delta Z}{S_P Q^2} = 4 \frac{0,75 (110,6 - 0,0098 * 22^2) - 3 - 10}{0,034 * 22^2} = 17$$

Длина рукавной линии $L_p = 20n = 20 * 17 = 340$ м.

Ответ: $L_p = 340$ м.

5.40. По условиям задачи 5.39. определить предельное расстояние между автонасосами АНР-40(130), если перекачка осуществляется по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм.

Ответ: $L_p = 80$ м.

5.41. Определить предельное расстояние между соседними автонасосами, если перекачка осуществляется по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм. Расход воды 12 л/с. Местность ровная. Напор насоса с учетом коэффициента режима работы 80 м.

Ответ: $L_p = 300$ м.

5.42. Определить предельное расстояние между пожарными автомобилями ПНС-110, работающими в перекачку, если головной автомобиль должен обеспечивать расход воды 25 л/с. Перекачка осуществляется по двум прорезиненным линиям диаметром 77 мм, разность высотных отметок между соседними автонасосами 2 м. Насосы работают на предельном режиме.

Определить расстояние между автонасосами, если перекачка осуществляется по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 77 мм.

Ответ: $L_1 = 860$ м, $L_2 = 220$ м.

5.43. К лафетному стволу с насадком диаметром 32 мм подача воды осуществляется от двух пожарных автомобилей АНР-40(130) и АА-410(131) (рис. 5.15 схема 2). От автомобиля АНР-40 (130) проложена рукавная линия 77 мм прорезиненных рукавов длиной 100 м, а от автомобиля АА-40 (131) из 77 мм прорезиненных рукавов длиной 120 м. Насосы расположены ниже лафетного ствола на 5 м.

Определить подачу каждого из работающих насосов.

Решение. Аналитическое условие совместной работы насосов и рукавных систем запишется таким образом:

$$a - b Q_H^2 = S_{\text{сист}}(KQ_H)^2 + Z$$

Откуда определим Q_H

$$Q_H = \sqrt{\frac{a - Z}{b + K^2 S_{\text{сист}}}}$$

Сопротивление системы по условиям данной задачи равно:

$$S_{\text{сист}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_p n_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_p n_2}}\right)} + S_H = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{5 \cdot 0.015}} + \frac{1}{\sqrt{6 \cdot 0.015}}\right)} + 0,0132 = 0,034$$

Тогда подача каждого насоса будет равна

$$Q_H = \sqrt{\frac{110,6 + 5}{0,0098 + 2^2 \cdot 0,034}} = 26,9 \text{ л/с}$$

Ответ: $Q_H = 26,9$ л/с.

5.44. Определить напор насоса при подаче воды к лафетному стволу с диаметром насадка 50 мм по двум параллельным прорезиненным рукавным линиям длиной 120 м и диаметром 77 мм для получения струи длиной 25 м

(рис. 5.15 схема 1). Ствол поднят на высоту 2 м.

Ответ: $H_H = 69,6$ м.

5.45 Определить расход из лафетного ствола, напор перед насадком диаметром 38 мм при подаче воды к месту пожара (рис. 5.15 схема 2), если от каждого насоса проложено по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм каждая, причем одна рукавная линия имеет длину 160 м, другая 120 м. Ствол поднят на высоту 8 м. Напор на насосах поддерживается равный 80 м.

Ответ: $Q = 23,7$ л/с. $H = 22,5$ м.

5.46. Определить, какое количество параллельно работающих пожарных автомобилей АА-40 (131) может обеспечивать работу лафетного ствола с расходом 50 л/с (рис. 5.15 схема 2). Если от каждого насоса проложенной по одной прорезиненной рукавной линии диаметром 89 мм и длиной 80 м каждая. Ствол поднят на высоту 10 м.

Ответ: $K = 1$.

5.47. Определить расход воды из лафетного ствола с диаметром насадка 65 мм (рис 5.15 схема 3), если от каждого из двух пожарных автомобилей АНР-40(130) и АЦ-40(375) проложено по две прорезиненные рукавные линии диаметром 77 мм и длиной 80 м каждая. Подача воды к лафетному стволу осуществляется по двум магистральным прорезиненным линиям диаметром 89 мм, длиной 20 м каждая. Ствол поднят на высоту 4 м. Насосы работают в одинаковом режиме и развивают напор 90 м.

Ответ: $Q = 92,7$ л/с.

Раздел II.

Системы противопожарного водоснабжения.

Глава VI. Расчет наружного водопровода промышленного объекта.

Основной задачей расчёта проектируемого наружного водопровода является обеспечение подачи воды к каждому зданию и сооружению в необходимом количестве и под соответствующим напором.

§ 14. Определение расчетных расходов воды.

Расчетные расходы воды можно разделить на три основные группы: хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные.

При расчете объединенных водопроводов расчетные расходы воды для промышленных предприятий определяются:

До пожара: $Q_{\text{РАСЧ}} = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ДУШ.}}$ (6.1)

При пожаре: $Q_{\text{РАСЧ}}^I = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ПОЖ.}}$ (6.2)

Где $Q_{\text{МАКС Х.Р.}}$ – максимальный хозяйственно-питьевой расход воды, л/с, $Q_{\text{ПР.}}$ – производственный расход воды, л/с, $Q_{\text{ДУШ.}}$ – душевой расход воды, л/с, $Q_{\text{ПОЖ.}}$ – расход воды на пожаротушение (наружное и внутреннее), л/с.

Максимальный хозяйственной-питьевой расход воды будет равен:

$$Q_{\text{МАКС Х.Р.}} = K * Q_{\text{СР.Х.Р.}}, \quad (6.3)$$

Где K – коэффициент неравномерности водопотребления;

$Q_{\text{СР.Х.Р.}}$ – средний хозяйственно-питьевой расход воды, л/с.

$$Q_{\text{СР.Х.Р.}} = \frac{q_{1,2} N_1}{3600t}, \quad (6.4)$$

Где $q_{1,2}$ – норма водопотребления на 1 человека в смену в горячих и холодных цехах; t – время работы смены, час; N – число рабочих в смену.

Расход воды на душевые установки определяется по формуле:

$$Q_{\text{ДУШ}} = \frac{q_3 N_2}{3600n}, \quad (6.4)$$

Где q_3 – часовой расход воды на 1 душевую сетку, л/час;

N_2 – количество человек, принимающих душ; n – количество человек на 1 душевую сетку.

Расход воды на пожаротушение равен сумме расходов воды на наружное и внутреннее пожаротушение

$$Q_{\text{ПОЖ}} = Q_{\text{НАР}} + Q_{\text{ВН}}. \quad (6.6)$$

Расход воды на наружное пожаротушение определяется по СН РК 4.01-03-2013. и Технический регламент «Общие требования к Пожарной безопасности», Расход воды на внутреннее пожаротушение определяется по СН РК 4.01-01-2011.

Задачи:

6.1. Определить расчетные расходы воды для объединенного водопровода промышленного предприятия с числом рабочих 2500 человек в смену. Наиболее пожароопасное здание II степени огнестойкости объемом 27000 м³. Категория производства по пожарной опасности Б. Производственный расход воды 10 л/с. Площадь территории 40 га. Количество рабочих, принимающих душ, 1700, а количество человек на 1 душевую сетку – 7. Все цехи с тепловыделением менее 20 ккал/м³ час. Ширина здания до 60 м.

Решение. Расчетный расход воды для промышленных предприятий определяется: До пожара. $Q_{\text{РАСЧ}} = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ДУШ.}}$

При пожаре: $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = Q_{\text{МАКС Х.Р.}} + Q_{\text{ПР.}} + Q_{\text{ПОЖ.}}$

Определяем расходы на отдельные нужды.

Максимальный хозяйственно-питьевой расход воды.

$$Q_{\text{МАКС Х.Р.}} = K \frac{q_1 N_1}{3600t} = 3 \frac{25 \cdot 2500}{8 \cdot 3600} = 6,51 \text{ л/с}$$

Душевой расход воды:

$$Q_{\text{ДУШ}} = \frac{q_3 N_2}{3600n} = \frac{500 \cdot 1700}{7 \cdot 3600} = 33,73 \text{ л/с}$$

Пожарный расход воды:

$$Q_{\text{ПОЖ}} = Q_{\text{НАР}} + Q_{\text{ВН}} = 20 + 5 = 25 \text{ л/с.}$$

Тогда расчетный расход воды на предприятии

До пожара: $Q_{\text{РАСЧ}} = 6,51 + 10 + 33,73 = 50,24 \text{ л/с.}$

При пожаре: $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 6,51 + 10 + 25 = 41,51 \text{ л/с.}$

Ответ: $Q_{\text{РАСЧ}} = 50,24 \text{ л/с; } Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 41,51 \text{ л/с.}$

6.2. Определить расход воды на нужды пожаротушения для промышленного предприятия площадью 67 га, если наиболее пожароопасное здание имеет следующие характеристики:

Таблица 6.1.

Номер здания	Степень огнестойкости	Категория производства по ВПО	Строительный объем, тыс.м ³ .
1	II	В	17
2	II	Г	30
3	III	В	7

Ширина здания до 60 м.

Ответ: $Q_{\text{ПОЖ}} = 25$ л/с.

6.3. Определить расчетный расход воды на случай пожара объединенного водопровода промышленного предприятия, если максимальный хозяйственно-питьевой расход составляет 10 л/с, а производственный расход – 12 л/с.

Наиболее пожароопасное здание II степени огнестойкости, объемом 18000 м³. Предприятие занимает территорию 19 га. Категория производства по пожарной опасности В. Ширина здания 55 м.

Ответ: $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 37$ л/с.

6.4. Определить расчетный расход воды для объединенного водопровода промышленного предприятия с числом рабочих 2000 человек. Количество рабочих, принимающих душ, составляет 1100 человек, а количество человек на 1 душевую сетку – 5. Все цехи предприятия с тепловыделением менее 20 ккал/м³ час. Производственный расход воды – 15 л/с. Предприятие занимает территорию 22 га.

Ответ: $Q_{\text{РАСЧ}} = 50,78$ л/с.

6.5. Определить расчетный расход воды для литейного цеха металлургического комбината, если здание объемом 55000 м³ и шириной 63 м имеет II степень огнестойкости. Число рабочих в смену человек – 300, причем 290 из них принимают душ.

Расход воды на производственные нужды составляет 10 л/с.

Категория производства по пожарной опасности – Г. Количество человек на 1 душевую сетку принять равным 5.

Ответ: $Q_{\text{РАСЧ}} = 19,41$ л/с; $Q_{\text{РАСЧ}}^1 = 31,35$ л/с.

§ 15. Гидравлический расчет наружной водопроводной сети.

Гидравлический расчет наружной водопроводной сети производится при двух режимах.

Для первого режима (до пожара) необходимо:

- Определить расход воды на участках сети,
- выбрать диаметры труб на участках сети,
- определить потери напора в сети.

Для второго режима (при пожаре) необходимо:

- проверить выбранные диаметры труб на пропуск расхода воды при пожаре,
- определить потери напора в сети.

Подбор диаметров труб можно производить по предельным экономически обоснованным расходам, значения которых приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2.

Диаметры труб, мм.	Предельные экономические расходы л/с.	
	Q мин.	Q макс.
100	-	8,2
125	7	14
150	12,7	21,8
200	21,8	40
250	40	65
300	65	94
400	133	178

Разветвленные (тупиковые) водопроводные сети рассчитываются как системы последовательно соединенных трубопроводов, осуществляющих подачу воды в боковые ответвления.

Потери напора по всей длине трубопровода определяются как сумма потерь в последовательно соединенных участках труб.

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (6.6)$$

для кольцевых водопроводных сетей потери напора рассчитываются на участках и в полукольцах. При этом суммы потерь напора в полукольцах должны быть равными

$$\sum h_I = \sum h_{II} \quad (6.7)$$

При расчете кольцевой сети возможна погрешность Δh , называемая невязкой сети.

$$\sum h_I - \sum h_{II} = \pm \Delta h \quad (6.8)$$

При расчете сети на пропуск воды до пожара допускается невязка сети не более 0,5 м, а при пожаре не более 1 м.

Если при расчете невязка получилась больше допустимой, то необходимо перераспределить потоки на величину поправочного расхода Δq .

Поправочный расход определяется по формуле:

$$\Delta q = \pm \frac{\Delta h}{2 \sum S Q}, \quad (6.9)$$

Где S – сопротивление участка, Q – расход воды на участке, л/с.

Потери напора в сети будут определяться как полу сумма потерь напора в полукольцах.

$$h_c = \frac{\sum h_I + \sum h_{II}}{2}, \quad (6.10)$$

С учетом местных потерь, общие потери напора в сети определяются по формуле:

$$h_{\text{ОБЩ}} = 1,1 h_{\text{С}} \quad (6.11)$$

Задачи:

6.7. Произвести гидравлический расчет наружной водопроводной сети промышленного предприятия.

Количество отбираемой воды в узлах и длины расчетных участков приведены на рис. 6.1.

Решение. Примем, что точка 5 является диктующей точкой.

Тогда кольцевая сеть разбивается на 2 полукольца:

1 полукольцо – (1-2-3-4-5)

2 полукольцо – (1-8-7-6-5)

Определим предварительные расходы на участках в каждом полукольце.

1 полукольцо – (1-2-3-4-5)

Участок 5-4

$$Q_{5-4} = \frac{q_5}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ л/с.}$$

Участок 4-3

$$Q_{4-3} = Q_{5-4} + q_4 = 5 + 5 = 10 \text{ л/с}$$

Участок 3-2

$$Q_{3-2} = Q_{4-3} + q_3 = 10 + 13 = 23 \text{ л/с.}$$

Участок 2-1

$$Q_{2-1} = Q_{3-2} + q_2 = 23 + 7 = 30 \text{ л/с.}$$

2 полукольцо – (1-8-7-6-5)

Участок 5-6

$$Q_{5-6} = \frac{q_5}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ л/с.}$$

Участок 6-7

$$Q_{6-7} = Q_{5-6} + q_6 = 5 + 9 = 14 \text{ л/с.}$$

Участок 7-8

$$Q_{7-8} = Q_{6-7} + q_7 = 14 + 2 = 16 \text{ л/с.}$$

Участок 8-1

$$Q_{8-1} = Q_{7-8} + q_8 = 16 + 8 = 24 \text{ л/с.}$$

По расходам воды на участках подбираем диаметры труб (таблица 6.2). Сопротивление участков определим по приложению 11. Расчет приведен в таблице 6.3.

При предварительном распределении расходов по участкам невязка составила:

$$\Delta h = \sum h_I = \sum h_{II} = 10,01 - 9,13 = 0,88 \text{ м,}$$

Что превышает допустимую.

Определим поправочный расход

$$\Delta q = \pm \frac{\Delta h}{2 \sum SQ} = \pm \frac{0,88}{2 \cdot 1,90} = 0,23 \text{ л/с.}$$

Перераспределяем расходы на величину поправочного расхода, прибавляя к недогруженным участкам 1 полукольца. После распределения расходов воды невязка составляет:

$$\Delta h^1 = 10,23 - 10,12 = 0,11 \text{ м,}$$

Что не превышает допустимую величину.

Таблица 6.3.

№№ полу- кольца	№№ участков	Длина участков l, м.	Диаметр труб d, мм	Расход Q л/с.	Сопро- тивление S	$\sum S \cdot Q^2$	Первое исправление				
							SQ	Δq	Q^1	V	$h_1 = K_n S Q^2$
I	5-4	250	100	5	0,0779	1,95	0,39	+0,23	5,23	0,67	2,33
	4-3	300	125	10	0,029	2,9	0,29	+0,23	10,23	0,83	3,20
	3-2	500	200	23	0,004	2,12	0,092	+0,23	23,23	0,74	2,32
	2-1	300	200	30	0,0024	2,16	0,072	+0,23	30,23	0,96	2,27
$\sum h_I = 9,13 \text{ м}$						$\sum h_I^1 = 10,12 \text{ м.}$					
	5-6	400	100	5	0,1247	3,12	0,62	-0,23	4,77	0,61	3,16
	6-7	400	150	14	0,0148	2,9	0,21	-0,23	13,77	0,78	2,98
	7-8	300	150	16	0,0111	2,84	0,18	-0,23	15,77	0,89	2,88
	8-1	250	200	24	0,002	1,15	0,05	-0,23	23,77	0,76	1,21
$\sum h_{II} = 10,01 \text{ м.}$						$\sum h_{II}^1 = 10,23 \text{ м.}$					

Линейные потери напора в сети:

$$h_c = \frac{\sum h_I + \sum h_{II}}{2} = \frac{10,12 + 10,23}{2} = 10,18 \text{ м.}$$

Общие потери напора:

$$h_{\text{общ}} = 1,1 h_c = 1,1 * 10,18 = 11,20 \text{ м.}$$

6.8. Произвести поправочный расчет наружной водопроводной сети, расчетная схема которой изображена на рис. 6.2.

Отбор воды на пожарные нужды в количестве 30 л/с осуществляется через гидрант, расположенный на участке 6-5. Длины расчетных участков, диаметры труб, количество отбираемой воды в узлах приняты по условиям задачи 6.7.

Решение. При проверочном расчете необходимо определить, могут ли трубы выбранных диаметров в результате основного расчета пропустить дополнительное количество воды для тушения пожара. При этом скорость движения воды не должна превышать 2-2,5 м/с. В отдельных случаях при больших потерях напора на каком-либо из расчетных участков можно увеличить диаметр труб даже при скорости менее допустимой.

За диктующую точку принята точка 5. Тогда кольцевая сеть разбивается на два полукольца:

1 – полукольцо – (1-2-3-4-5) и

2 – полукольцо – (1-8-7-6-5)

Проверочный расчет проводится в том же порядке, что и основной. Он приведен в расчетной таблице 6.4.

Примечания: 1. На участке 8-1 скорость движения воды менее 1,2 м/с, поэтому потери напора определены по формуле:

$$h = K_n S Q^2$$

Таблице 6.4.

№№ полу- колец	№№ участков	Длина участков l, м.	Диаметр труб d, мм	Расход Q л/с.	Сопро- тивление S	$\sqrt{SQ}$	Первое исправление				
							SQ	Δq	Q^I	h^I	$h_1 = K_n S Q^2$
I	5-5	100	100	15	0,0312	7,02	0,47	-0,81	14,49	6,28	1,81
	5-4	250	100	25	0,0779	48,7	0,61	-0,81	24,19	14,16	3,08
	4-3	300	(125) 125	30	(0,0242) 0,029 (0,0111)	(15,1) 26,1 (10,0)	0,33	-0,81	29,19	9,46	(1,97) 8,38 (1,64)
	3-2	500	200	43	0,0040	7,4	0,17	-0,81	42,19	7,12	1,34
	2-1	300	200	50	0,0024	6,0	0,12	-0,81	49,19	5,81	1,57
$\sum h_I = 95,22 \text{ м}$ $(45,52) \text{ м}$ $\sum h_I^I = 42,83 \text{ м.}$											
	5-6	300	100	15	0,0435	21,0	1,4	+0,81	15,81	23,37	2,0
	6-7	400	150	24	0,0148	8,52	0,36	+0,81	24,81	9,11	1,40
	7-8	300	150	26	0,0111	7,5	0,29	+0,81	26,81	7,98	1,52
	8-1	250	200	34	0,002	2,31	0,07	+0,81	34,81	2,46	1,10
$\sum h_{II} = 39,33 \text{ м.}$ $\sum h_{II}^I = 42,92 \text{ м.}$											

2. На участке 5-4 трубы диаметром 100 мм заменены на 125 мм, а на участке 4-3 трубы 125 мм на 150 мм. Скорость движения воды на этих участках превысила допустимую, и резко возросли потери напора.

При предварительном распределении расходов по участкам невязка составила:

$$\Delta h = 45,52 - 39,33 = 6,19 \text{ м,}$$

Что превышает допустимую.

Поправочный расчет в этом случае составил

$$\Delta q = \pm \frac{6,19}{2 \cdot 3,82} = \pm 0,81 \text{ л/с}$$

После перераспределения расходов по участкам сети и определения потерь напора вновь находим невязку:

$$\Delta h^I = 42,92 - 42,83 = 0,09$$

Которая будет в пределах допуска.

Линейные потери напора в сети при пожаре

$$h_C = \frac{42,92 + 42,83}{2} = 42,88 \text{ м.}$$

Общие потери напора в сети:

$$h_{\text{общ}} = 1,1 \cdot 42,88 = 47,17 \text{ м.}$$

6.9. Произвести гидравлический и поправочный расчет наружной водопроводной сети по данным, приведенным в таблице 6.5. Схемы отбора воды до пожара и при пожаре приведены на рисунках 6.1 и 6.2.

Таблица 6.5.

Номер вариантов	Расходы воды на узлах								
	Q _{РАС}	Q _{ПОЖ}	q ₂	q ₃	q ₄	q ₅	q ₆	q ₇	q ₈
1	70	20	6	12	6	10	7	3	8
2	84	25	8	14	5	12	9	4	7
3	90	30	5	15	7	8	11	5	8
4	87	40	4	10	9	14	2	4	4
5	69	20	7	8	11	9	5	3	6

§ 16. Расчет запасных и напорно-регулирующих емкостей. Подбор насосов.

Регулирующие и запасные емкости в системе водопровода предназначены для регулирования неравномерности водопотребления, сохранения запасов воды, обеспечение необходимых напоров. К таким емкостям относят резервуары чистой воды, водонапорные башни, пневматические установки.

Объем резервуаров чистой воды W_p определяется по формуле:

$$W_p = W_{\text{РЕГ}} + W_{\text{Н.З.}} + W_{\text{С.Н.}}, \quad (6.12)$$

Где $W_{\text{РЕГ}}$ – регулирующий объем (принимается равный 18 % от сменного водопотребления), м³; $W_{\text{Н.З.}}$ – неприкосновенный запас воды; $W_{\text{С.Н.}}$ – объем воды на собственные нужды (принимается равным 3% от сменного водопотребления), м³.

Сменное водопотребление $W_{\text{СВ}}$ – определяется по формуле:

$$W_{\text{СВ}} = \frac{(Q_{\text{СР}} + Q_{\text{ПР}})t_{\text{С}} + Q_{\text{ДУШ}} \cdot t_{\text{Д}}}{1000}, \quad (6.13)$$

Где $Q_{\text{СР}}$ – средний хозяйственно-питьевой расход воды, л/с;

$Q_{\text{ПР}}$ – расход воды на производственные нужды, л/с;

$Q_{\text{ДУШ}}$ – расход воды на принятие душа, л/с; $t_{\text{С}}$ – продолжительность смены, с; $t_{\text{Д}}$ – продолжительность принятия душа в конце каждой смены, с;

Тогда

$$W_{\text{РЕГ}} = 0,18 \cdot W_{\text{СВ}}.$$

$$W_{\text{СН.}} = 0,03 \cdot W_{\text{СВ}}.$$

Неприкосновенный запас $W_{\text{Н.З.}}$ обеспечивает бесперебойность работы системы водоснабжения в режиме тушения пожара. Он может быть определен по формуле:

$$W_{\text{Н.З.}} = \frac{Q_{\text{РАСЧ}}^I \cdot t_{\text{П.Н.}}}{1000}, \quad (6.14)$$

Где $Q_{\text{РАСЧ}}^I$ – расчетный расход воды при пожаре, л/с;

$t_{\text{П.Н.}}$ – расчетное время тушения наружного пожара, с.

Типовые проекты резервуаров чистой воды приведены в приложении 18.

Объем бака водонапорной башни определяется по формуле

$$W_{\text{Б}} = W_{\text{РЕГ}} + W_{\text{Н.З.}}, \quad (6.15)$$

Где $W_{\text{Б}}$ – объем бака, м³; $W_{\text{РЕГ}} = 0,06$; $W_{\text{С.В.}}$ – регулирующий объем, м³; $W_{\text{Н.З.}}$ – неприкосновенный пожарный запас воды, м³.

Неприкосновенный пожарный запас воды может быть определен по формуле:

$$W_{H.3} = \frac{(Q_{ВН.П.} + Q_{МАКС.Х.Р.} + Q_{ПР})t_{ПВ}}{1000}, \quad (6.16)$$

Где $Q_{ВН.П.}$ – нормативный расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с; $Q_{МАКС.Х.Р.}$ – максимальный хозяйственно-питьевой расход, л/с; $t_{ПВ.}$ – нормативное время тушения пожара внутри здания, с.

Высота расположения водонапорного бака НБ должна быть такой, чтобы обеспечить работу внутренних пожарных кранов при самом низком уровне воды в баке:

$$H_B = H_{ОБЩ} + H_{СВ} + \Delta Z, \quad (6.17)$$

Где $H_{ОБЩ}$ – общие потери напора в наружной сети до пожара,

$H_{СВ}$ – свободный напор на вводе в здание, м; ΔZ – разность высотных отметок диктующей точки и водонапорной башни.

Свободный напор на вводе в здание определяется по формуле:

$$H_{СВ} = h_{ВН.С} + H_{ПК} + Z, \quad (6.18)$$

Где $h_{ВН.С}$ – общие потери напора во внутренней сети, м;

$H_{ПК}$ – необходимый напор у расчетного пожарного крана.

Типовые проекты водонапорных башен приведены в приложении 19.

Насосы для насосной станции подбираются в зависимости от расчетного расхода воды и необходимого напора.

Необходимый напор насосов, которые подают воду из резервуара в водонапорную башню, может быть определен по формуле:

$$H_{Х-П} = h_{ОБЩ.В.} + H_B + h_B + (Z_B - Z_H) + Z_B + h_{ВС}, \quad (6.19)$$

Где $h_{ОБЩ.В.}$ – общие потери напора в водоводе, м; H_B – высота водонапорной башни, м; h_B – высота бака, м; Z_B – отметка земли в месте установки водонапорной башни, м; Z_H – отметка оси насоса, м; Z_B – геометрическая высота всасывания, равная глубине резервуара, м; $h_{ВС}$ – потери напора во всасывающих и нагнетательных линиях насосов (можно принять равным 2,5 м).

Напор, развиваемый стационарным пожарным насосом при водопроводе высокого давления, определяют по формуле:

$$H_{ПОЖ} = h_{ОБЩ.В.} + h_{ОБЩ.} + H_{Г.} + Z_{Д.Т.} - Z_H + h_{ВС} + Z_{ВС}, \quad (6.20)$$

Где $h_{ОБЩ.В.}$ – общие потери напора в водоводах при пожаре, м; $h_{ОБЩ.}$ – общие потери напора в наружной водопроводной сети при пожаре, м; $H_{Г.}$ – напор у расчетного гидранта, м; $Z_{Д.Т.}$ – отметка земли диктующей точки пожарного гидранта, м; Z_H – отметка оси насоса, м; $h_{ВС}$ – потери напора во всасывающей и нагнетательных линиях насоса (можно принимать равным 3 м), $Z_{ВС}$ – геометрическая высота всасывания, равная глубине резервуара, м.

Напор у расчетного пожарного гидранта:

$$H_{Г.} = H_{СВ} + h_{Г.К.} + Z_{Т.Р.}, \quad (6.21.)$$

Где $H_{СВ}$ – свободный напор у гидранта, м; $h_{Г.К.}$ – потери напора в гидранте и колонке, м; $Z_{Т.Р.}$ – глубина заложения труб, принимается равной 2,5 м.

Свободный напор у гидранта:

$$H_{СВ} = h_p + H_C + Z_{зд.}$$

Где h_p – потери напора в рукавной линии, м; H_C – напор у насадка; $Z_{зд.}$ – высота здания.

Подбор насосов производится по их основным характеристикам с учетом условий совместной работы с водонапорной сетью при различных режимах водопотребления. Основные характеристики насосов некоторых марок приведены в приложении 20.

Задачи:

6.10. Определить минимальную емкость резервуаров чистой воды, обеспечивающих работу объединенного водопровода промышленного предприятия площадью 23 га, подобрать типовые проекты резервуаров. Категория производства по пожарной опасности В, наиболее пожароопасное здание II степени огнестойкости, строительный объем не выше 30 тыс.м³.

Расходы воды для предприятия составляют: $Q_{CP} = 3,5$ л/с;

$Q_{МАКС.Г.Р.} = 10,5$ л/с; $Q_{ПР} = 25$ л/с; $Q_{ДУШ} = 12$ л/с.

Решение. Общая емкость резервуаров чистой воды:

$$W_P = W_{РЕГ} + W_{Н.З.} + W_{С.Н.}$$

Объем сменного водопотребления:

$$W_{СВ} = \frac{(Q_{CP} + Q_{ПР})t_C + Q_{ДУШ} \cdot t_D}{1000} = \frac{(3,5 + 25) \cdot 8 \cdot 3600 + 12 \cdot 45 \cdot 60}{1000} = 853,2 \text{ м}^3$$

Регулирующий объем

$$W_{РЕГ} = 0,18 \cdot W_{СВ.} = 0,18 \cdot 853,2 = 153,6 \text{ м}^3$$

Объем воды для собственных нужд:

$$W_{СН.} = 0,03 \cdot W_{СВ.} = 0,03 \cdot 853,2 = 25,6 \text{ м}^3$$

Расчетный расход воды при пожаре:

$$Q^1_{РАСЧ} = Q_{МАКС.Х.Р.} + Q_{ПР.} + Q_{ПОЖ} = 10,5 + 25 + 25 = 60,5 \text{ л/с.}$$

Неприкосновенный пожарный запас воды

$$W_{Н.З.} = \frac{Q^1_{РАСЧ} \cdot t_{П.Н.}}{1000} = \frac{60,5 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 653,4 \text{ м}^3$$

Тогда

$$W_P = 153,6 + 653,4 + 25,6 = 832,6 \text{ м}^3$$

Выбираем 2 типовых резервуара (проект 901-4-15 приложение 18) емкостью по 500 м³.

6.11. Определить неприкосновенный пожарный запас воды в резервуаре, обеспечивающем работу объединенного водопровода промышленного предприятия площадью 20 га. Категория производства по пожарной опасности В. Основные здания предприятия III степени огнестойкости объемом до 25000 м³. Максимальный хозяйственно-питьевой расход составляет 6 л/с, производственный – 4 л/с.

Ответ: $W_{Н.З.} = 432 \text{ м}^3$.

6.12. Определить высоту расположения бака водонапорной башни, установленной на пожарно-производственном водопроводе промышленного объекта, если линейные потери напора в наружной водопроводной сети 10 м. Наиболее выгодно расположенный внутренний пожарный кран находится на высоте 15 м. и удален от ввода в здание на 200 м. Гидравлический уклон для внутреннего водопровода составляет 0,01.

Внутренние пожарные краны оборудованы не прорезиненными рукавами длиной 20 м, диаметром 51 мм и стволами с насадками диаметром 16 мм. Радиус компактной части струи 10 м. Отметка земли: диктующей точки 13 м, водонапорной башни 20 м.

Решение. Высота расположения водонапорной башни может быть определена по уравнению:

$$H_B = h_{\text{общ}} + H_{\text{вн.с}} + H_{\text{пк.}} + Z + (Z_0 - Z_B)$$

Потери напора во внутренней водопроводной сети:

$$h_{\text{вн.с}} = i l = 0,01 \cdot 200 = 2 \text{ м.}$$

Напор у внутреннего пожарного крана

$$H_{\text{пк}} = h_p + H_c = (S_p + S_n) Q^2 = (0,24 + 1,26) \cdot 33^2 = 16,3 \text{ м.}$$

Тогда

$$H_B = 11 + 2 + 16,3 + 15 + (13 - 20) = 37,3 \text{ м.}$$

Ответ: $H_B = 37,3 \text{ м.}$

6.13. Водонапорный бак установлен на объединенном водопроводе промышленного предприятия с числом рабочих в смену 1700 человек. Хозяйственное водопотребление одним рабочим 25 л в смену; производственный расход составляет 20 л/с. Определить емкость неприкосновенного пожарного запаса воды в баке.

Ответ: $W_{\text{н.з}} = 17,6 \text{ м}^3$.

6.14. На какой высоте следует расположить водонапорный бак, обеспечивающий работу пожарного водопровода промышленного предприятия. Наружная водопроводная сеть длиной 500 м проложена из чугунных труб диаметром 100 мм. Потери напора на один метр наружной сети составляют 0,02 м, общие потери напора во внутренней водопроводной сети 3 м. Внутренние пожарные краны, расположены на высоте 12 м, оборудованы прорезиненными рукавами диаметром 51 мм и стволами с насадками диаметром 16 мм. Расход воды на одну струю 3 л/с. Местность ровная.

Ответ: $H_B = 39,5 \text{ м.}$

1-қосымша.
Приложение 1.

Тығыздығы ρ және γ кейбір сұйықтықтардың үлес салмағы
Плотность ρ и удельный вес γ некоторых жидкостей.

Сұйық/ Жидкость	t. °C	ρ , кг/м ³	γ , Н/м ³
Су/ Вода	0	999,87	9805,37
	4	1000,00	9806,65
	10	999,73	9840,00
	20	998,73	9789,29
	30	995,67	9764,19
	40	992,24	9730,55
Ацетон	15	790	7747,25
Бензин	15	680-740	6668,52-7256,92
Сусыз Глицерин/ Глицерин безводный	20	1260	12236,40
Керосин	15	790-820	7747,25-8041,45
Машина майы/ Масло машинное	20	898	8806,37
Трансформатор майы/ Масло трансформаторное	20	887	8698,50
Табиғи мұнай/ Нефть натуральная	15	700-900	6864,65-8825,98
Сынап / Ртуть	0	13596	133331
Сынап / Ртуть	20	13546	132841
Метил спирті/ Спирт метиловый	15	810	7943,39
Этил спирті/ Спирт этиловый	15-18	790	7749,25

2-қосымша.
Приложение 2.

Кейбір сұйықтықтардың динамикалық μ және кинематикалық
тұтқырлығының коэффициенті.
Коэффициент динамической μ и кинематической ν вязкости некоторых
жидкостей.

Сұйық/ Жидкость	t. °C	$\mu * 10^3$, Па*с	$\nu * 10^6$, м ² /с
су / вода	0	1,792	1,792
	10	1,306	1,306
	20	1,004	1,006

	30	0,802	0,805
	40	0,654	0,659
Бензин	15	0,650	0,930
Этил спирті/ Спирт этиловый	20	1,190	1,540
Сынап / Ртуть	15	1,540	0,110
Керосин	15	2,170	2,700
Трансформатор майы/ Масло трансформаторное	20	27,500	31,000

3-қосымша.
Приложение 3

Кейбір сұйықтықтарға серпімділік модульдері β_w және көлемдік қысу коэффициенті K .

Коэффициент объемного сжатия β_w и модули упругости K некоторых жидкостей.

Сұйық / Жидкость	$\beta * 10^{11}, \text{Па}^{-1}$	$K * 10^{-9}, \text{Па}$
Су / Вода	47	2,13
Глицерин	22,3	4,48
Керосин	68-92	1,09-1,47
Сынап / Ртуть	4	25
Этил спирті/Спирт этиловый	113	0,88

4-қосымша.
Приложение 4.

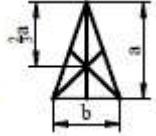
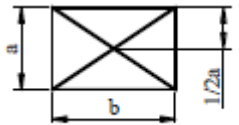
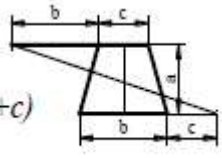
Сұйықтықтардың β_t температуралық кеңею коэффициенті (18°C температуралар үшін)

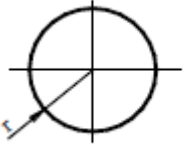
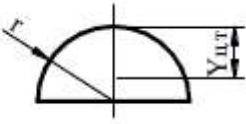
Коэффициент температурного расширения β_t жидкостей (для температур около 18°C)

Сұйықтықтар / Жидкости	$\beta_t * 10^4, \text{K}^{-1}$
Ацетон	14,3
Бензин	10,6
Су / Вода при $5-10^\circ$	0,53
при $10-20^\circ$	1,50
при $20-40^\circ$	3,02
при $40-60^\circ$	4,58
при $60-80^\circ$	5,87
Глицерин	5,06

Керосин	10,0
Мұнай / Нефть	9,2
Сынап / Ртуть	1,8
Скипидар	9,4
Метил спирті / Спирт метиловый	11,9
Этил спирті / Спирт этиловый	11,0
Азот қышқылы / Кислота азотная	12,4
Этил эфирі / Эфир этиловый	16,3

5-қосымша.
Приложение 5.

Фигура	Ауырлық орталығының жағдайы/ Положение центра тяжести	Фигура инерциясының орталық сәті / Центральный момент инерции фигуры
1. Үшбұрыш. Ауырлық орталығы медианның қиылысында жатыр/ Треугольник. Центр тяжести лежит на пересечении медиан.	$w = ab/2$ $Y_{ц.м.} = \frac{2}{3} a$ 	$\frac{b \cdot a^3}{36}$
2. Тіктөртбұрыш. Ауырлық орталығы диагональ қиылысында жатыр./ Прямоугольник. Центр тяжести лежит на пересечении диагоналей.	$w = ab$ $Y_{ц.м.} = a/2$ 	$\frac{b \cdot a^3}{12}$
3. Тең Сан трапеция. Ауырлық орталығы есептеумен немесе графикалық түрде анықталады./ Равнобедренная трапеция. Центр тяжести определяется расчетом или графический.	$w = (b+c)a/2$ $Y_{ц.м.} = a(2b+c)/3(b+c)$ 	$\frac{a^3(b^2 + 4bc + c^2)}{36 \cdot (b + c)}$

4. Шеңбер. Шеңбердің ортасы шеңбердің ортасымен сәйкес келеді./ Круг. Центр круга совпадает с центром круга.	$Y_{ц.м.} = r$ 	$\frac{\pi \cdot r^4}{4} = 0,785r^4$
5. Жартылай шеңбер. Ауырлық орталығы есеппен анықталады./ Полукруг. Центр тяжести определяется расчетом.	$w = \pi r^2$ $Y_{ц.м.} = 4r / 3\pi$ 	$\left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9}\pi\right)r^4 \approx 0,110r^4$

6-қосымша.
Приложение 6.

Болат және шойын су құбырлары үшін үлестік кедергілердің есептік мәндері.
Расчетные значения удельных сопротивлений для стальных и чугунных водопроводных труб.

Болат құбырлар (су газ өткізгіш, газ) МЕСТ 3262-62/ Трубы стальные (водогазопроводные, газовые) ГОСТ 3262-62		Дәнекерленген болат құбырлар МЕСТ 3262-62/ Трубы стальные сварные ГОСТ 3262-62		Арынды шойын құбырлар МЕСТ 5525-61 және МЕСТ 9583-61/ Трубы чугунные напорные ГОСТ 5525-61 и ГОСТ 9583-61	
Шартты. өту мм. Условн. проход мм.	А (для Q м ³ /с)	Шартты. өту мм. Условн. проход мм.	А (для Q м ³ /с)	Класс ЛА А м ³ /с	Класс А А м ³ /с
6	2211000000	50	3686	11540	-
8	211000000	60	2292	-	-
10	31000000	75	929,4	-	-
15	8966000	80	454,3	953,4	-
20	1660000	100	172,9	311,7	-
25	427800	125	76,36	96,72	-
32	91720	150	30,65	37,11	-
40	44480	175	20,79	-	-
50	11080	200	6,959	8,092	-
70	3009	250	2,187	2,528	-
80	1167	300	0,8466	0,9485	-
90	529,4	350	0,3731	-	0,4365
100	281,2	400	0,1859	-	0,2189

125	86,22	450	0,09928	-	0,1186
150	33,94	500	0,05784	-	0,06778
-	-	600	0,02262	-	0,02596
-	-	700	0,01098	-	0,01154
-	-	800	0,005514	-	0,005669
-	-	900	0,002962	-	0,003047
-	-	1000	0,001699	-	0,00175
-	-	1200	0,0006543	-	0,000662
-	-	1400	0,0002916	-	-
-	-	1500	0,0002023	-	-
-	-	1600	0,0001437	-	-

7-қосымша.
Приложение 7.

Шойын құбырлар үшін S кедергі мәні.
Значение сопротивлений S для чугунных труб.

Ұзындығы/ Длина l, м.	Ішкі диаметрі d, мм/ Внутренний диаметр d, мм			
	100	125	150	200
50	0,015585	0,004836	0,0018555	0,0004046
100	0,03117	0,009672	0,003711	0,0008092
150	0,046755	0,014508	0,0055665	0,0012138
200	0,06234	0,019344	0,07422	0,0012138
250	0,077925	0,02418	0,0092775	0,002023
300	0,09351	0,029016	0,011133	0,0024276
350	0,109095	0,033852	0,01129885	0,0028322
400	0,12468	0,038688	0,014844	0,0032368
450	0,140265	0,043524	0,0166995	0,0036414
500	0,15585	0,04836	0,018555	0,004046
550	0,171435	0,053196	0,0204105	0,0044506
600	0,18702	0,058032	0,022266	0,0048552
650	0,202605	0,062868	0,0241215	0,0052598
700	0,21819	0,067704	0,025977	0,0056644
750	0,233775	0,07254	0,0278325	0,006069
800	0,24936	0,077376	0,029688	0,0064736
850	0,264945	0,082212	0,0315435	0,00687802
900	0,28053	0,087048	0,033399	0,0072828
950	0,296115	0,091884	0,0352545	0,0076874
1000	0,3117	0,09672	0,03711	0,008092

7-Қосымшаның жалғасы.

Продолжение приложения 7.

Шойын құбырлар үшін S кедергі мәні.

Значение сопротивлений S для чугунных труб.

Ұзындығы/ Длина l, м.	Ішкі диаметрі d, мм/ Внутренний диаметр d, мм		
	250	300	350
50	0,0001264	0,000047425	0,000021825
100	0,0002528	0,00009485	0,00004365
150	0,0003792	0,000142275	0,000065475
200	0,0005056	0,0001897	0,0000873
250	0,000632	0,000237125	0,000109125
300	0,0007584	0,00028455	0,00013095
350	0,0008848	0,000331975	0,000152775
400	0,0010112	0,0003794	0,0001746
450	0,0011376	0,000426825	0,000196425
500	0,001264	0,00047425	0,00021825
550	0,0013904	0,000521675	0,000240075
600	0,0015168	0,0005691	0,0002619
650	0,0016432	0,000616525	0,000283725
700	0,0017696	0,00066395	0,00030555
750	0,001896	0,000711375	0,000327375
800	0,0020224	0,0007588	0,0003492
850	0,0021488	0,000806225	0,000371025
900	0,0022752	0,00085365	0,00039285
950	0,0024016	0,000901075	0,000414675
1000	0,002528	0,0009485	0,0004365

8-қосымша

Приложение 8

Түзету K_n коэффициенттерінің мәні

Значение поправочных коэффициентов K_n

V, м/с	0,62	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
K_n	1,41	1,33	1,28	1,24	1,2	1,175	1,15	1,13	1,115
V, м/с	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0	1,1	1,2
K_n	1,1	1,085	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,015	1,0

9-қосымша
Приложение 9

Құбырлардың шығыны мен диаметріне байланысты су қозғалысы жылдамдығының мәні, V м/с.

Значения скоростей движения воды V в зависимости от расхода и диаметра труб, м/с.

Q, л/с	Құбырлардың ішкі диаметрі d, мм./ Внутренний диаметр труб d, мм.							
	100	125	150	200	250	300	350	400
1	0,13							
2	0,245							
3	0,37	0,24						
4	0,49	0,315	0,22					
5	0,61	0,39	0,274					
6	0,73	0,47	0,33					
7	0,86	0,55	0,384	0,217				
8	0,98	0,63	0,44	0,248				
9	1,1	0,71	0,493	0,279				
10	1,22	0,79	0,548	0,31				
12	1,47	0,94	0,66	0,37	0,24			
14	1,71	1,1	0,77	0,434	0,278			
16	1,96	1,26	0,88	0,5	0,32	0,22		
18	2,2	1,42	0,99	0,56	0,36	0,247		
20	2,45	1,52	1,1	0,62	0,4	0,275	0,205	
22	2,69	1,73	1,21	0,68	0,44	0,3	0,226	
24	2,94	1,89	1,32	0,74	0,48	0,33	0,246	
26	-	2,05	1,43	0,81	0,52	0,375	0,267	0,206
28	-	2,2	1,53	0,87	0,56	0,385	0,287	0,22
30	-	2,36	1,64	0,93	0,6	0,41	0,308	0,237
32	-	2,52	1,75	0,99	0,64	0,44	0,328	0,253
34	-	2,68	1,86	1,05	0,68	0,467	0,349	0,269
36	-	2,83	1,97	1,12	0,72	0,495	0,369	0,285
38	-	2,99	2,08	1,18	0,76	0,52	0,39	0,3
40	-	-	2,19	1,24	0,84	0,55	0,41	0,316
42	-	-	2,3	1,3	0,86	0,58	0,43	0,33
44	-	-	2,41	1,36	0,88	0,6	0,45	0,35
46	-	-	2,52	1,43	0,92	0,63	0,47	0,36
48	-	-	2,63	1,49	0,95	0,66	0,49	0,38
50	-	-	2,74	1,55	0,99	0,69	0,51	0,395

10-қосымша.
Приложение 10.

Ұзындығы 20 м бір стандартты өрт жеңінің S_P кедергісінің мәні./

Значение сопротивлений S_P одного стандартного пожарного рукава длиной 20 м.

Диаметр d, мм	Жеңнің кедергісі (Q л/с үшін)/ Сопротивление рукава (для Q л/с)	
	резеңкеленген емес/ не прорезиненные	резеңкеленген / прорезиненные
51	0,24	0,13
66	0,077	0,034
77	0,03	0,015
89	-	0,00385
150	-	0,00045

11-қосымша.
Приложение 11.

Гидранттар мен колонкалар үшін S кедергісінің мәні./

Значение сопротивлений S для гидрантов и колонок.

Жергілікті кедергі/ Местное сопротивление	Q л/с шығыны үшін S шамасы./ Величина S для расхода Q л/с.		
2 штуцерге арналған Ленинград үлгісіндегі Гидрант және баған./ Гидрант и колонка ленинградского типа на 2 штуцера	$S_r = 0,0036$	$S_K = 0,0021$	$S_{Г.К.} = 0,0057$
2 штуцерге арналған жерасты гидранты және Мәскеу типті бағанасы./ Подземный гидрант и колонка московского типа на 2 штуцера	$S_r = 0,0016$	$S_K = 0,0035$	$S_{Г.К.} = 0,0051$
Жер үсті гидранты және 2 штуцерге арналған Мәскеу типті бағанасы./ Надземный гидрант и колонка московского типа на 2 штуцера	$S_{Г.К.} = 0,0063$		
1 штуцерге арналған жерасты гидранты және Мәскеу үлгісіндегі колонка./ Подземный гидрант и колонка московского типа на 1 штуцер	$S_r = 0,0016$	$S_K = 0,01$	$S_{Г.К.} = 0,012$
Жер үсті гидранты және 1 штуцерге арналған Мәскеу үлгісіндегі колонка/ Надземный гидрант и колонка московского типа на 1 штуцер	$S_{Г.К.} = 0,014$		

12-қосымша.
Приложение 12.

Су өлшегіштер үшін S кедергісінің мәні (Q л/с үшін).
Значение сопротивлений S для водомеров (для Qл/с).

Су өлшегіш калибрі, мм/ Калибр водомера, мм	23	30	40	50	80	100	150
Су өлшегіштің кедергісі/ Сопротивление водомера	5,1	1,3	0,32	0,0265	0,207	0,000675	0,00013

13-қосымша.
Приложение 13.

Әртүрлі нысандағы саптамалар үшін жергілікті кедергі, сығылу,
жылдамдық және шығын коэффициенттерінің мәні./

Значение коэффициентов местного сопротивления, сжатия, скорости и
расхода для насадков различной формы.

Тесік немесе кондырма түрі/ Тип отверстия или насадка	ξ	ε	φ	μ
Жұқа қабырғадағы дөңгелек тесік/ Круглое отверстие в тонкой стенке	0,06	0,64	0,97	0,62
Сыртқы цилиндрлік саптама/ Внешний цилиндрический насадок	0,5	1	0,82	0,82
Ішкі цилиндрлік саптама/ Внутренний цилиндрический насадок	1	1	0,71	0,71
Конустық ұқсас саптама $\alpha = 13^{\circ}24'$	0,09	0,98	0,96	0,94

Конический сходящийся насадок $\alpha = 13^{\circ}24'$				
Конус түрдегі таралатын саптама $\alpha = 50^{\circ}$ / Конический расходящийся насадок $\alpha = 5^{\circ}$	3,45	1	0,475	0,475
Коноидалдық саптама/ Коноидальный насадок	0,06	1	0,98	0,98

14-қосымша.
Приложение 14.

S_H кедергісінің және P саптамалардың өткізгіштігінің мәні (Q л/с үшін).
Значение сопротивлений S_H и проводимостей P насадков (для Q л/с).

Саптама диаметрі, мм/ Диаметр насадков, мм	S_H	P	Саптама диаметрі, мм/ Диаметр насадков	S_H	P
10	8,26	0,348	27	0,156	2,54
11	5,64	0,421	28	0,134	2,73
12	3,98	0,501	29	0,117	2,93
13	2,89	0,588	30	0,102	3,13
14	2,40	0,682	31	0,088	3,37
15	1,63	0,783	32	0,079	3,56
16	1,26	0,891	33	0,070	3,80
17	0,99	1,01	34	0,062	4,02
18	0,787	1,13	35	0,055	4,26
19	0,634	1,26	36	0,049	4,51
20	0,516	1,39	38	0,040	5,02
21	0,425	1,53	40	0,032	5,57
22	0,353	1,68	42	0,026	6,14
23	0,295	1,84	44	0,022	6,74
24	0,249	2,00	46	0,018	7,35
25	0,212	2,17	48	0,016	8,02
26	0,181	2,35	50	0,0132	8,70
			65	0,0053	13,74

15-қосымша.
Приложение 15.

Диаметрі 25 мм-ге дейінгі саптамалар үшін жинақы ағыстардың арын, шығындары мен ұзындықтары кестесі./

Таблица напоров, расходов и длин компактных струй для насадков диаметром до 25 мм.

Шағын ағыс. бөліктері әсер ету радиусы м. Радиус действ. компакт. части струи м.	Саптама диаметрі, мм Диаметры насадков, мм									
	13		16		19		22		25	
	Н,м	Q, л/с	Н,м	Q, л/с	Н,м	Q, л/с	Н,м	Q, л/с	Н,м	Q, л/с
6	8,1	1,7	7,8	2,5	7,7	3,5	7,6	4,6	7,5	5,9
7	9,6	1,8	9,2	2,7	9,0	3,8	8,9	5,0	8,7	6,4
8	11,2	2,0	10,7	2,9	10,4	4,1	10,2	5,4	10,1	6,9
9	13,0	2,1	12,4	3,1	12,0	4,3	11,7	5,8	11,6	7,4
10	14,9	2,3	14,1	3,3	13,6	4,6	13,2	6,1	12,9	7,8
11	16,9	2,4	15,8	3,5	15,2	4,9	14,7	6,5	14,4	8,3
12	19,1	2,6	17,7	3,8	16,9	5,2	16,3	6,8	15,9	8,7
13	21,4	2,7	19,7	4,0	18,7	5,4	18,0	7,2	17,5	9,1
14	23,9	2,9	21,8	4,2	20,6	5,7	19,8	7,5	19,2	9,6
15	26,7	3,0	24,0	4,4	22,6	6,0	21,6	7,8	20,9	10,0
16	29,7	3,2	26,5	4,6	24,7	6,2	23,6	8,2	22,7	10,4
17	33,2	3,4	29,2	4,8	27,1	6,5	25,7	8,5	24,7	10,8
18	37,1	3,6	32,2	5,1	29,6	6,8	28,0	8,9	26,8	11,3
19	41,7	3,8	35,6	5,3	32,5	7,1	30,5	9,3	29,1	11,7
20	46,8	4,0	39,4	5,6	35,6	7,5	33,2	9,7	31,5	12,2
21	53,3	4,3	43,7	5,9	39,1	7,8	36,3	10,1	34,3	12,8
22	60,9	4,6	48,7	6,2	43,1	8,2	39,6	10,6	37,3	13,3
23	70,3	4,9	54,6	6,6	47,6	8,7	43,4	11,1	40,6	13,9
24	82,2	5,3	61,5	7,0	52,7	9,1	47,7	11,7	44,3	14,5
25	98,2	5,8	70,2	7,5	58,9	9,6	52,7	12,2	48,6	15,2
26	-	-	80,6	8,0	66,2	10,2	58,5	12,9	53,5	15,9
27	-	-	94,2	8,6	75,1	10,9	65,3	13,7	59,1	16,8
28	-	-	-	-	86,2	11,6	75,5	14,5	65,8	17,7

16-қосымша.
Приложение 16.

Лафетті оқпандар ағысының жинақы бөлігінің әрекет ету радиусы (ағыстың жинақы бөлігінің әрекет ету радиусының көлбеу бұрышы 30^0 кезінде)./

Радиус действия компактной части струй лафетных стволов (при угле наклона радиуса действия компактной части струи 30^0).

Оқпандағы арын, м./ Напор у ствола, м.	Саптама диаметрі, мм Диаметры насадков, мм							
	28		32		38		50	
	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	20,2	12,2	20,0	15,9	20,5	22,4	21,0	38,9
25	23,0	13,6	23,5	17,8	24,0	25,1	25,0	43,5
30	26,0	14,9	26,5	19,4	27,0	27,4	28,0	47,5
35	28,0	16,2	28,5	21,0	29,5	29,7	31,0	51,5
40	30,0	17,2	30,5	22,5	32,0	31,7	33,0	55,0
45	31,5	18,3	32,5	23,8	34,0	33,6	35,5	58,3
50	33,0	19,3	34,0	25,1	35,5	35,4	37,5	61,4
55	34,0	20,2	36,0	26,0	37,0	37,2	39,0	64,4
60	35,5	21,1	37,0	27,6	38,0	38,2	40,5	67,3
65	36,5	22,0	37,5	28,6	39,0	40,4	41,5	70
70	37,0	22,8	37,5	29,7	39,0	41,9	42,5	72,6
75	-	-	-	-	40,0	43,4	43,5	75,3
80	-	-	-	-	40,5	44,8	44,5	77,8
85	-	-	-	-	-	-	45,5	80,1
90	-	-	-	-	-	-	46,0	82,5
95	-	-	-	-	-	-	46,5	84,8
100	-	-	-	-	-	-	47,0	87,0

16-қосымшаның жалғасы.
Продолжение приложения 16.

Оқпандағы арын, м./ Напор у ствола, м.	Саптама диаметрі, мм Диаметры насадков, мм					
	63		76		89	
	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с
20	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-
30	29,0	76,5	30,5	111,0	32,5	150,0

35	32,0	82,5	34,0	119,0	36,5	163,0
40	35,0	87,3	38,0	127,0	41,0	174,0
45	38,0	92,5	41,0	135,0	45,0	184,0
50	42,0	97,5	45,0	142,0	49,0	194,0
55	44,0	102,0	49,0	149,0	53,0	203,0
60	46,0	106,0	52,0	155,0	56,0	212,0
65	49,0	111,0	55,0	162,0	60,0	221,0
70	52,0	115,0	58,0	168,0	63,0	230,0
75	54,0	119,0	60,5	174,0	66,0	238,0
80	56,0	123,0	63,0	179,0	69,0	245,0
85	57,0	127,0	65,0	185,0	72,0	253,0
90	59,0	131,0	67,0	191,0	74,0	260,0
95	60,0	134,0	69,0	196,0	74,5	268,0
100	62,0	138,0	70,0	201,0	75,5	274,0

17-қосымша.
Приложение 17.

Өрт сөндіру автомобильдері мен мотопомпаларда орнатылған өрт сөндіру сорғыларының сипаттамалары./

Характеристики пожарных насосов, установленных на пожарных автомобилях и мотопомпах.

Автомобильдің мотопомпаның моделі / Модель мотопомпы, автомобиля	Сорғы маркасы./ Марка насоса.	Сорғыш түрін сипаттайтын параметрлер./ Параметры характеризующие тип насоса.	
		a	b
МП-600	Мотопомпаның маркасы бойынша/ По марке мотопомп	88,2	0,242
МП-800		59,0	0,048
МП-1400			
МП-1600		102,6	0,016
АЦ-30, АН-30	ПН-30КФ		
АА-30, АЦС-30		110,6	0,0104
АЦ-40, АНР-40			
АА-40	ПН-40У	110,6	0,0098
ПНС - 110	ПН-110	111,7	0,0014

Таза су резервуарларының үлгілік жобалары/
Типовые проекты резервуаров чистой воды

Үлгі жоба/ Типовой проект	Сыйымдылығы м ³ ./ Вместимость м ³ .	Өлшемдері, м./ Размеры, м.	Материал
901-4-10	100	3,7x6,5	Темірбетон монолитті цилиндрлік/ Железобетонный монолитный цилиндрический
901-4-11	250	3,7x10	Сол сияқты/ То же
901-4-15	500	5,1x12	*
901-4-16	1000	5,1x18	*
901-4-17	2000	5,1x24	*
901-4-18	150	3,82x8	*
901-4-21	100	3,6x6	Жиналмалы темірбетон құрылымдардан жасалған цилиндрлік/ Цилиндрический из сборных железобетонных конструкций
901-4-22	250	3,6x10	Сол сияқты/ То же
901-4-23	500	4,8x12	*
4-18-840	100	3,5x6x6	Темірбетон тікбұрышты құрама унификацияланған конструкцияларды зауытта/ Железобетонный прямоугольный из сборных унифицированных конструкций заводского изготовления
4-18-841	250	3,5x12x6	Сол сияқты/ То же
4-18-842	500	3,6x12x12	*
4-18-850	1000	4,8x18x12	*
4-18-851	2000	4,8x24x18	*
4-18-852	3000	4,8x24x30	*
4-18-858	6000	4,8x36x36	*
4-18-854	10000	4,8x48x48	*
4-18-855	20000	4,8x64x64	*
901-4-8с	100	2,5x7,6	Бутобетоннан жасалған ашық өрт резервуары/ Открытый пожарный резервуар из бутобетона
	150	2,5x9,3	Сол сияқты кірпіштен/ То же, из кирпича

901-4-13	100	3,8x5,8	Кірпіш цилиндрлік/ Кирпичный цилиндрический
901-4-13	150	2,8x8,2	Сол сияқты / То же

Ескертпе: цилиндрлік резервуарлар үшін биіктігі мен диаметрі, тікбұрышты резервуарлар үшін – резервуардың биіктігі мен жағы./

Примечание: Для цилиндрических резервуаров указаны высота и диаметр, для прямоугольных – высота и стороны резервуара.

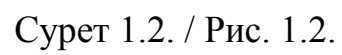
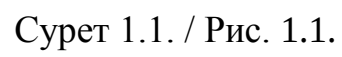
19-қосымша.
Приложение 19.

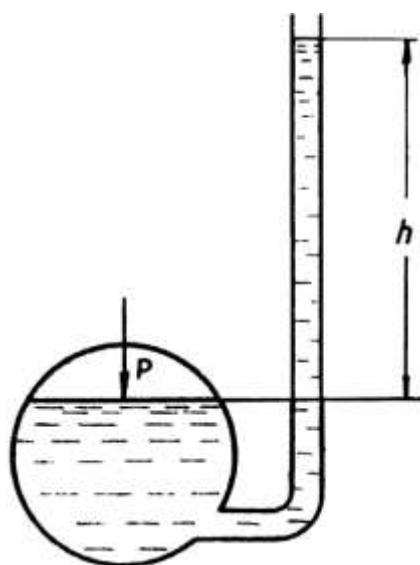
Су қысымды мұнаралардың типтік жобалары.
Типовые проекты водонапорных башен.

Типтік жоба/ Типовой проект	Бактар саны/ Число баков	Бактың сыйымдылығы, м ³ ./ Вместимость бака, м ³ .	Бактардың орналасу биіктігі (арын), м./ Высота расположения баков (напор), м.
4-18-664	3	100, 200, 300	28, 32, 36
901-5-12/70	1	500	41
901-5-26/70	1	300	21, 24, 30, 36, 42
901-5-28/70	1	800	24, 30, 36
901-5-14/70	1	15	6,9
901-5-9/70	1	150	18,24
901-5-20/70	1	12	9,12, 15, 18, 21
901-5-21/70	1	50	9, 12, 15, 18, 24, 21
901-5-22/70	1	100	9, 12, 15, 18, 24, 21
901-5-23/70	1	200	9, 12, 15, 18, 24, 21
901-5-24/70	1	300	15, 18, 21, 24, 30
901-5-25	1	500	15, 18, 21, 24, 30
901-5-13/70	1	15	9,6
901-5-15/70	1	25	12
901-5-17/70	1	50	18

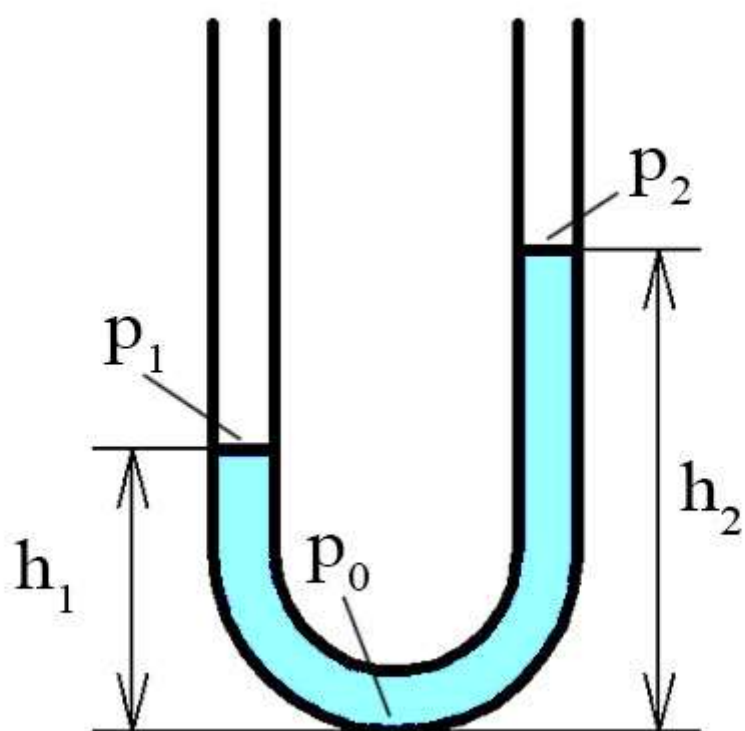
20-қосымша.
Приложение 20.

Сорғы маркасы/ Марка насоса	Айналу жиілігі айн / мин./ Частота вращения об/мин	Сорғы сипаттамаларының жұмыс аймағының шекті нүктелеріндегі параметрлердің мәні (каталог кестесі бойынша)/ Значение параметров в предельных точках рабочих зон характеристик насоса (по графикам каталога)			
		Беру/ подача	Q, л/с	Арын/ напор	H, м.
K8/8	2900	1,6	3,9	20	14
K8/8a	2900	1,4	3,7	16	11,5
K20/18	2900	3	6	24	14,5
K20/18a	2900	2,8	5,8	18	13
K20/30	2900	2,9	8,3	35	23
K20/30a	2900	2,9	8,3	28	19
K45/30	2900	8,2	15	34	26
K45/30a	2900	7	12,8	25	18
K45/55	2900	8,3	17,1	60	44
K45/55a	2900	7,5	15,5	48	34
K90/20	2900	12	25	27	20
K90/20a	2900	10	25	25	14
K90/35	2900	18	33	39	26
K90/35a	2900	17	29	32	22
K90/55	2900	18	33	62	46
K90/55a	2900	17	29	50	35
K90/85	2900	17,9	32,1	95	72
K90/85a	2900	17	30	85	65
KI60/20	1450	35	52	22	17
KI60/20a	1450	30	46	18	13
KI60/30	1450	34	52	34	28
KI60/30a	1450	32	50	35	26
K290/18	1450	60	92	20	16
K290/30	1450	60,5	92	34,8	26,5
Д200-36	1450	41,4	69,4	41	32
Д200-95	1450	36,9	55,8	106	95
Д320-70	2900	61,1	88,9	79,5	70
Д500-65	1450	94,5	173,6	74	55

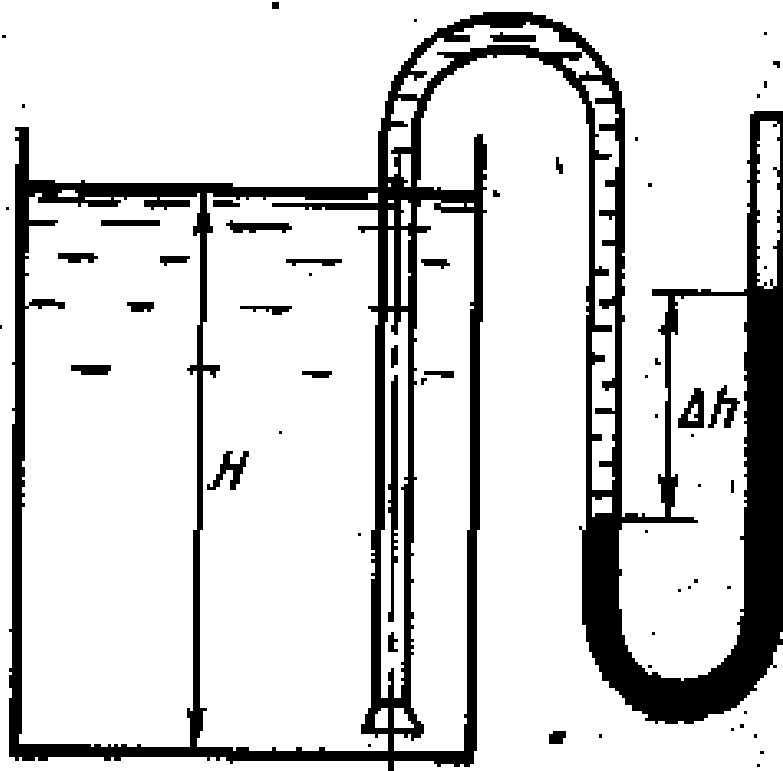




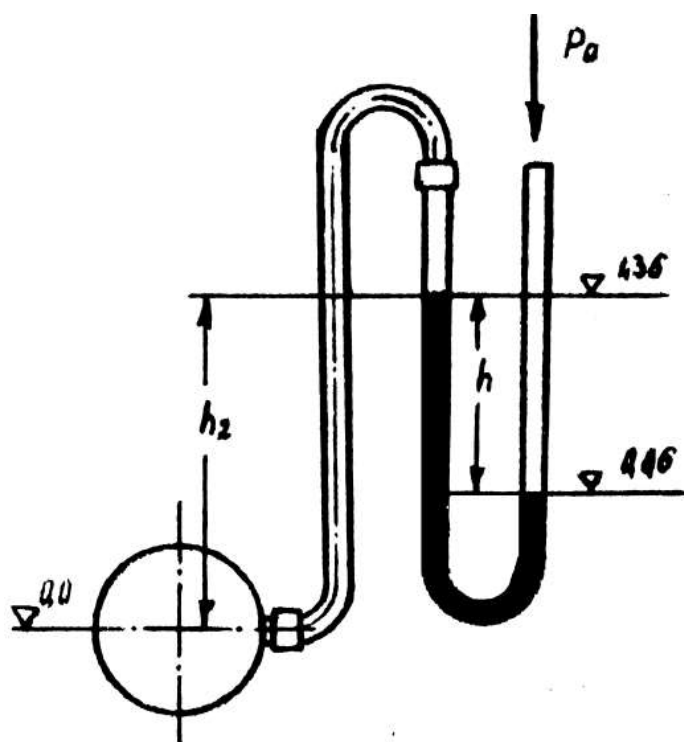
Сурет 1.3. / Рис. 1.3.



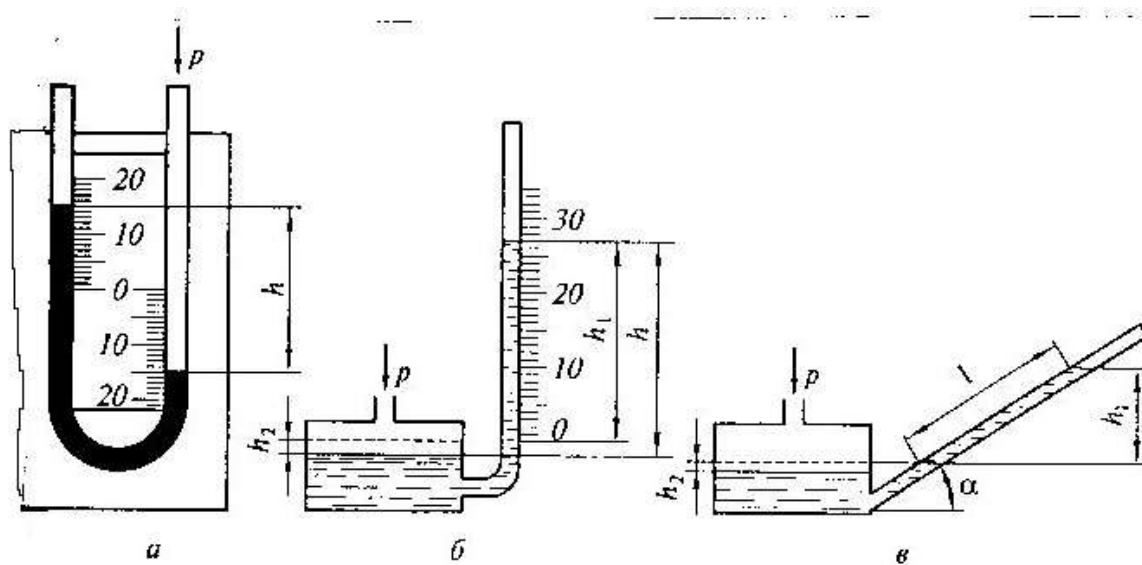
Сурет 1.4. / Рис. 1.4.



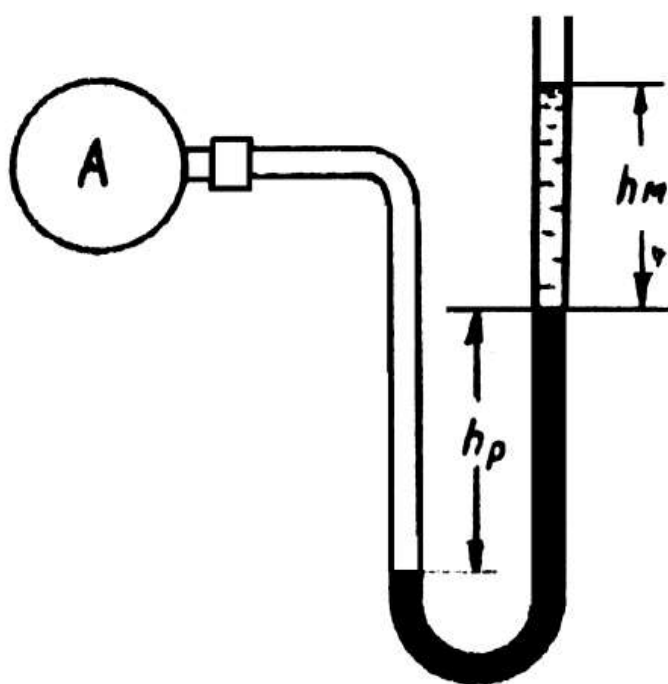
Сурет 1.5. / Рис. 1.5.



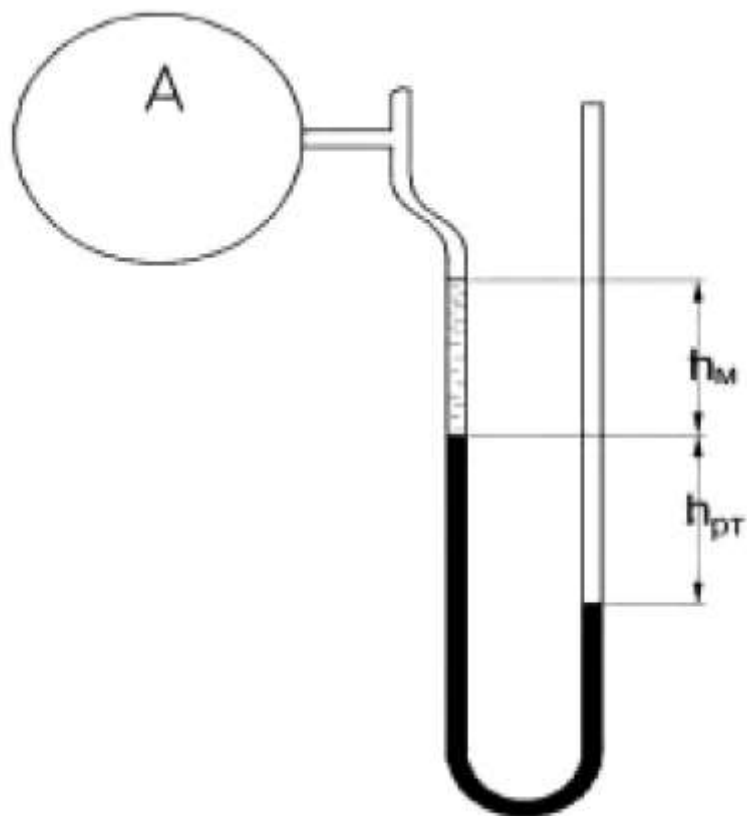
Сурет 1.6. / Рис. 1.6.



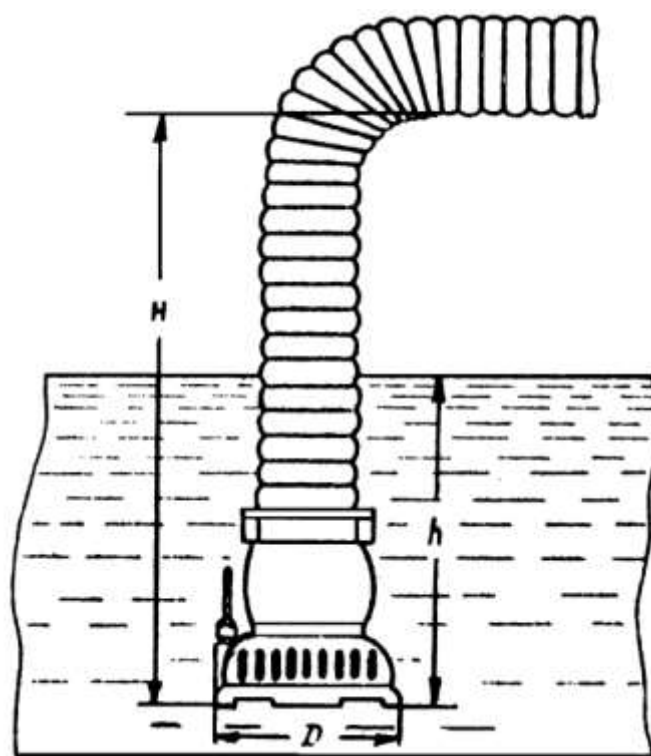
Сурет 1.7. / Рис. 1.7.



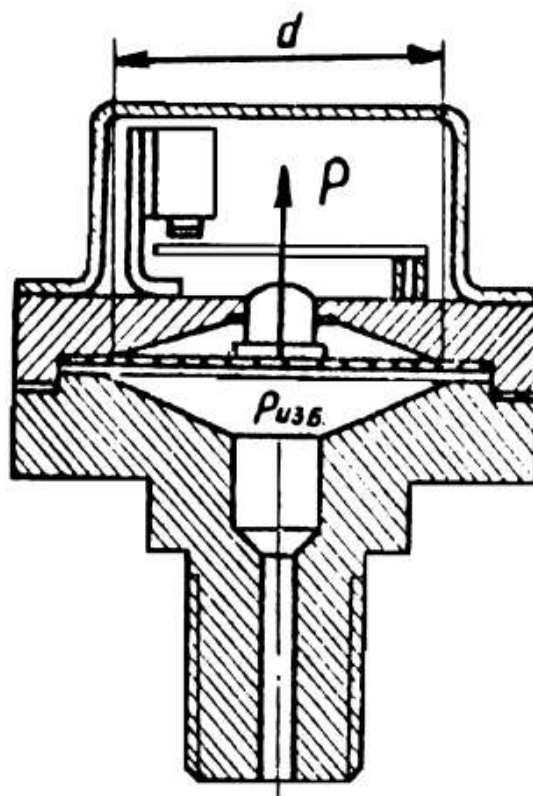
Сурет 1.8. / Рис. 1.8.



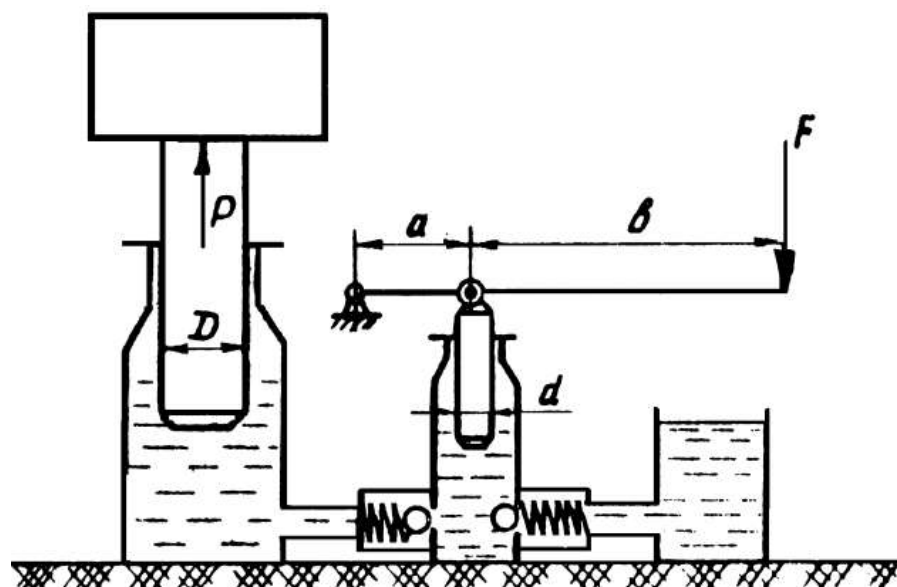
Сурет 1.9. / Рис. 1.9.



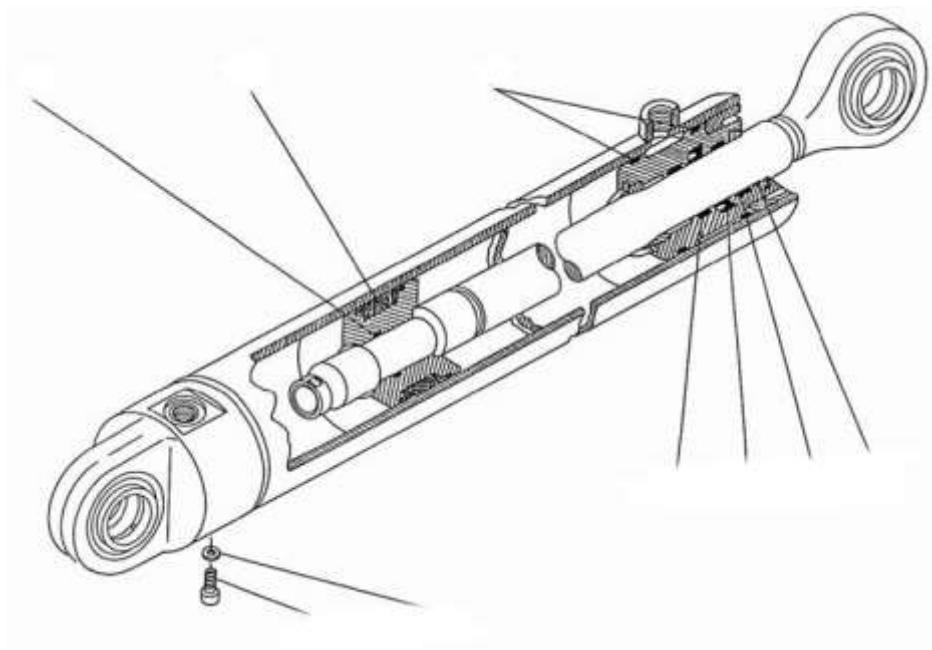
Сурет 1.10. / Рис. 1.10.



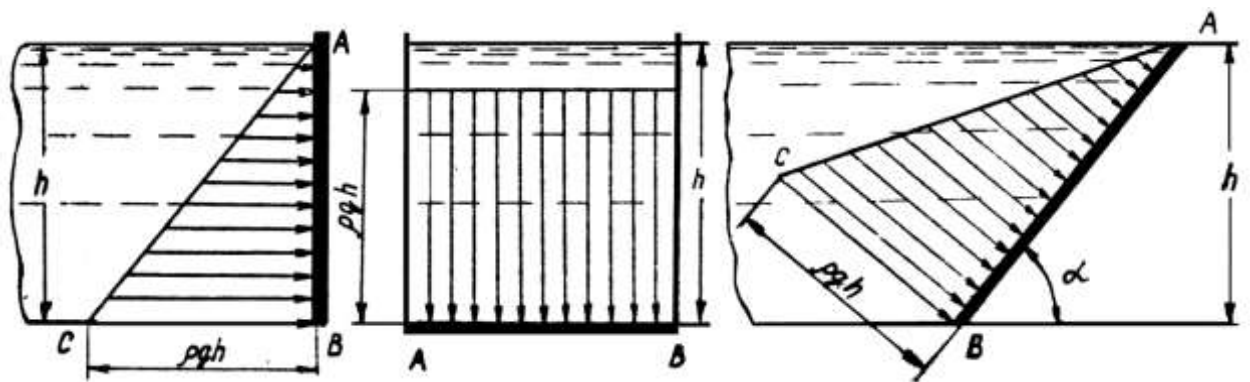
Сурет 1.11. / Рис. 1.11.



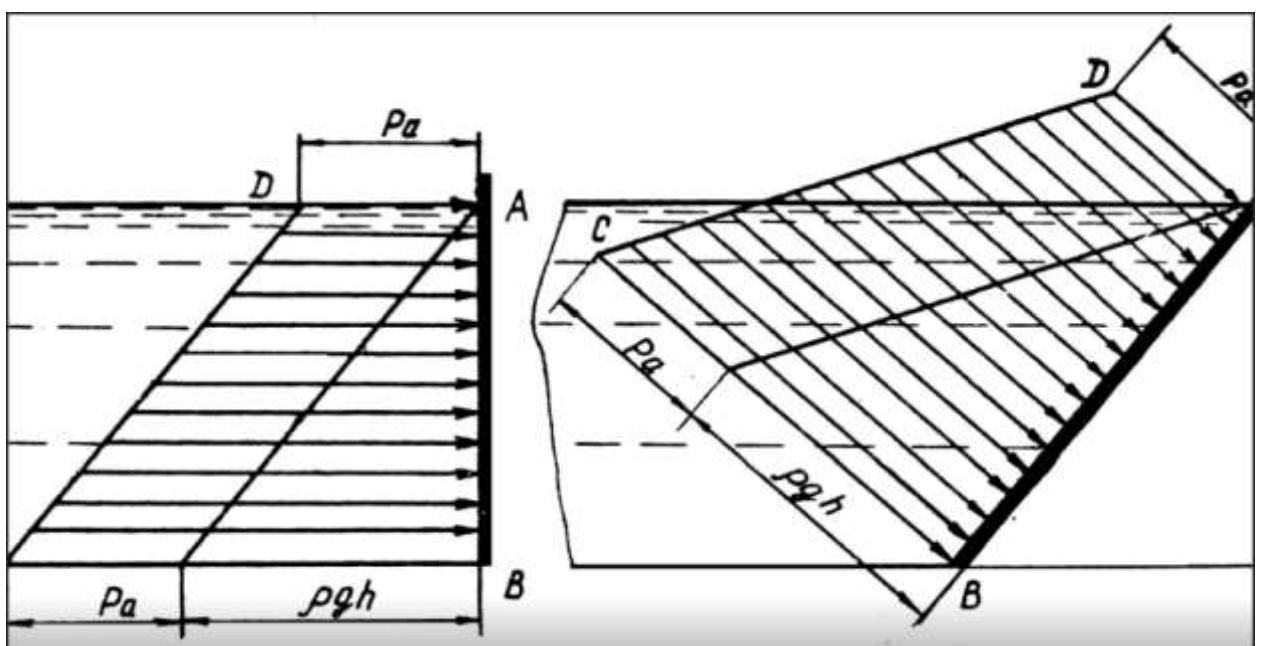
Сурет 1.12. / Рис. 1.12.



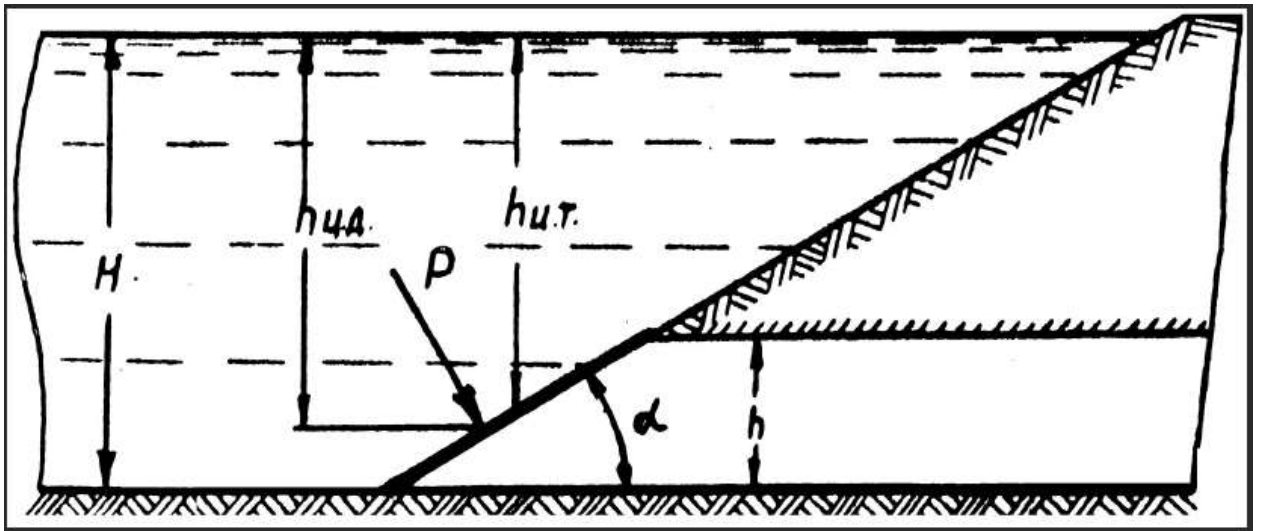
Сурет 1.13. / Рис. 1.13.



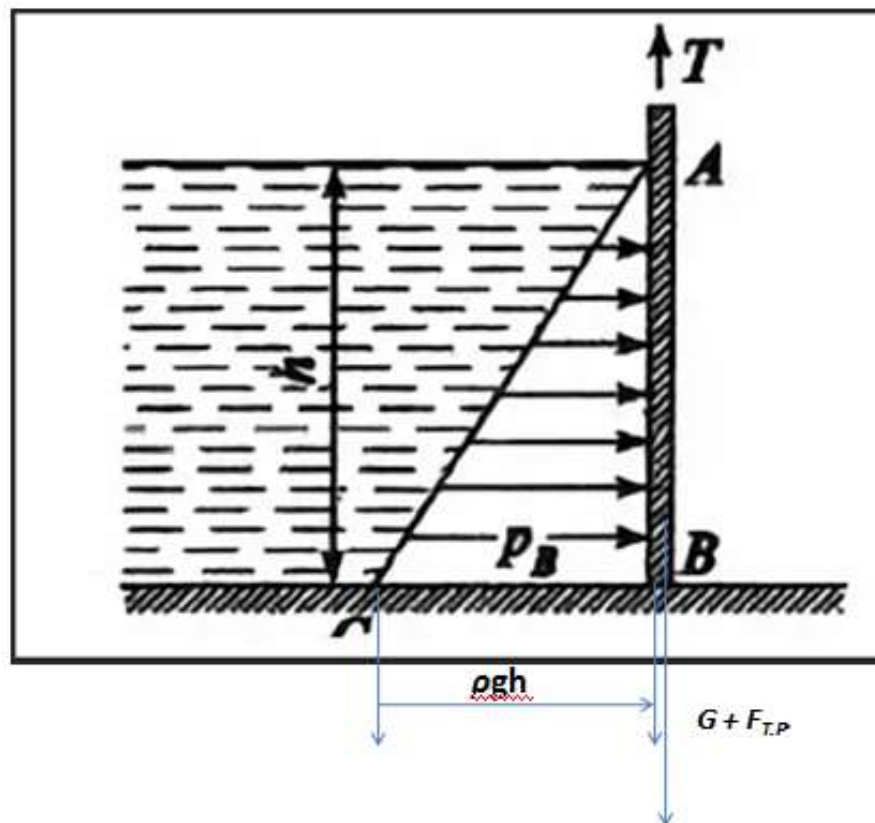
Сурет 1.14. / Рис. 1.14.



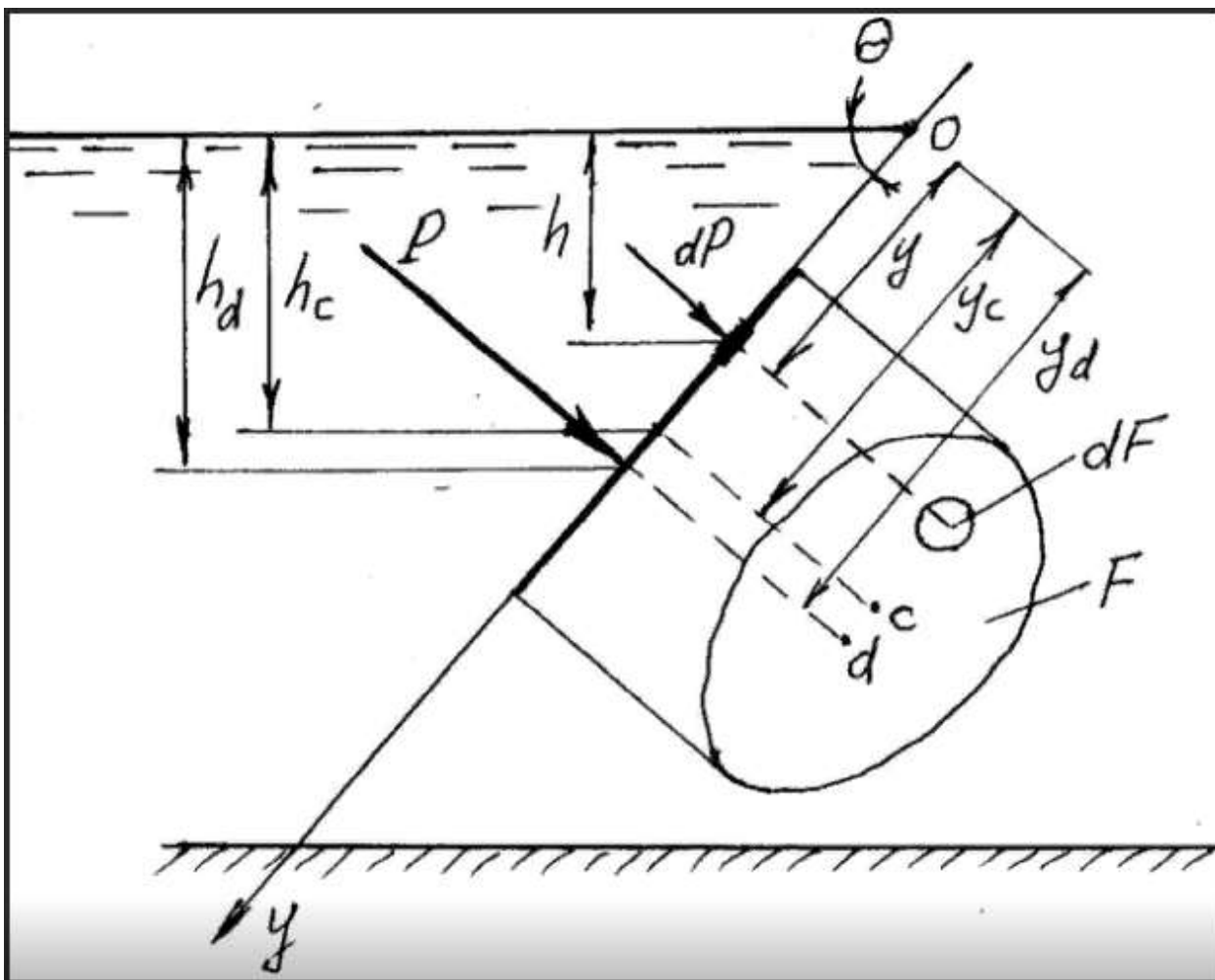
Сурет 1.15. / Рис. 1.15.



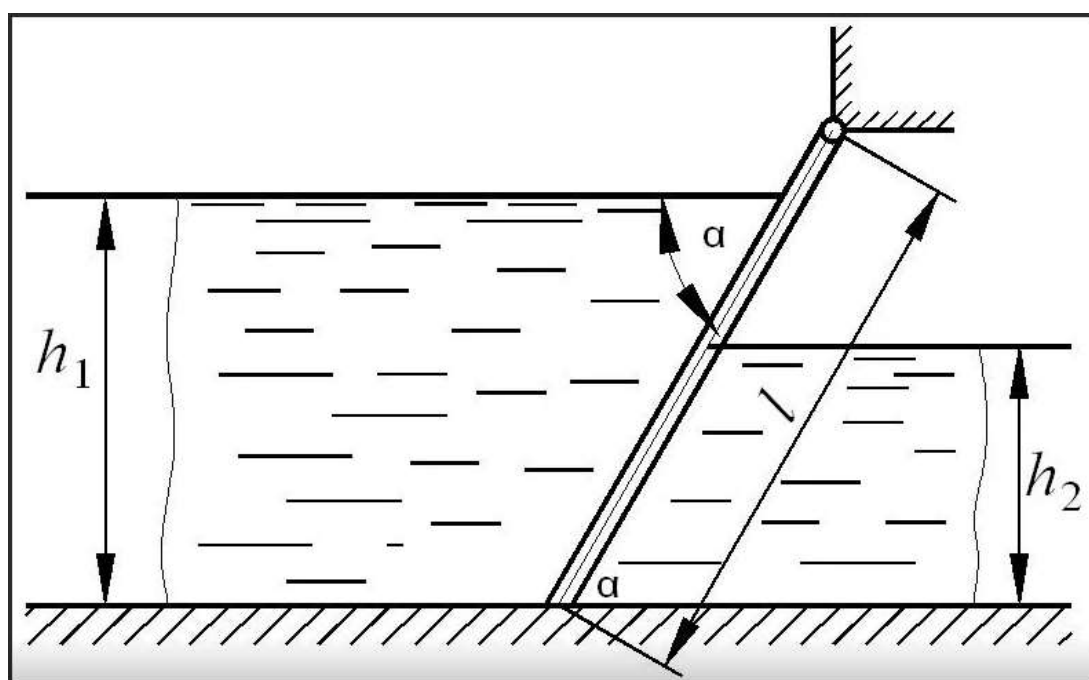
Сурет 1.18. / Рис. 1.18.



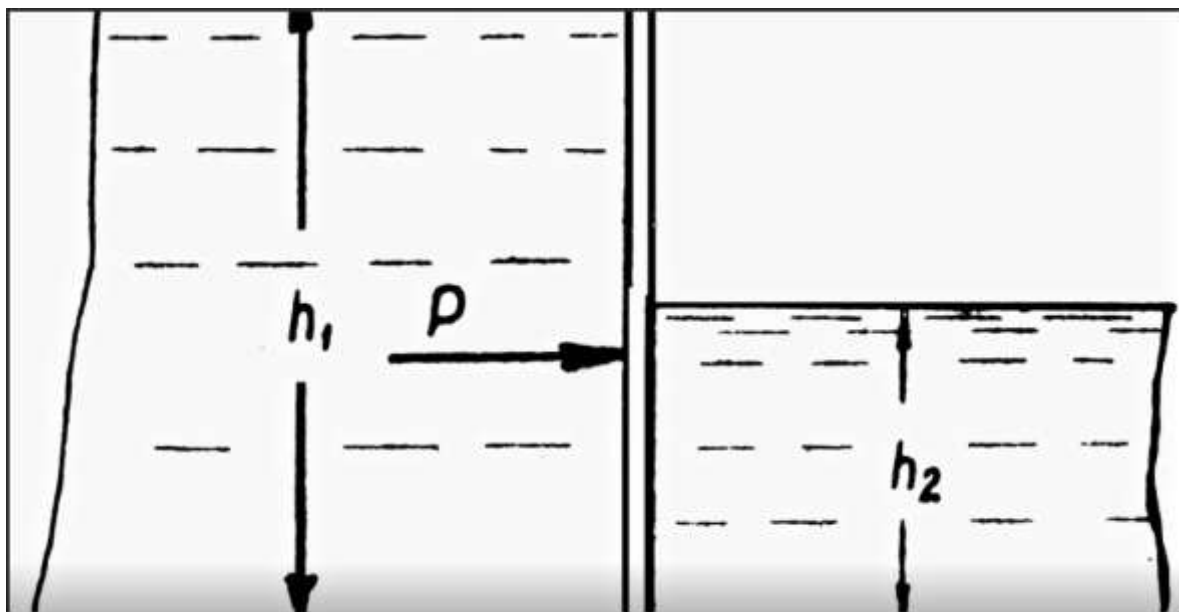
Сурет 1.19. / Рис. 1.19.



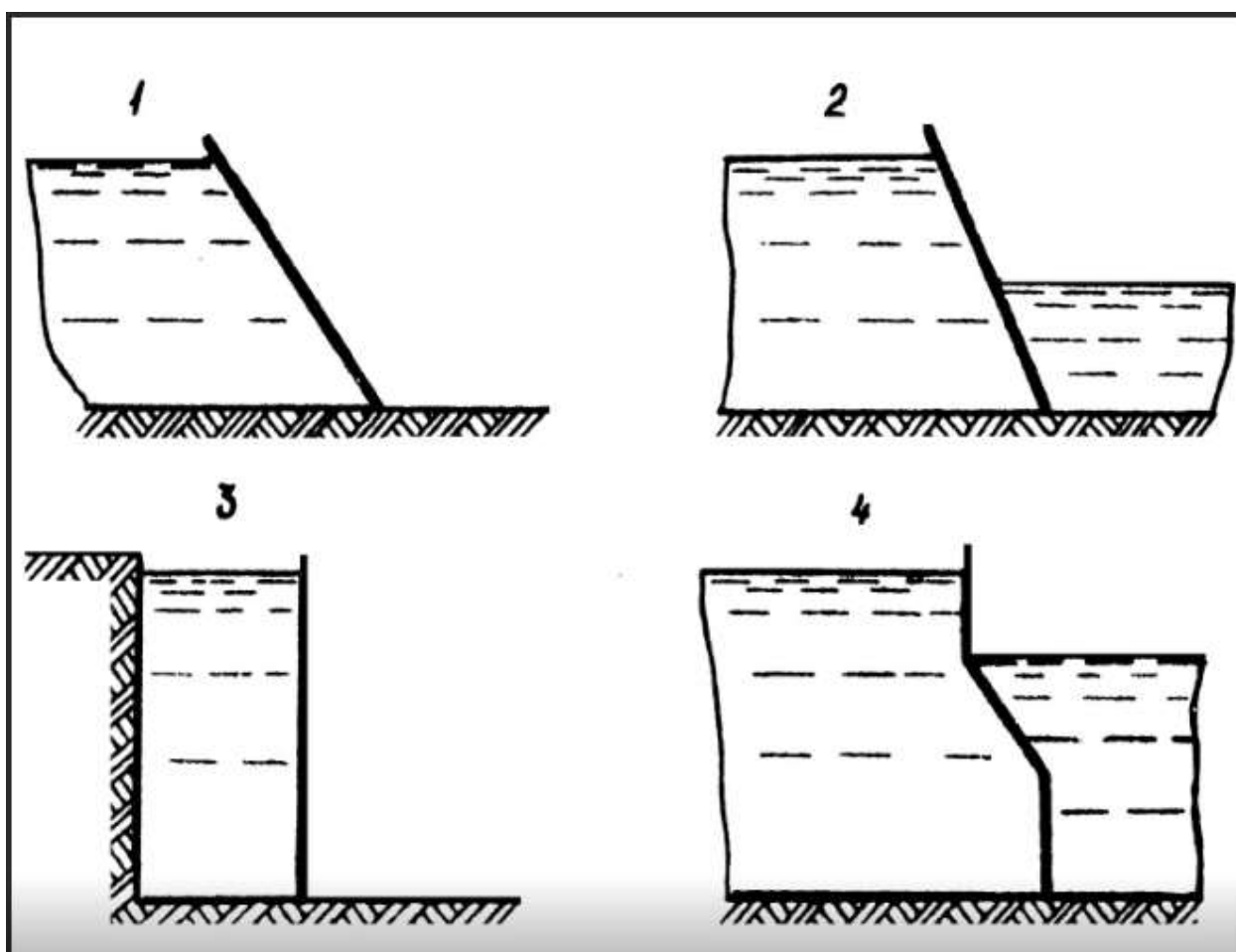
Сурет 1.20. / Рис. 1.20.



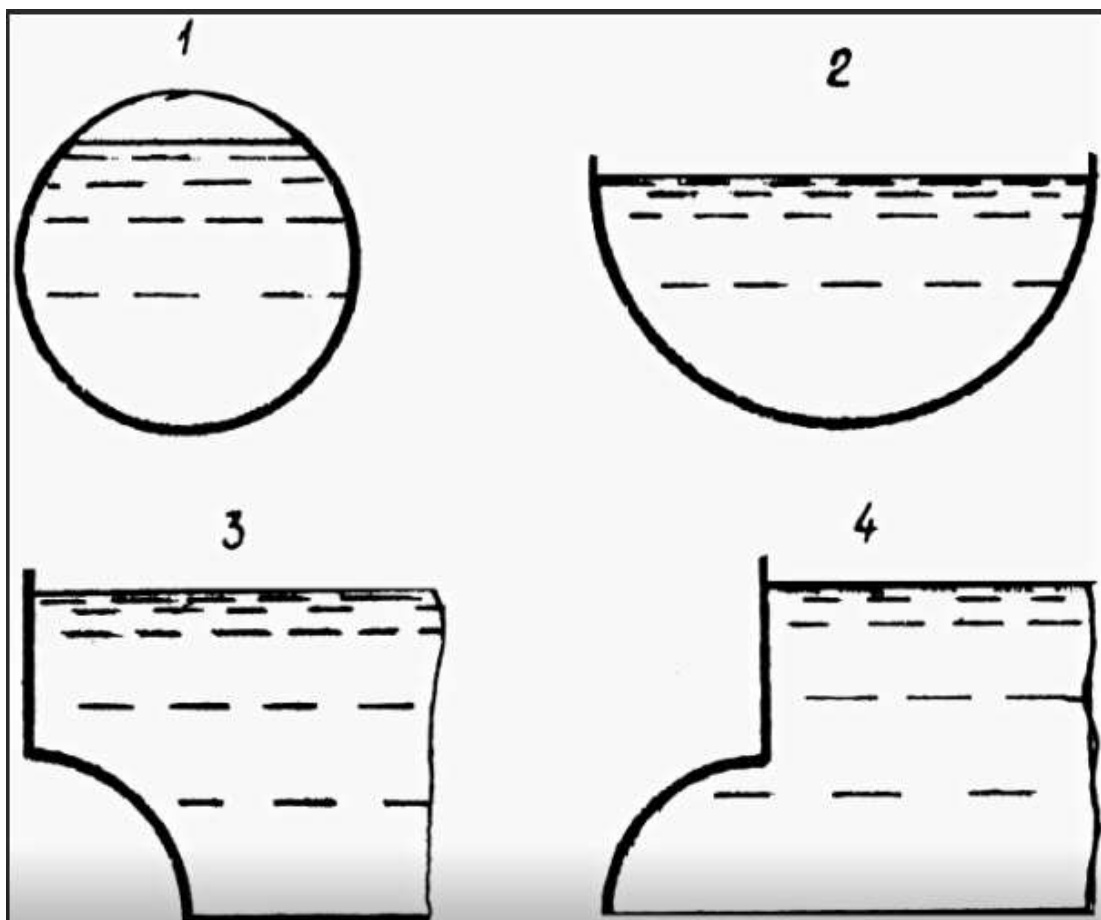
Сурет 1.21. / Рис. 1.21.



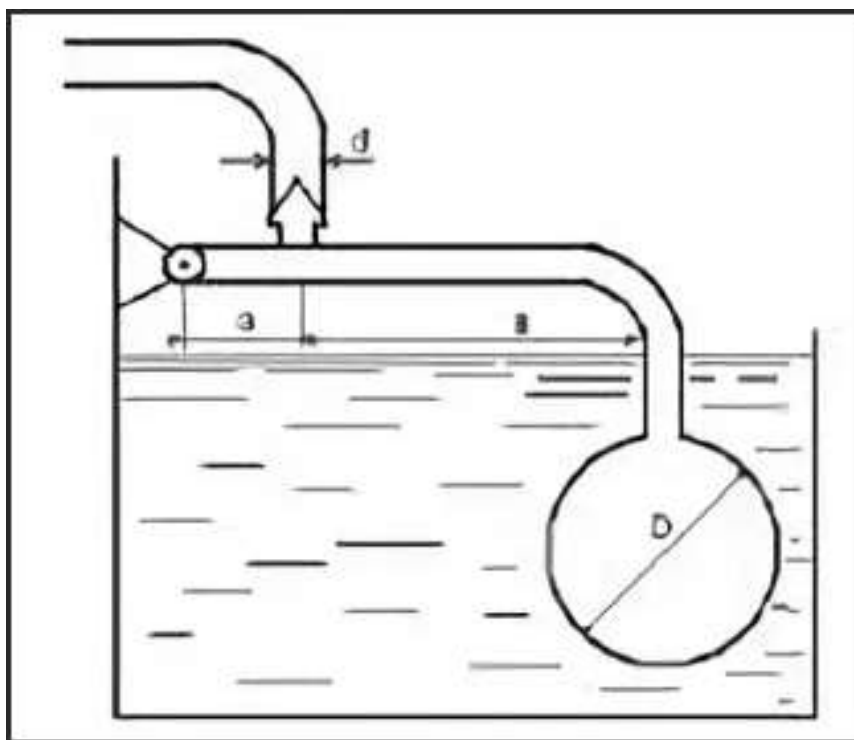
Сурет 1.22. / Рис. 1.22.



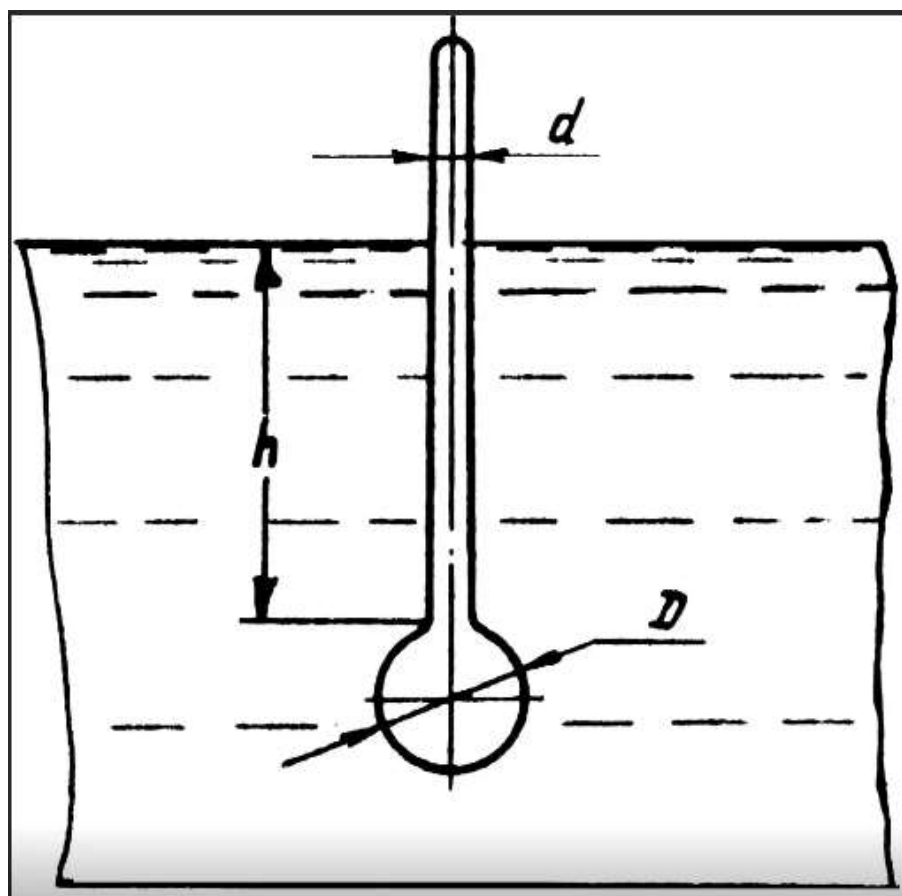
Сурет 1.23. / Рис. 1.23.



Сурет 1.24. / Рис. 1.24.



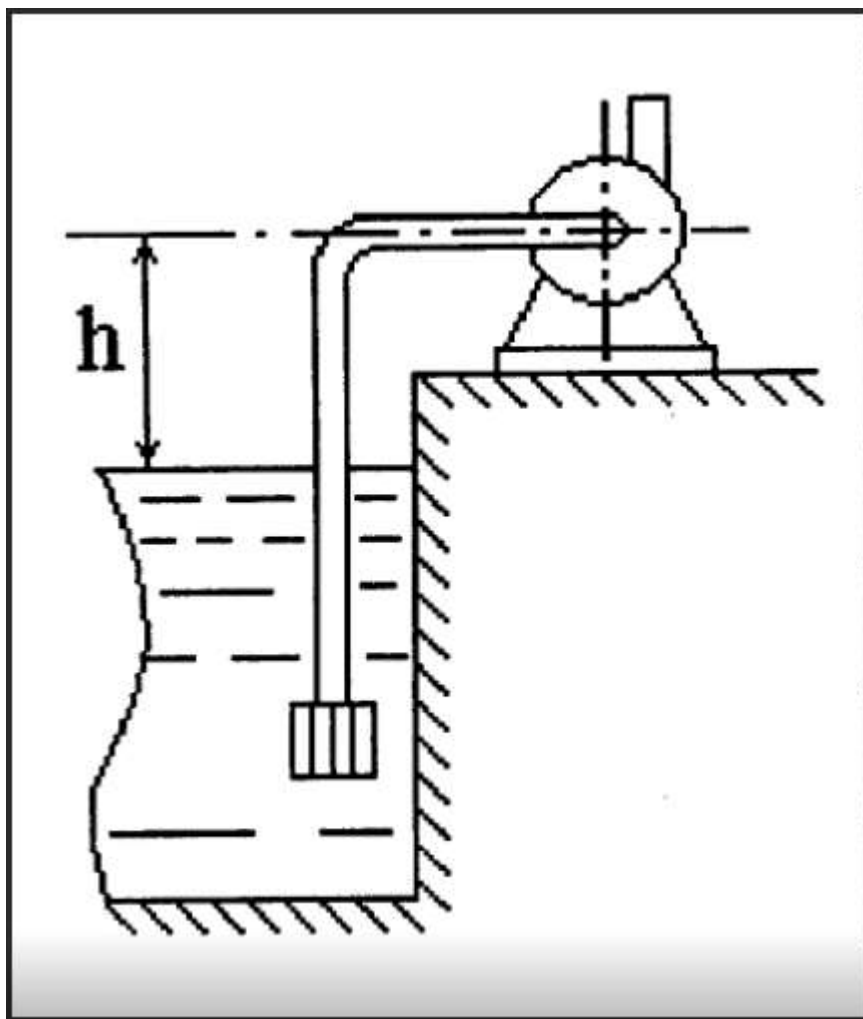
Сурет 1.25. / Рис. 1.25.



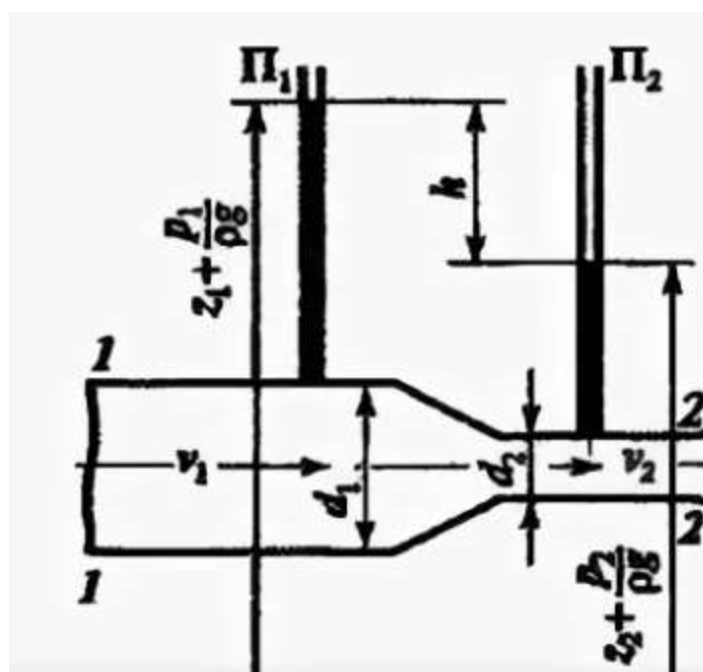
Сурет 1.26. / Рис. 1.26.



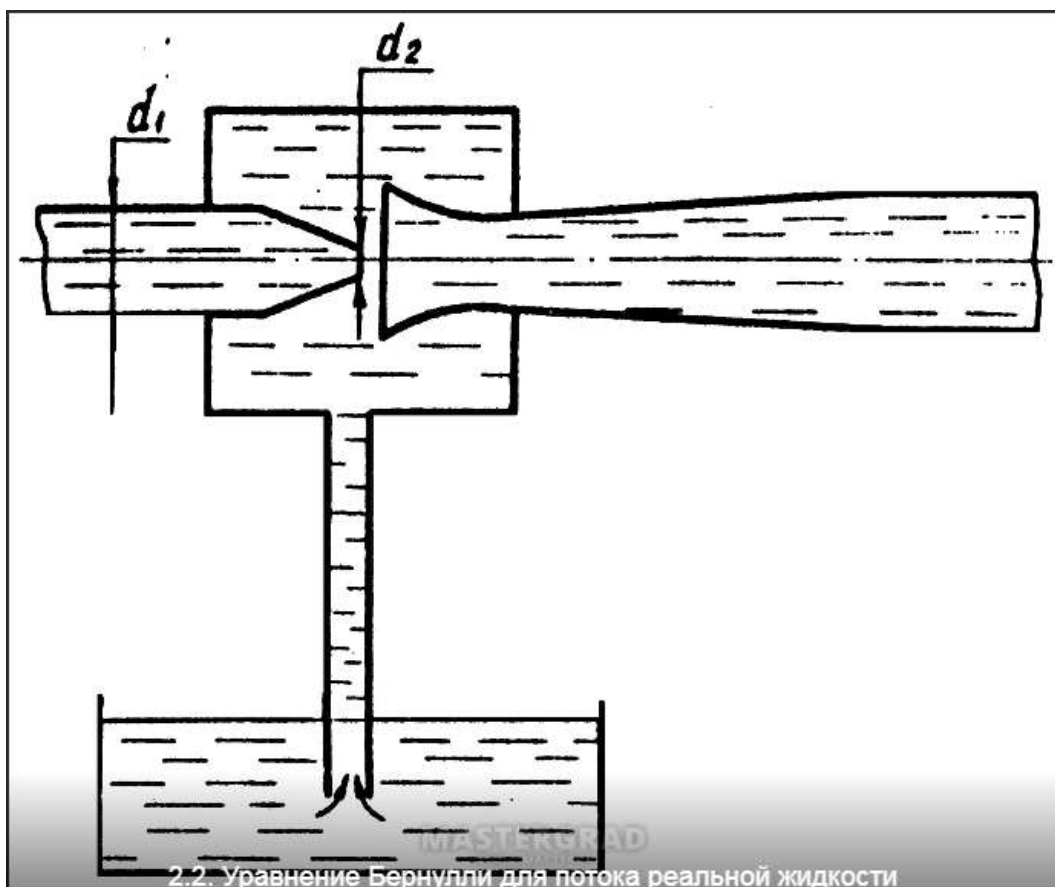
Сурет 2.1. / Рис. 2.1.



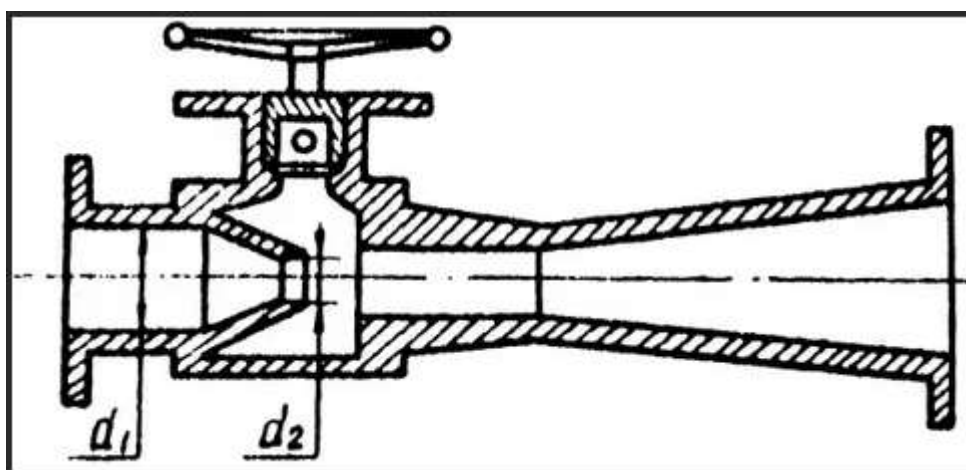
Сурет 2.2. / Рис. 2.2.



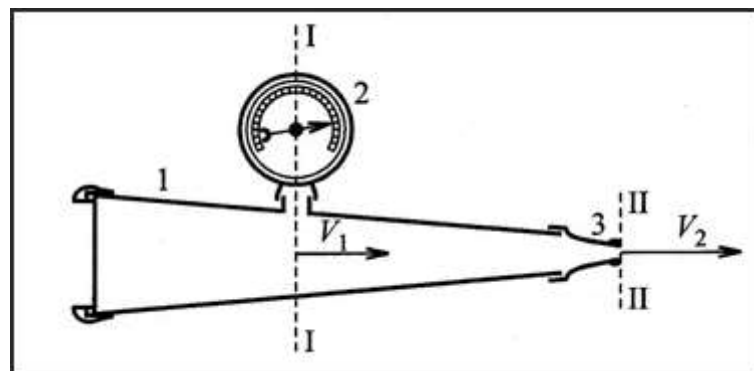
Сурет 2.3. / Рис. 2.3.



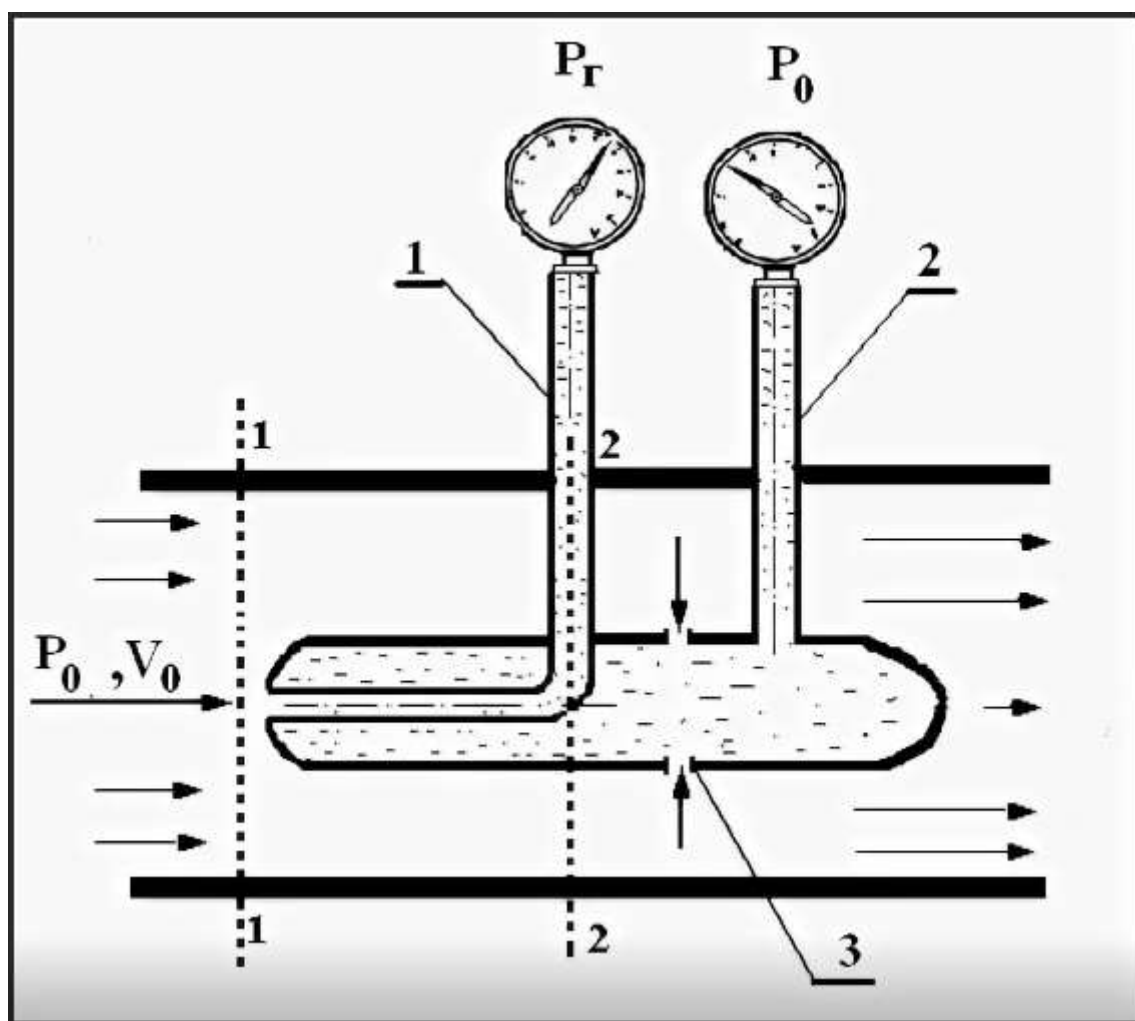
Сурет 2.4. / Рис. 2.4.



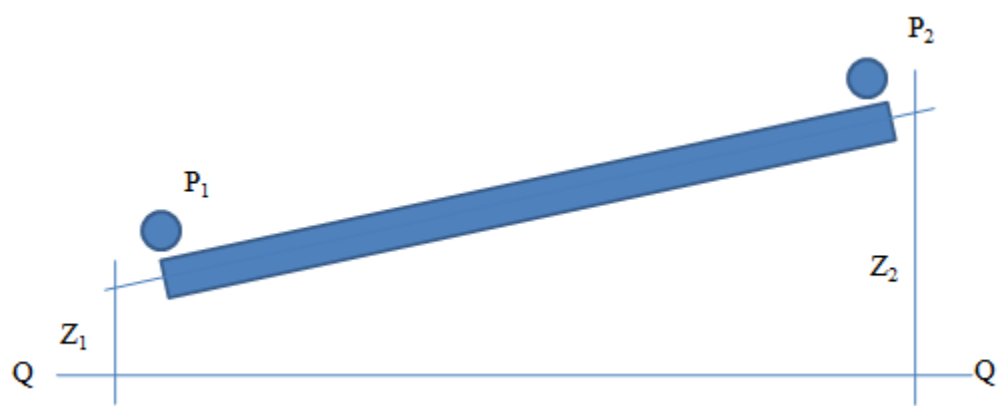
Сурет 2.5. / Рис. 2.5.



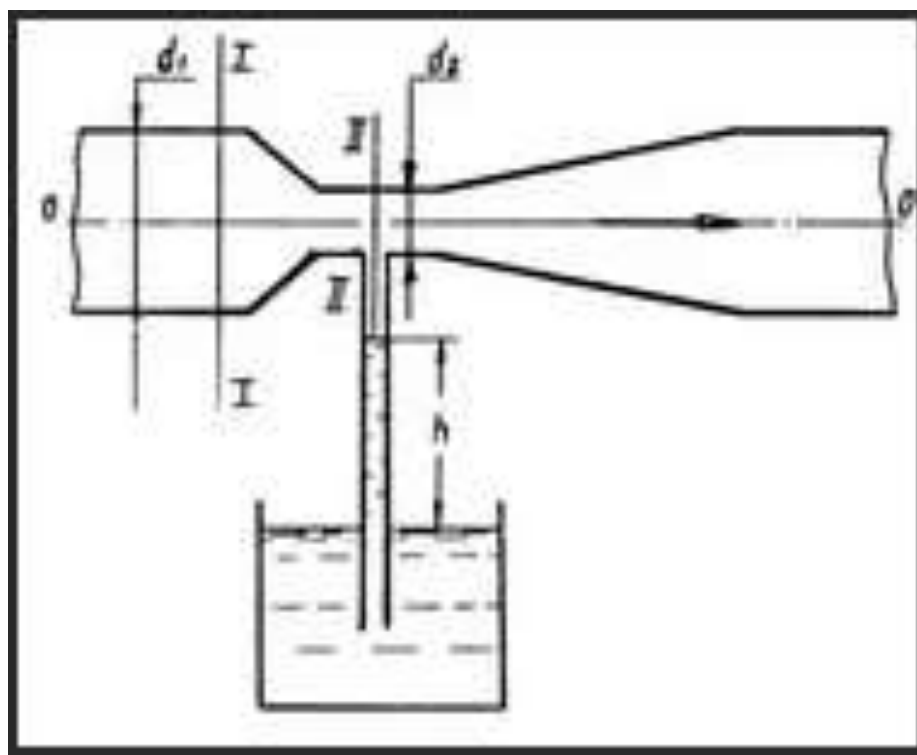
Сурет 2.6. / Рис. 2.6.



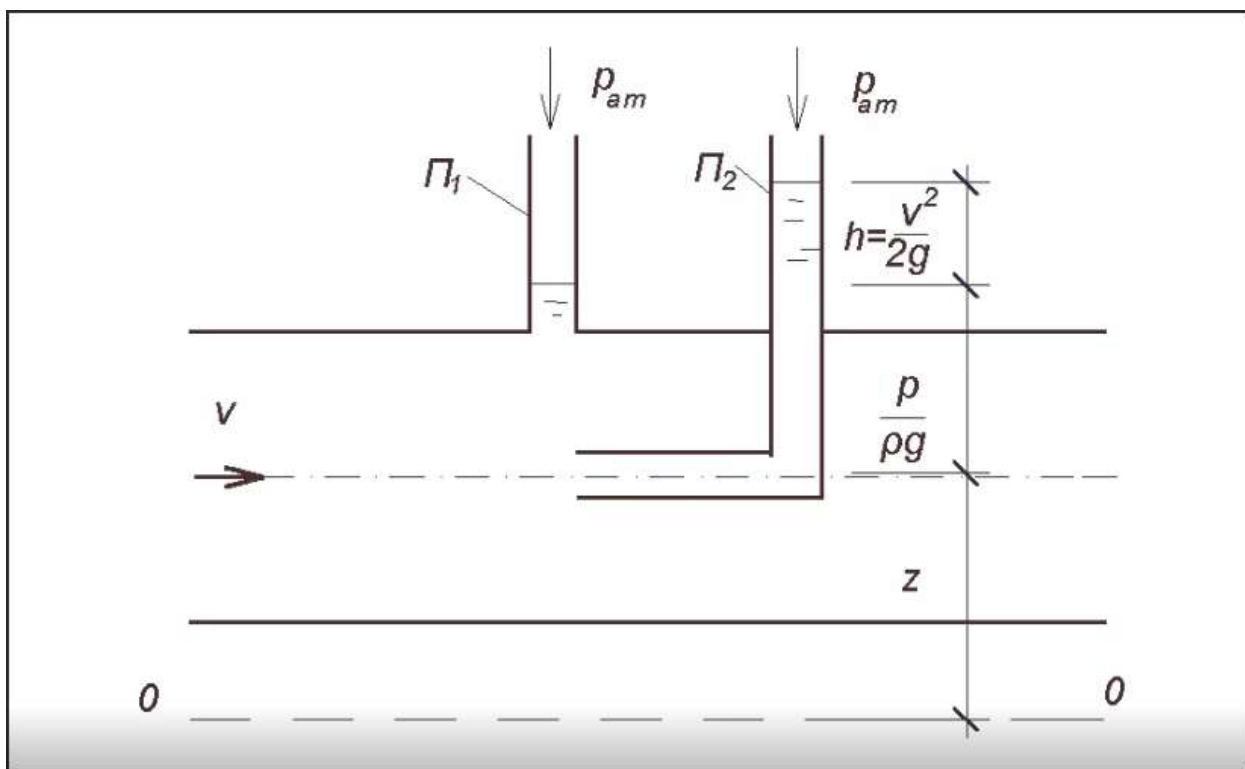
Сурет 2.7. / Рис. 2.7.



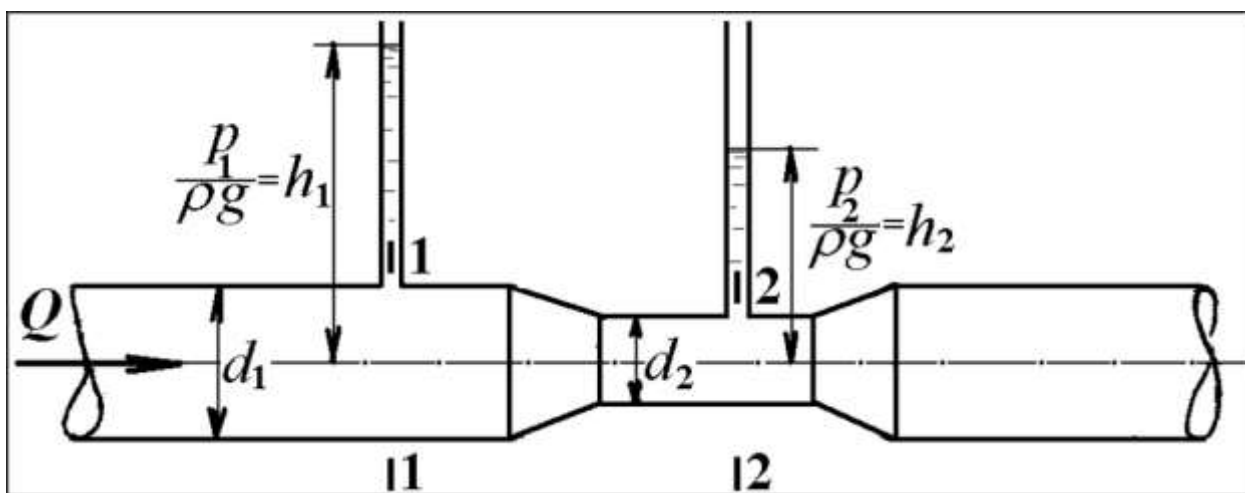
Сурет 2.8. / Рис. 2.8.



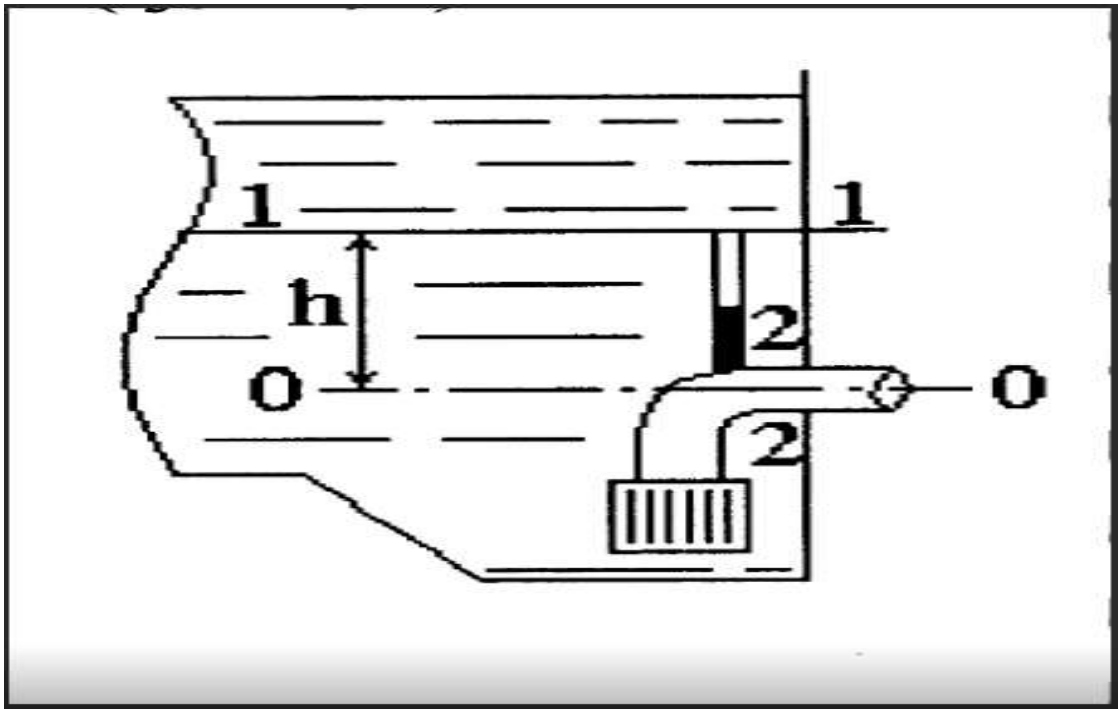
Сурет 2.9. / Рис. 2.9.



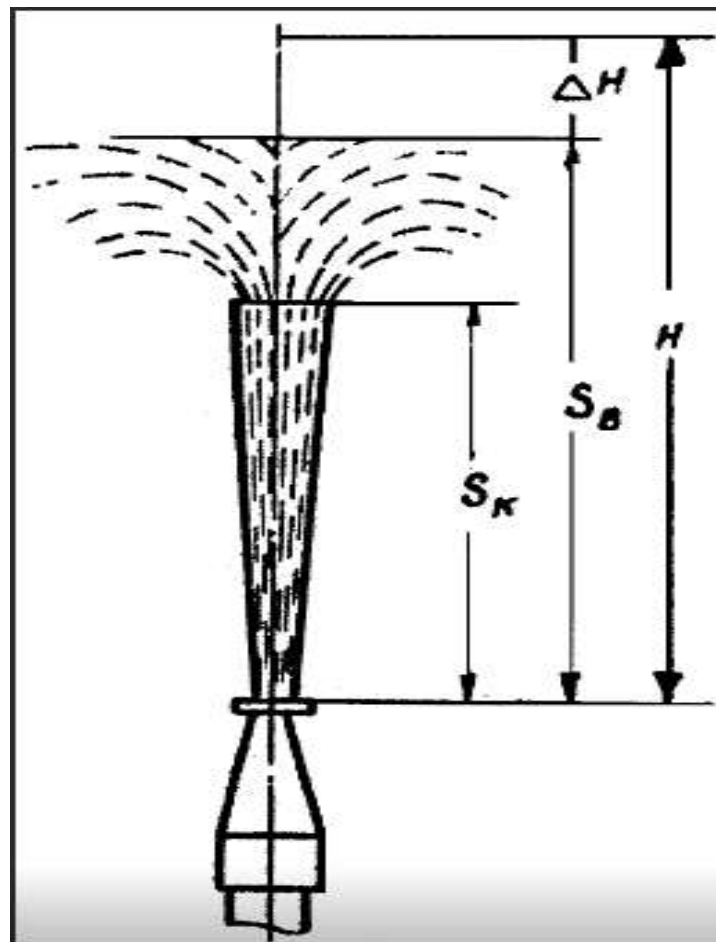
Сурет 2.10. / Рис. 2.10.



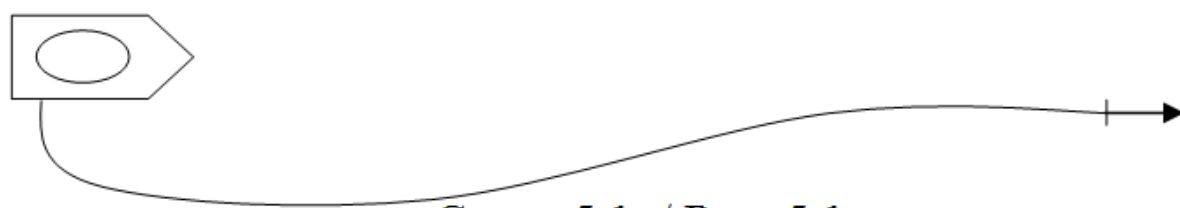
Сурет 2.11. / Рис. 2.11.



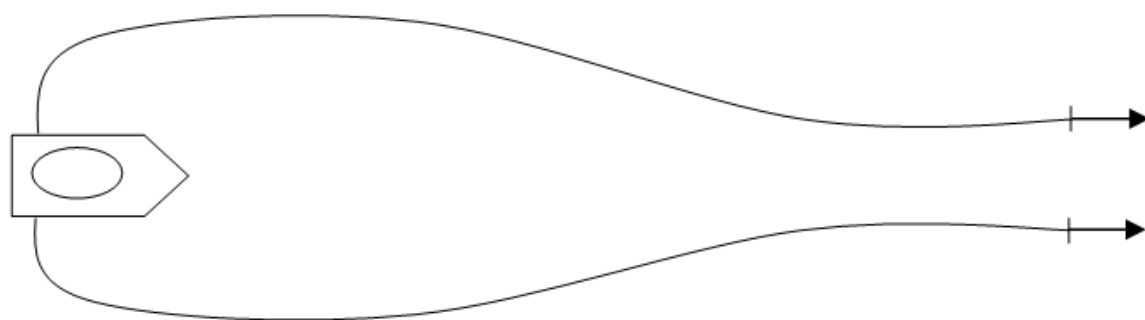
Сурет 3.1. / Рис. 3.1.



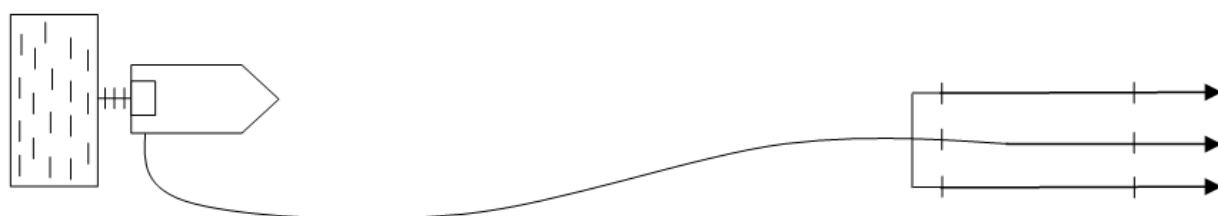
Сурет 4.1. / Рис. 4.1.



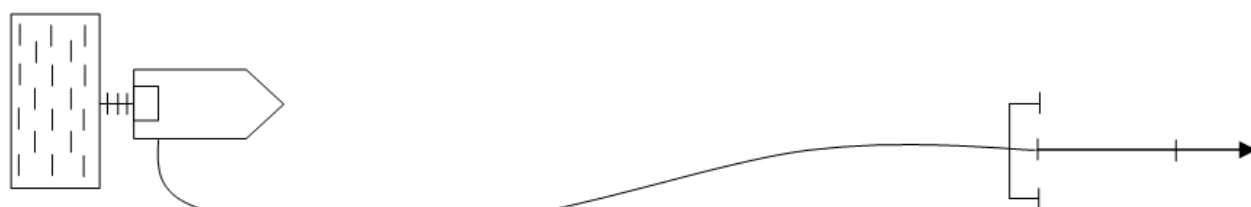
Сурет 5.1. / Рис. 5.1.



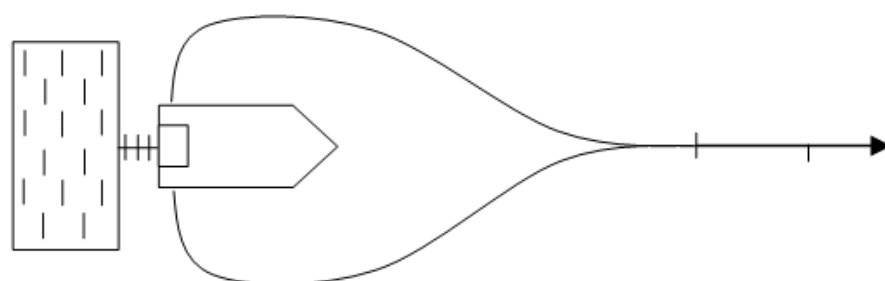
Сурет 5.2. / Рис. 5.2.



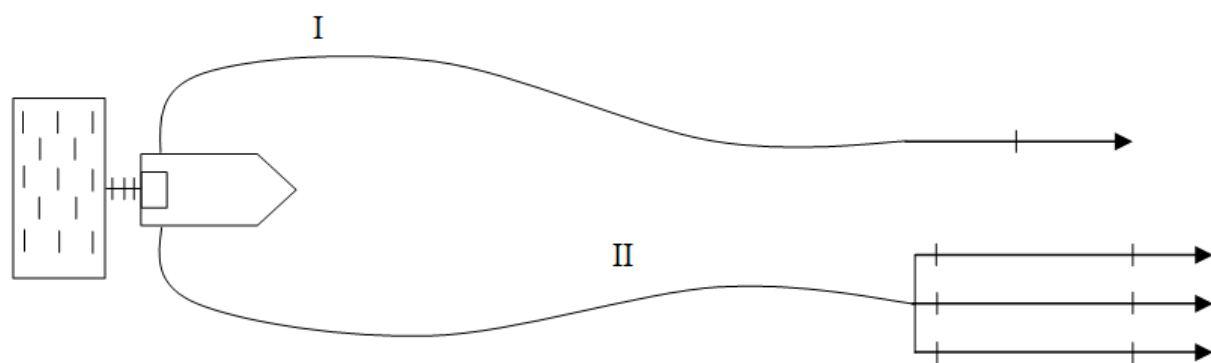
Сурет 5.3. / Рис. 5.3.



Сурет 5.4. / Рис. 5.4.



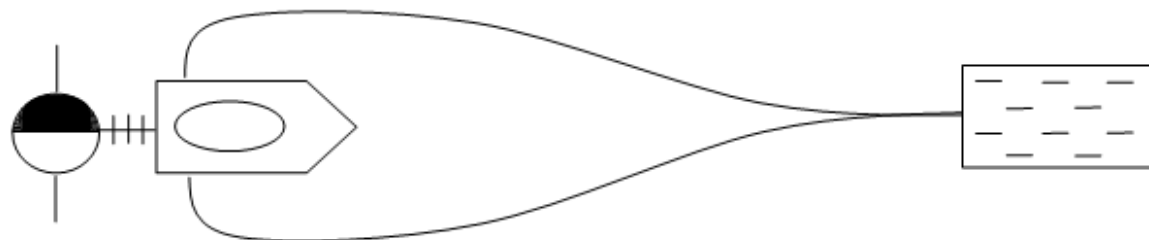
Сурет 5.5. / Рис. 5.5.



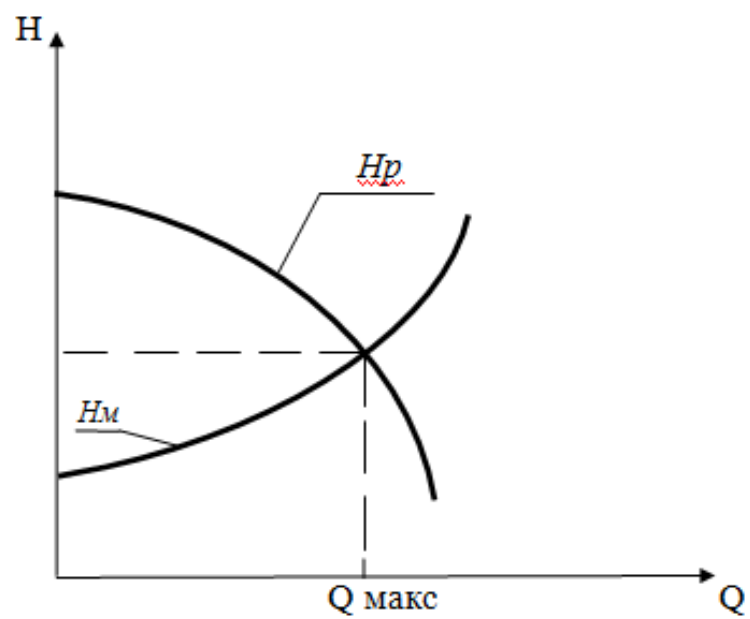
Сурет 5.6. / Рис. 5.6.



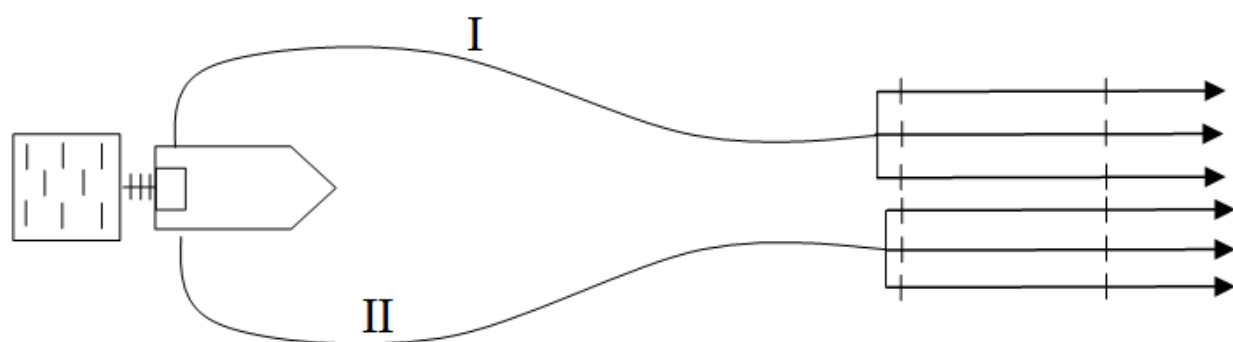
Сурет 5.7. / Рис. 5.7.



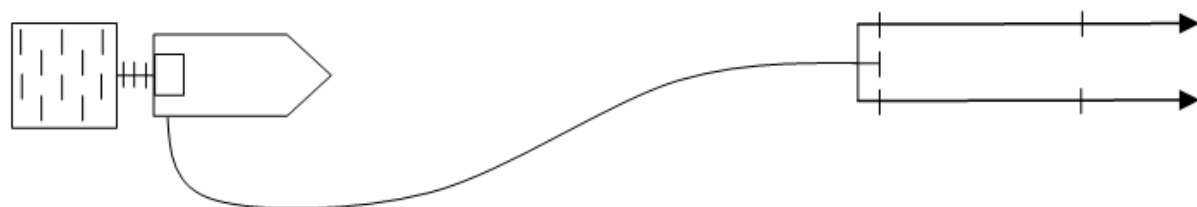
Сурет 5.8. / Рис. 5.8.



Сурет 5.9. / Рис. 5.9.



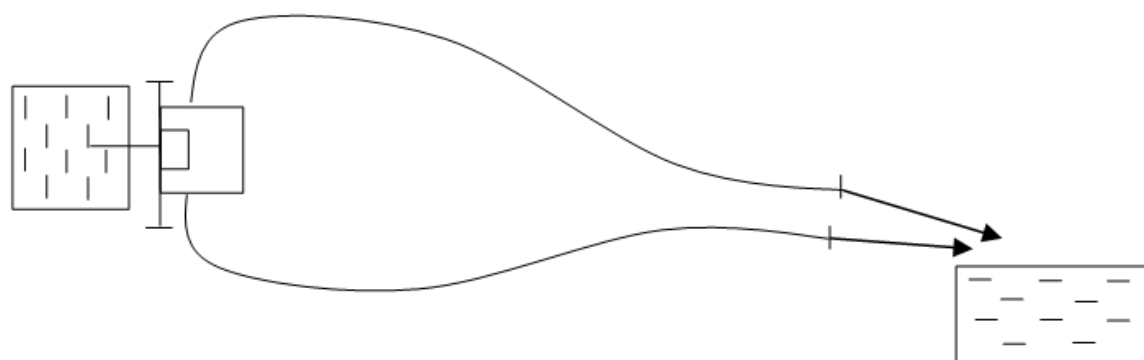
Сурет 5.10. / Рис. 5.10.



Сурет 5.11. / Рис. 5.11.



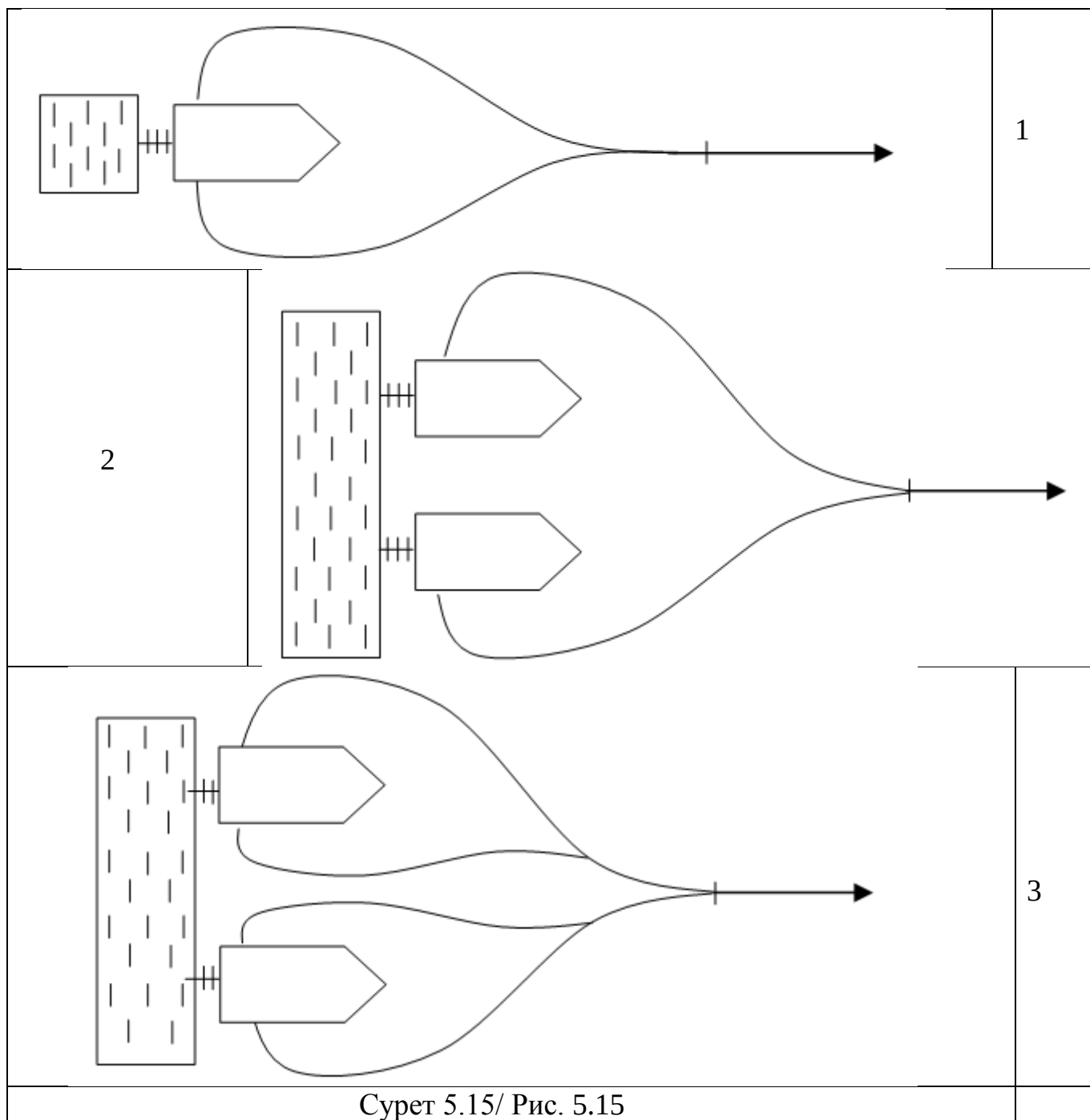
Сурет 5.12. / Рис. 5.12.

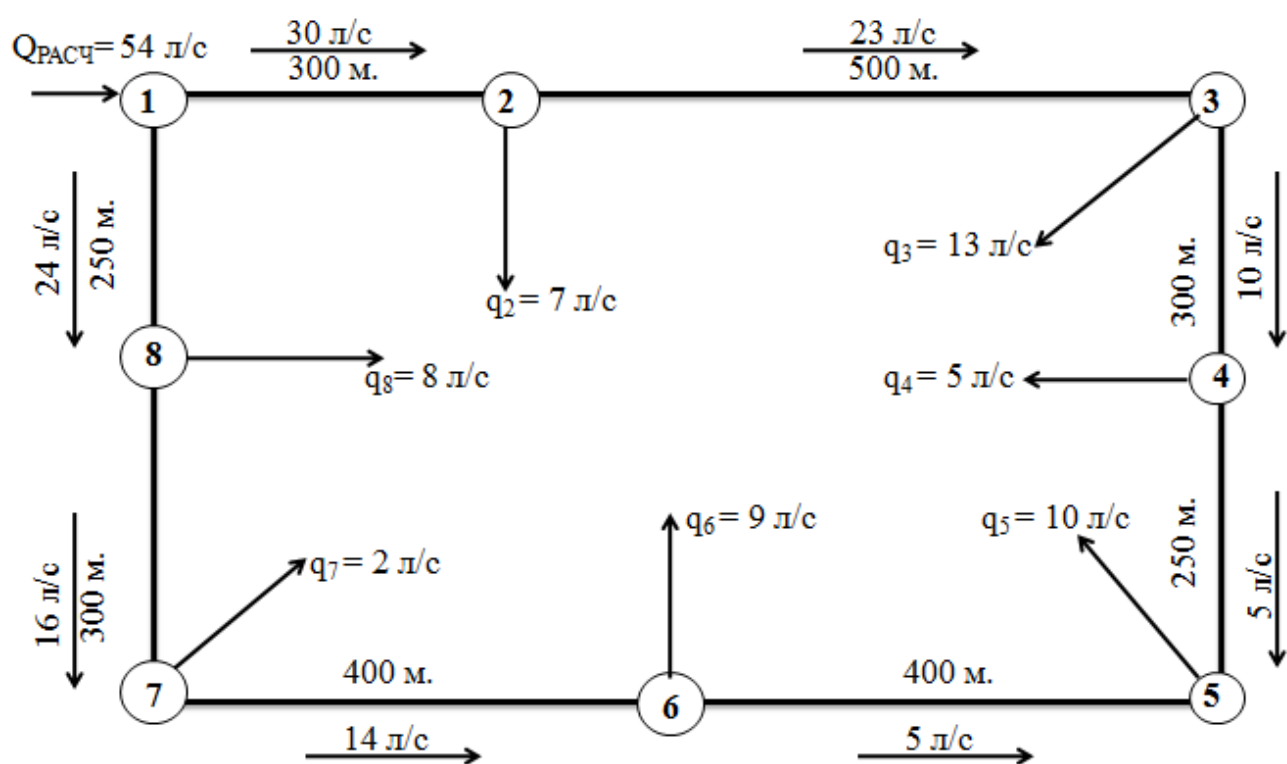


Сурет 5.13. / Рис. 5.13.

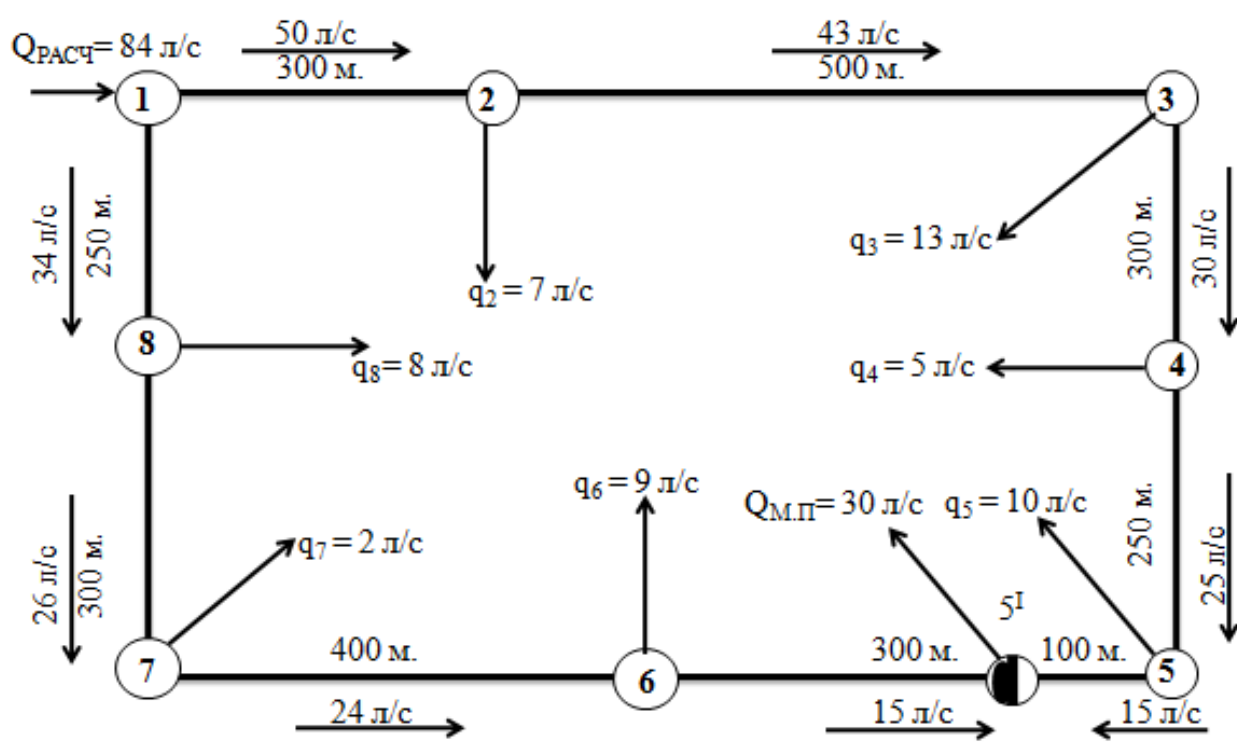


Сурет 5.14. / Рис. 5.14.





Сурет 6.1. / Рис. 6.1.



Сурет 6.2. / Рис. 6.2.

Әдебиеттер тізімі / Список литературы

1. Качалов А.А., Воротынцев Ю.П., Власов А.В. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1985.
2. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. /Под ред. Ю.А. Кошмарова. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985.
3. Сборник задач по курсу «Противопожарное водоснабжение» Ю.Г. Баскин, А.И. Белявцев.
4. СН РК 4.01-03-2013. Наружные сети и сооружения водоснабжения и водоотведения.
5. СН РК 4.01-01-2011. Внутренний водопровод и канализация зданий и сооружений.
6. Мальцев Е.Д. гидравлика и противопожарное водоснабжение. – М.: ВИПТШ МВД СССР.
7. ГОСТ 539-80. Трубы и муфты асбестоцементные напорные. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
8. ГОСТ 12586-74. Трубы железобетонные напорные. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
9. ГОСТ 16953-78. Трубы железобетонные напорные центрифугированные. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
10. ГОСТ 18599-83. Трубы напорные из полиэтилена. - М.: Изд-во стандартов, 1986.
11. ГОСТ 8894-77. Трубы стеклянные и фасонные части к ним. М.: Изд-во стандартов, 1979.
12. ГОСТ 9583-75. Трубы чугунные напорные, изготовленные методами центробежного и полунепрерывного литья. М.: Изд-во стандартов, 1977.
13. ГОСТ 21053-75 Трубы чугунные напорные со стыковым соединением под резиновые уплотнительные манжеты. М.: Изд-во стандартов, 1977.
14. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. –М.: Стройиздат, 1984.
15. ГОСТ 22247-76Е. Насосы центробежные консольные общего назначения для воды. Технические условия. –М.: Изд-во стандартов, 1982.
16. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. –М.: Стройиздат 1990.
17. Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности» Республики Казахстан.

**Құсайынов Азамат Нұрмұқанұлы
Капбаров Еркін Ермекұлы**

СПЕЦИАЛЬНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

СБОРНИК ЗАДАЧ

Для изучения дисциплины курсантам очной и
заочной формы обучения

специальность **5В100100** – «Пожарная безопасность»

