



**Коммерциялық емес  
акционерлік  
қоғам**

**АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

**Жылуэнергетикалық  
қондырғылар кафедрасы**

## **ЖЫЛУЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРІ**

**5В071800 – Электр энергетикасы  
мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы**

Алматы 2018

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: И.Б.Бақытжанов, С.С.Сабаншиева, Д.Т. Муканова.  
Жылуландыру және жылулық желілері. 5B071800 - Электр энергетикасы мамандығының  
студенттері үшін дәрістер жинағы. Алматы: АЭЖБУ, 2018. - 69 бет.

Дәрістер жинағында жылуландырудың энергетикалық негіздері мен жылуландырудың тиімділігі, жылу өндіретін орталықтары мен қондырғылары және олардың жылу сұлбалары, жылулық желілерінің құрылымы мен жабдықтары қарастырылған. Жылулық желілердің жылу және гидравликалық есебі, жүктемесін реттеу және техника-экономикалық көрсеткіштерін есептеу тәсілдері келтірілген.

Дәрістер жинағы 5B071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған.

Без. 39, әдеб. көрсеткіші.- 5 атау.

Пікір жазған: Абильдинова С.К.

"Алматы энергетика және байланыс университетінің" коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2008 ж. қосымша жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті»КЕАҚ, 2018 ж.

## Мазмұны

Дәріс №1	Жылуландыру және жылулық желілерінің негіздері.....	3
Дәріс№2	Жылуландырудың энергетикалық тиімділігін анықтау.....	5
Дәріс№3	Бу турбиналы жылу электр орталығындағы жылуландыру арқылы жұмсалған отын шығысының нақты үнемін табу.....	11
Дәріс№4	<u>Қалалар мен өндіріс орындарының жылу тұтынуы.....</u>	13
Дәріс№5	Жылдық жылу жүктемелері мен жүктемелердің графигі.....	15
Дәріс№6	Жылумен қамтамасыз ету жүйелері.....	16
Дәріс№7	Жылу жүктеме мөлшерін ортадан реттеу.....	20
Дәріс№8	Жылу желінің гидравликалық есептеуі.....	22
Дәріс№9	Жылулық желілерінің гидравликалық жұмыс тәртібі.....	28
Дәріс№10	Жылу электр орталықтарының жылуландыру жабдықтары...	31
Дәріс№11	Жылуландыру пункттерінің жабдықтары.....	36
Дәріс№12	Жылу желілерінің қондырғылары.....	40
Дәріс№13	Жылу желі құбырларын орналастыру тәсілдері.....	49
Дәріс№14	Жылу желілерінің жылулық есебі.....	55
Дәріс№15	Жылулық желілерін пайдалану негіздері.....	62
Дәріс№16	Жылумен қамтамасыз ететін жүйелерінің техника-экономикалық көрсеткіштерін есептеу.....	64
Әдебиеттер тізімі.....		67

## Кіріспе

Жылуландыру арқылы бір жерден электр энергия мен жылуды өндіру тиімді болады. Жылуландыру арқылы энергияны тиімді пайдаланудың екі қағидасы орындалады: ЖЭО жылу мен электр энергиясын қатар өндіру; бір ортадан жылумен қамтамасыз ету.

Қазіргі жылу электр станцияларында электр энергиясы екі тәсілмен өндіріледі: конденсатты; регенерациямен конденсатты жылыту арқылы ішкі жылуландыру деп айтуға болады. Жылу электр станциясы (ЖЭС) мен жылу электр орталығының (ЖЭО) айырмашылығы – ЖЭС-та таза конденсатты тәсілімен өндірілетін электр энергиясының мөлшері көп болғаны.

Жылу электр орталығында электр энергия жылумен бірге және жылудан бөлек өндіріледі. Электр энергия жылумен бірге өндірілген кезде отын жылуы тиімді пайдаланылады да, отын шығысы төмен болады. Егер электр энергия жылудан бөлек өндірілетін болса, отын жылуы толық пайдаланылмайды да, отын шығысы жоғары болады. Сондықтан ЖЭО жұмысының тиімділігін жоғарылату үшін электр энергияны жылумен бірге өндірген дұрыс.

Осы курста жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің түрлері, ЖЭО-ның жылуландыру жабдықтары қарастырылады. Жылу көздерінің құрылым сұлбалары және жылу желілерінің жылулық және гидравликалық есептеу әдістемесі келтірілген, ол бойынша студенттер машықтану сабақтарында және есептеу- сызба жұмыстарды орындау кезінде дағдыланады.

## Дәріс №1. Жылуландыру және жылулық желілерінің негіздері

Дәрістің мақсаты: жылуландыру арқылы энергияны өндірудің тиімділігі және жылу электр орталығының (ЖЭО) жылулық сұлбаларының түрлері туралы жалпы түсінік.

Жылуландыру дегеніміз – орталықтан электр энергиясымен бірге өндірілген жылумен қамтамасыз ету. Электр энергиясымен бірге жылу электр орталығында (ЖЭО) өндірілген жылу, электр қуатынан бөлек су жылытқыш қазандықтарында өндірілген жылудан тиімді болады.

Жылумен орталықтан қамтамасыз ету жүйелер түрін таңдаған кезде аймақтың жылу жүктемесін ескеру қажет. Егер, жылулық жүктеме мөлшері төмен болса, ЖЭО салу тиімді болмауы мүмкін, сондықтан бұл жүктемені қамтамасыз ету үшін су жылытқыш қазандықтар қолданылады.

Жылуландыру арқылы энергияны тиімді пайдалануының екі қағидасы орындалады: ЖЭО жылу мен электр энергиясын қатар өндіру; бір ортадан жылумен қамтамасыз ету.

Жылу мен электр энергия қатар өндіру кезінде, барлық жұмсалған жылу мөлшері, жылу мен электр энергия бөлек өндірілген кезіндегіден төмен болады, сондықтан жылу және отын шығысы азаяды.

Жылу электр орталығында жоғары көрсеткішті бу, электр энергиясын өндірген соң жылуландыруға жіберіледі, сондықтан электр энергиясын өндіруге жұмсалған меншікті жылу мөлшері төмендейді.

Жылу мен электр энергиясы бөлек өндірілген кезде жылу электр станциясында (ЖЭС) жоғары көрсеткішті бу тек электр энергиясын өндіруге жұмсалады, ал жылу су жылытқыш қазандықтарында өндіріледі. Сонымен отын екі жерден - электр энергияны өндіруге ЖЭС-да және жылуды өндіруіне су жылытқыш қазандықтарында жұмсалады. Сондықтан, жылуландыру арқылы бір жерден электр энергия мен жылуды өндіру тиімді болады.

Жылу электр орталықтарының жылу сұлбаларының төрт түрі болады:

1) Турбинадан өткен бу жылуландыру жүйесіне баратын суды жылытады, сонымен бу электр қуатын өндіруіне және жылуландыруға жұмсалады, бұл бу турбинасы нашар вакуумды ЖЭО.

2) Бу турбинасы қарсы қысымды, өндіріске бу жіберетін ЖЭО.

3) Бу турбинасы конденсатты, бу алымы арқылы өндіріске бу жіберетін ЖЭО.

4) Бу турбинасы конденсатты, бу алымы бар, су жылытқыш арқылы жылуландыруға ыстық су жіберетін ЖЭО [1].

1.1 суретінде,  $T_s$ -диаграммасында Карно циклдары көрсетілген. 1.1 *a*-суретінде конденсатты, тек электр энергия өндіру циклы, ал 1.1 *b*-суретінде жылуландыру, электр энергиясымен бірге жылу өндіру циклы.

Екі циклдағы жылу кірісі бірдей:

$$q_0 = T_k \cdot \Delta s .$$

Өндірілген жұмыс мөлшері:

Конденсатты циклындағы:

$$\ell_{ж}^к = (T_к - T_{к.о}) \cdot \Delta s ;$$

Жылуландыру циклында:

$$\ell_{ж}^{жк} = (T_к - T_{шт}) \cdot \Delta s ;$$

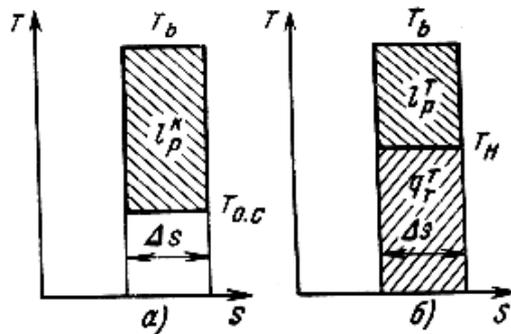
мұнда  $T_к$  – циклдағы жылу кірісінің температурасы, К;  $T_{к.о}$  – қоршаған ортаның температурасы, К;  $T_{шт}$  – циклдан жылуландыруға жіберілетін жылу тасымалдағыш температурасы, К.

Жылуландыруға жіберілген пайдалы жылу мөлшері: конденсатты циклындағы:

$$q_{ж}^к = 0 ;$$

жылуландыру циклындағы:

$$q_{ж}^{жк} = T_{шт} \cdot \Delta s .$$



1.1 сурет - Карно циклдарының Ts-диаграммасындағы көрінісі

Жұмыс өндіруге жіберілген меншікті жылу мөлшері:

-конденсатты циклындағы

$$q_p^к = \frac{q_n}{\ell_{жс}^к} = \frac{T_к \cdot \Delta s}{(T_к - T_{к.о}) \cdot \Delta s} > 1, \quad (1.1)$$

-жылуландыру циклындағы

$$q_p^{жк} = \frac{q_n - q_T}{\ell_p^T} = \frac{(T_к - T_{шт}) \cdot \Delta s}{(T_к - T_{шт}) \cdot \Delta s} = 1. \quad (1.2)$$

Конденсатты және жылуландыру циклдарындағы жұмыс өндіруге жіберілген меншікті жылуларының айырмашылығы:

$$\Delta q = q_p^к - q_p^{жк}. \quad (1.3)$$

Осы (1.3) формула конденсатты циклына қарағанда жылуландыру циклындағы жұмыс өндіруге жұмсалған меншікті жылу мөлшерінің азайғанын көрсетеді.

Жылу мен электр энергиясын қатар өндіру қазіргі кездегі жылу энергетикасындағы негізгі ең тиімді жол болады.

ЖЭО-ның өнімділігін жылу пайдалану коэффициенті ( $\eta_n$ ) арқылы бағалайды.

Бұл коэффициент циклдағы пайдалы жұмыс ( $\ell_s$ ) пен тұтынушыларға берілген

жылу ( $q_2$ ) мөлшерлерінің жағылған отынның жылуына ( $q_1$ ) қатынасы болып табылады

$$\eta_n = \frac{\ell_2 + q_2}{q_1},$$

әлде

$$\eta_n = \frac{N + Q_m}{B \cdot Q_{ж}^T},$$

мұнда  $N$  – бу турбиналы қондырғының электрлік қуаты;

$B$  – отын шығысы;

$Q_{ж}^T$  – отынның жану жылулығы;

$Q_m$  – тұтынушыларға берілген жылу.

Жылуландырудың энергетикалық тиімділігі аудандық қазандықтарына қарағанда жылу электр орталығындағы отын шығысының кемуімен байланысты.

Сонымен, жылу мен электр энергиясын бөлек өндіргеніне қарағанда, ЖЭО-да бірге өндіргенде отын шығысы азаяды

$$\Delta B = B_6 - B_{ж}, \quad (1.4)$$

мұнда  $B_6$  – жылу мен электр энергиясын бөлек өндірген кезіндегі отын шығысы;  $B_{ж}$  – жылу мен электр энергиясын бірге өндірген (жылуландыру) кезіндегі отын шығысы.

Жылуландырудың энергетикалық тиімділігін тағы бір көрсеткішпен бағалауға болады, бұл отын жылуын қолдану коэффициенті  $\eta_k$ . Отын жылуын қолдану коэффициенті жылу электр орталығынан жіберілген жылу мен электр энергиясының және жағылған отынның жылу эквиваленттерінің қатынасы болады

$$\eta_k = (Q + \mathcal{E}) / (B \cdot Q_{ж}^T), \quad (1.5)$$

мұнда  $Q$  – жылу электр орталығынан жіберілген жылу мөлшері;

$\mathcal{E}$  – жылу электр орталығынан жіберілген электр энергия мөлшері;

$B$  – отын шығысы;  $Q_{ж}^T$  – отынның жану жылулығы.

Бірақ отын жылуын қолдану коэффициенті  $\eta_k$  жылуландырудың энергетикалық тиімділігін көрсетпейді.

Электр энергиясы жылуға қарағанда жетілген энергия түрі, ал (1.5) формуласында электр энергия жылумен бірге қосылған, бұл термодинамиканың бірінші заңына қарсы болмағанмен, дәлдігі дұрыс келмейді. ЖЭО жылу өндіруін электр энергия өндіруінің азайтуына байланысты көбейтсе, отын жылуын қолдану коэффициенті  $\eta_k$  мөлшері жоғарылайды, ал жылуландырудың энергетика жүйесіндегі толық тиімділігі азаяды. Егер жылу мен бірге шығарылатын электр энергия мөлшері көбейсе, отын жылуын қолдану коэффициентінің  $\eta_k$  мөлшері төмендегенмен, жылуландырудың энергетика жүйесіндегі толық тиімділігі жоғарылайды.

Электр энергия мен жылу өндіруіне бу турбиналы ЖЭО жұмсалған отын шығысын келесі формуламен табуға болады:

$$B_T = B_{T.э} + B_{T.ж} , \quad (1.6)$$

мұнда  $B_{T.э}$  – электр энергиясын өндіруіне жұмсалған отын шығысы;  
 $B_{T.ж}$  – жылу өндіруіне жұмсалған отын шығысы.

## Дәріс №2. Жылуландырудың энергетикалық тиімділігін анықтау

Дәрістің мақсаты: ЖЭО-ның қарапайым жылулық сұлбасы бойынша, ішкі және сыртқы жылуландыру арқылы өндірілген электр энергия мөлшерін анықтау әдістемесі туралы маңызды мәліметтерді алу.

ЖЭО орнатылатын жылуландыру бу турбиналарының өндіретін электр энергиясы жылуландыру арқылы және конденсатты өндіруге бөлінеді. Сондықтан, толық өндірілетін электр энергиясының мөлшері, келесі формуламен табылады

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_ж + \mathcal{E}_{т.к} , \quad (2.1)$$

мұнда  $\mathcal{E}_т$  – жылуландыру арқылы өндірілген электр энергия;

$\mathcal{E}_{т.к}$  – конденсатты түрмен өндірілген электр энергия.

ЖЭО жылуландыру арқылы өндірілген электр энергия мөлшері келесі формуламен табылады:

$$\mathcal{E}_ж = \mathcal{e}_ж \cdot Q_T , \quad (2.2)$$

мұнда  $\mathcal{e}_ж$  – жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшері;

$Q_T$  – сыртқы жылу тұтынушыларға жіберілген жылу мөлшері.

Жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшерін

Карно циклы (1.2 сурет) арқылы табуға болады

$$\mathcal{e}_ж = \frac{T_к - T_{ш}}{T_{ш}} = \frac{T_к}{T_{ш}} - 1 , \quad (2.3)$$

мұнда  $T_к$  және  $T_{ш}$  – жылудың кірісі мен шығысының температурасы, К.

Егер жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшерін, өндірілген электр энергиясын кВт·сағ, ал жылуды ГДж әлде Гкал деп алсақ, (2.3) формуласын келесі түрде жазуға болады:

$$\mathcal{e}_ж = 278 \cdot \left( \frac{T_к}{T_{ш}} - 1 \right) , \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{ГДж}; \quad (2.4)$$

әлде

$$\mathcal{e}_ж = 1163 \cdot \left( \frac{T_к}{T_{ш}} - 1 \right) , \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{Гкал}. \quad (2.5)$$

Негізінде  $1 \text{ ГДж} = 1 / 4,187 \text{ Гкал} = 278 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$ , сондықтан (2.4) – (2.5) формулалар бір-біріне тең болады,  $278 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{ГДж} = 1163 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} / \text{Гкал} = 1 \text{ ГДж} / \text{ГДж}$ . Жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшері (2.3) циклдағы жылудың кіріс температурасы  $T_к$  өскенде, ал жылудың шығыс температурасы  $T_{ш}$  төмендегенде өседі. Жылудың шығыс температурасын төмендету үшін екі әлде үш рет жылыту пайдаланылады. Бұл кезде жылудың

бір бөлегі төмен температурасымен  $T_{ш}$  беріледі, сондықтан меншікті жылуландыру арқылы өндірілген электр энергия мөлшері азаяды.

Қазіргі бу турбиналы ЖЭО-да регенеративті су жылыту жүйесі қолданылады, бұл ішкі жылуландыру болып саналады. Сондықтан, негізінде электр энергия сыртқы және ішкі жылуландыру арқылы өндіріледі. Қуаты жоғары ЖЭО-да ішкі жылуландыру арқылы өндірілетін электр энергия бөлшегі 15 – 20 % дейін жетеді. Бұл қосымша өндірілетін энергия бөлшегін есепке алмауға болмайды. Жылу электр орталығындағы жылуландыру арқылы өндірілген толық меншікті электр энергия мөлшерін келесі формуламен өрнектеуге болады:

$$\varepsilon_{ж} = \varepsilon_0 + \varepsilon_{i,ж} = \varepsilon_0 \cdot (1 + e_T), \quad (2.6)$$

мұнда  $\varepsilon_0$  – сыртқы жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшері;

$\varepsilon_{i,ж}$  – ішкі жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшері;

$e_T = \varepsilon_{i,тж} / \varepsilon_0$  – ішкі жылуландыру арқылы өндірілген электр энергияның келтірілген мөлшері.

Егер ЖЭО-ғы барлық шығындарын ескерген кезде сыртқы жылуландыру арқылы өндірілген нақты меншікті электр энергия мөлшерін келесімен өрнектеуге болады:

$$\varepsilon_0 = H_T \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{эм} / (i_{ж} - i_{к.т}), \quad (2.7)$$

егер  $\varepsilon_0$  мөлшерін кВт·сағ/ГДж әлде кВт·сағ/Гкал алсақ

$$\varepsilon_0 = 278 \cdot H_T \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{эм} / (i_{ж} - i_{к.т}), \quad (2.8)$$

$$\varepsilon_0 = 1163 \cdot H_{ж} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{эм} / (i_{ж} - i_{к.т}), \quad (2.8.1)$$

бұл жерде  $H_T$  – будың турбинаға кірісінен жылуландыруға жіберілуіне дейінгі изоэнтропты жылу құламасы;

$\eta_{oi}$  – турбинаның ішкі келтірілген пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК);

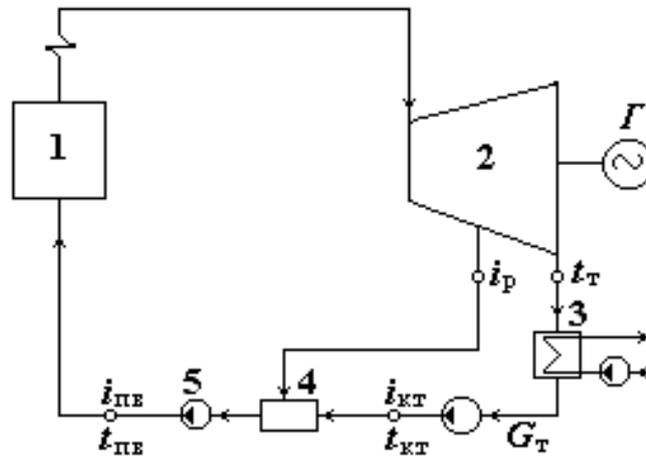
$\eta_{эм}$  – электрмеханикалық ПӘК;

$i_{ж}$  – жылуландыруға алынған бу энтальпиясы,  $i_{ж} = i_0 - H_T \cdot \eta_{oi}$ ;

$i_0$  – турбинаның кірісіндегі бу энтальпиясы;

$i_{к.т}$  – жылуландыруға алынған бу конденсатының энтальпиясы.

Ішкі жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшерін  $\varepsilon_{в.т}$  есептеп табу өте қиын және тек жылу сұлбасы (схемасы) белгілі ЖЭО-на есептеуге болады. Профессор Е.Я.Соколов бұл есептің жеңілдетілген әдістемесін тапқан. Әдістеме бойынша ЖЭО-ның қарапайым жылу сұлбасы алынады, 2.1 суреттен сұлба бойынша жылуландыру жылытқыштан соң бір регенеративті араластырғыш су жылытқыш орналасқан.



1 - бу генератор; 2 - бу турбина; 3 - жылуландыру жылытқыш; 4 - регенеративті жылытқыш; 5 - насос.

## 2.1 сурет - ЖЭО-ның қарапайым жылу сұлбасы (схемасы)

Регенеративті жылытқышқа жылуландыру жылытқыштан шыққан конденсат кіріп,  $t_{к.т}$  ( $T_{к.т}$ ) температурасынан  $t_{к.с}$  ( $T_{к.с}$ ) температурасына дейін жылытылады. Бұл температуралар, жылуландыру және регенерацияға алынған булардың қанығу (қайнау) температураларына тең.

Осы қарапайым жылу сұлба бойынша ішкі жылуландыру арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшері:

$$\mathcal{E}_{i.ж} = \frac{H_p \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{эм} \cdot (i_{к.с} - i_{к.м})}{(i_m - i_{к.м}) \cdot (i_p - i_{к.с})}, \quad (2.9)$$

мұнда  $H_p$  – турбинадан регенеративті жылытқышқа алынатын будың адиабатты жылуқұламасы;

$i_p$  – регенеративті жылытқышқа алынатын будың энтальпиясы ( $i_p = i_o - H_p \cdot \eta_{oi}$ ).

Ішкі жылуландыру арқылы өндірілген келтірілген меншікті электр энергия мөлшерін (2.8) және (2.9) теңдеулерін бірге шығарып табамыз:

$$e_{i.ж} = \frac{H_p \cdot (i_{к.с} - i_{к.м})}{H_T \cdot (i_p - i_{к.с})}. \quad (2.10)$$

Ішкі жылуландыру арқылы өндірілген келтірілген меншікті электр энергия мөлшері, қыздырылған бу көрсеткіштері мен қоректендіру судың температурасы өскен сайын, ал жылуландыруға арналған будың қысымы төмендеген сайын өседі. Жылу электр орталығындағы электр энергиясын өндіруге жұмсалған отын шығысы:

$$B_{Т.э} = b_{Т.э}^э \cdot \mathcal{E}_{ж} + b_{Т.к}^э \cdot \mathcal{E}_{Т.к}, \quad (2.11)$$

мұнда  $b_T^3$  – сыртқы жылуландыру арқылы өндірілген электр қуатының меншікті отын шығысы;  $b_{Т.К}^3$  – ішкі жылуландыру арқылы өндірілген электр қуатының меншікті отын шығысы.

Сыртқы жылуландыру арқылы өндірілген электр қуатының меншікті отын шығысы:

$$b_T^3 = 1/(\eta_{бГ} \cdot \eta_{эм}), \quad (2.12)$$

мұнда  $\eta_{бГ}$  – бу генератордың ПӘК-ті.

Ішкі жылуландыру арқылы өндірілген электр қуатының меншікті отын шығысы:

$$b_{Т.К}^3 = 1/(\eta_{бГ} \cdot \eta_{эм} \cdot \eta_{іГ}^p), \quad (2.12.1)$$

мұнда  $\eta_{іГ}^p$  – ЖЭО-ның конденсатты, регенерация арқылы электр қуатын өндіруінің ішкі абсолютты ПӘК-ті.

ЖЭО-ның конденсатты, регенерация арқылы электр қуатын өндіруінің ішкі абсолютты ПӘК-ті:

$$\eta_{іГ}^p = \eta_{іГ} \cdot \frac{1 + e_{m.к}}{1 + e_{m.к} \cdot \eta_{im}}. \quad (2.13)$$

ЖЭО-ның конденсатты, регенерациясыз электр қуатын өндіруінің ішкі абсолютты ПӘК-ті:

$$\eta_{іГ} = H_{Т.К} \cdot \eta_{oi} / (i_o - i_{Т.К}). \quad (2.14)$$

Конденсатты өндірілген келтірілген меншікті электр энергия мөлшері:

$$e_{Т.К} = \frac{H_p}{H_{m.к}} \cdot \frac{(i_{к.с} - i_{m.к})}{(i_p - i_{к.с})}. \quad (2.15)$$

Жылу өндіруге жұмсалған отын мөлшері:

$$B_{Т.Т} = b_T^T \cdot Q; \quad (2.16)$$

мұнда  $b_T^T$  – жылу өндіруге жұмсалған меншікті отын шығысы:

$$b_T^T = 1/\eta_{бГ}; \quad (2.17)$$

Жылу өндіруге жұмсалған меншікті отын шығысын кг/ГДж әлде кг/Гкал мен көрсету үшін 0,029 ГДж/кг әлде 0,007 Гкал/кг бөлу қажет, сонда:

$$b_T^T = 34,1/\eta_{бГ}, \quad (2.18)$$

әлде

$$b_T^T = 143/\eta_{бГ}. \quad (2.19)$$

Жылу мен электр энергиясын бөлек өндірген кезіндегі отын шығысы екі қосынды арқылы табуға болады:

$$B_p = B_{p.э} + B_{p.Т}, \quad (2.20)$$

мұнда  $B_{p.э}$  – электр энергиясын конденсатты жылу электр станциясында өндіруге жұмсалған отын мөлшері;  $B_{p.Т}$  – аудандық қазандықтарындағы жылу өндіруге жұмсалған отын мөлшері.

Қазіргі жылу электр станцияларында электр энергиясы екі тәсілмен өндіріледі: конденсатты; регенерациямен конденсатты жылыту арқылы ішкі жылуландыру деп айтуға болады. Жылу электр станциясы (ЖЭС) мен жылу электр орталығының (ЖЭО) айырмашылығы, ЖЭС-та таза конденсатты тәсілімен өндірілетін электр энергиясының мөлшері көп болғаны. Ал ішкі жылуландыру дегеніміз – конденсатордан шыққан конденсатты  $t_k$

температурасынан  $t_{кc}$  температурасына дейін регенеративті жылытқыштарда жылыту арқылы электр қуатын өндіру. Сондықтан, (2.10) формуласына келтіріп, ЖЭС-қа келтірілген меншікті ішкі жылуландыру арқылы өндірілген электр энергия мөлшерін келесімен өрнектеуге болады:

$$e_k = \frac{H_p \cdot (i_{к.с} - i_{к.к})}{H_k \cdot (i_p - i_{к.с})}, \quad (2.21)$$

мұнда  $e_k$  – ішкі жылуландыру арқылы өндірілген электр энергия мөлшерінің таза конденсатты өндірілген электр энергия мөлшерімен қатынасы;

$H_k$  – турбинадағы изоэнтропиялық жылу құламасы;

$i_{к.к}$  – конденсатордан шыққан конденсат энтальпиясы.

ЖЭС-та өндірілген электр қуатына жұмсалған меншікті отын шығысы:

$$b_k^э = 1/(\eta_{ог} \cdot \eta_{эм} \cdot \eta_{ик}^p), \quad (2.22)$$

мұнда  $\eta_{ик}^p$  – ЖЭС-тың конденсатты, регенерация арқылы электр қуатын өндіруінің ішкі абсолютты ПӘК-ті.

Ал ЖЭС-тың конденсатты, регенерациясыз электр қуатын өндіруінің ішкі абсолютты ПӘК-ті:

$$\eta_{ик} = H_k \cdot \eta_{oi} / (i_o - i_{к.к}), \quad (2.23)$$

мұнда  $i_o$  – турбина алдындағы қыздырылған бу энтальпиясы;

$\eta_{oi}$  – турбинаның ішкі келтірілген ПӘК-ті.

ЖЭС-тың конденсатты, регенерация арқылы электр қуатын өндіруінің ішкі нақты ПӘК-ті:

$$\eta_{ик}^p = \eta_{ик} \cdot \frac{1 + e_k}{1 + e_k \cdot \eta_{ик}}. \quad (2.24)$$

ЖЭС-тағы электр қуатын өндіруге жұмсалған отын мөлшері:

$$B_{p.э} = b_k^э \cdot Э, \quad (2.25)$$

мұнда  $b_k^э$  – электр энергиясын өндіруге жұмсалған (2.22) меншікті отын шығысы.

Электр қуатынан бөлек жылу өндіруге жұмсалған отын мөлшері:

$$B_{p.т} = b_k^т \cdot Q_{a.к} / \eta_{с.к}, \quad (2.26)$$

мұнда  $b_k^т$  – қазандықтарда жылу өндіруге жұмсалған меншікті отын шығысы;

$\eta_{с.к}$  – қазандықтардан шығатын жылуландыру жүйесінің ПӘК-ті.

Қазандықтардағы жылу өндіруге жұмсалған меншікті отын шығысы

$$b_k^т = 1/\eta_{a.к}; \quad (2.27)$$

әлде

$$b_k^т = 34,1/\eta_{a.к}; \quad (2.28)$$

$$b_k^т = 143/\eta_{a.к}. \quad (2.29)$$

### Дәріс №3. Бу турбиналы жылу электр орталығындағы жылуландыру арқылы жұмсалған отын шығысының нақты үнемін табу

**Дәрістің мақсаты:** бу турбиналы ЖЭО-ғы жылуландыру арқылы жұмсалған отын шығысының нақты үнемін табу формуласы, жылу электр орталығы жұмысының тиімділік көрсеткіштерін анықтау бойынша білімін тереңдету.

ЖЭО-ғы жылуландыру арқылы және ЖЭС-ы мен аудандық қазандықтарындағы электр және жылу энергия өндірген кездегі отынның нақты үнемі екі қосындыдан тұрады:

$$\Delta B = \Delta B_3 + \Delta B_T, \quad (3.1)$$

мұнда  $\Delta B_3$  – ЖЭС-ы мен ЖЭО-ғы электр қуатын өндіруге жұмсалған отын мөлшерінің айырмашылығы;

$\Delta B_T$  – аудандық қазандықтарындағы және ЖЭО-ғы жылу өндіруге жұмсалған отын мөлшерінің айырмашылығы.

Қазіргі жылуландырудың жетілген кезінде маңызды болатын бірінші қосынды  $\Delta B_3$ , жылуландыру арқылы электр қуатын өндіру кезіндегі отынның үнемі. Осы отын үнемі академик Л.А. Мелентьев формуласымен табуға болады:

$$\Delta B_3 = \mathcal{E}_T \cdot (b_K^3 - b_T^3) - \mathcal{E}_{T,K} \cdot (b_{T,K}^3 - b_K^3). \quad (3.2)$$

Осы (3.2) формуласындағы бірінші қосынды ЖЭО-ғы жылуландыру арқылы электр қуатын өндірген кездегі отын үнемі. Екінші қосынды ЖЭС-ға қарағандағы ЖЭО-ғы конденсатты тәсілмен электр қуатын өндірген кездегі отынның артық шығыны. Л.А. Мелентьев формуласымен жылу электр станцияларын жобалаған кезде пайдалану дұрыс.

Ал жұмыс кезінде келесі формуламен пайдаланған жөн:

$$\Delta B_3 = \mathcal{E} \cdot (b_{K,CP}^3 - b_{T,CP}^3), \quad (3.3)$$

мұнда  $\mathcal{E}$  – өндірілген электр энергия мөлшері;

$b_{K,CP}^3$  және  $b_{T,CP}^3$  – электр энергиясын өндіруге жұмсалған негізгі меншікті отын шығысы.

Аудандық қазандықтар мен ЖЭО-ғы жылу өндіруге жұмсалған отын шығысының айырмашылығы:

$$\Delta B_T = Q_a \cdot [(b_K^T / \eta_{c,K}) - (b_T^T / \eta_{c,T})], \quad (3.4)$$

мұнда  $Q_a$  – абоненттерге (тұтынушыларға) берілген жылу;

$b_K^T$  және  $b_T^T$  – аудандық қазандықтарда және ЖЭО-ғы жылу өндіруге жұмсалған негізгі меншікті отын шығысы;

$\eta_{c,K}$ ,  $\eta_{c,T}$  – аудандық қазандықтары мен ЖЭО-ғы жылу жүйелерінің ПӘК-і.

Л.А. Мелентьев формуласымен жылу электр орталықтарын жобалаған кезде пайдаланамыз, ал ЖЭО-ның тиімділігін жұмыс атқарып тұрған кезде де табу қажет. Бу турбиналы жылу электр орталығының (ЖЭО) пайдалану кезіндегі тиімділігін табу үшін энергияның екі түрін де (жылу мен электр энергиясын) есепке алу қажет.

Жылу электр орталығында электр энергия жылумен бірге және жылудан бөлек өндіріледі. Электр энергия жылумен бірге өндірілген кезде отын жылуы тиімді пайдаланылады да, отын шығысы төмен болады. Егер электр энергия жылудан бөлек өндірілетін болса, отын жылуы толық пайдаланылмайды да, отын шығысы жоғары болады. Сондықтан ЖЭО жұмысының тиімділігін жоғарылату үшін электр энергияны жылумен бірге өндірген дұрыс.

ЖЭО жұмысының тиімділігін тексеріп отыру үшін отын жылуын қолдану коэффициенті  $\eta_k$ , электр энергия және жылуды өндіру пайдалы әсер коэффициенттері  $\eta_{жэо}^э$ ,  $\eta_{жэо}^т$ . Отын жылуын қолдану коэффициенті  $\eta_k$  ЖЭО жұмысының тиімділігін толық көрсетпейді. Электр энергиясы жылуға қарағанда жетілген энергия түрі, ал отын жылуын қолдану коэффициентін табу кезінде  $\eta_{и} = (Q + Э) / (B \cdot Q_n^p)$  электр энергия жылумен бірге қосылған, бұл термодинамиканың бірінші заңына қарсы болмағанмен, дәлдігі дұрыс келмейді. Электр энергия  $\eta_{жэо}^э$  және жылуды  $\eta_{жэо}^т$  өндіру пайдалы әсер коэффициенттері (ПЭК) және олардың кері мөлшерлері меншікті отын шығыстары  $b_{жэо}^э = 1 / \eta_{жэо}^э$ ,  $b_{жэо}^т = 1 / \eta_{жэо}^т$  жылу электр орталығының тиімді жұмыс тәртібін таңдауға толық пайдасы тимейді. Жылу электр орталығының тиімділігін турбинаның бу алымының жылуы арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшерімен де көрсетуге болады:

$$\varepsilon^т = Э_т / Q_т, \quad (3.5)$$

мұнда  $Э_т$  – турбинаның бу алымы арқылы өндірілген электр энергия;  
 $Q_т$  – турбинаның бу алымынан жылуландыруға берілген жылу.

Турбинаның бу алымының жылуы арқылы өндірілген меншікті электр энергия мөлшері ЖЭО тиімді жұмыс тәртібін толық көрсетпейді.

Жылу электр орталығын күтіп пайдаланатын және жұмысын тексеретін қызметкерлеріне керекті тиімділік көрсеткіші болатын отынның тиімділіктен жағылмаған негізгі  $\Delta B_{эк}^{жэо}$  және ең жоғары  $\Delta B_{эк}^{макс}$  мөлшерлерінің қатынасы:

$$\eta_{ээ}^{жэо} = \Delta B_{эк}^{жэо} / \Delta B_{эк}^{макс} = (B_б - B_{жэо}) / (B_p - B_{жэо}^{мин}), \quad (3.6)$$

мұнда  $B_p$  – жылу мен электр энергиясын бөлек өндірген кезіндегі отын шығысы  $B_p = B_{p,э} + B_{p,т}$ , (2.20) арқылы табуға болады;

$B_{жэо}$  – жылу электр орталығындағы отын шығысы  $B_{жэо} = B_{т,э} + B_{т,т}$ , (2.11) және (2.16) арқылы табылады.

Жылу электр орталығындағы ең төмен отын шығысы:

$$B_{жэо}^{мин} = [Q_{\Sigma} \cdot (\varepsilon_{э}^{макс} + 1)] / Q_n^p. \quad (3.7)$$

Өндірілген жылу энергияның толық шығысы:

$$Q_{\Sigma} = Q_{ал} + Q_{св} + Q_{п.к}, \quad (3.8)$$

мұнда  $Q_{ал}$  – турбина бу алымынан берілген жылу мөлшері;

$Q_{св}$  – бу қазаннан РОУ арқылы берілген жылу мөлшері;

$Q_{п.к}$  – су жылытқыш қазан арқылы берілген жылу мөлшері.

Бу алымының жылуы арқылы өндірілген меншікті электр энергияның ең жоғарғы мөлшері:

$$\varepsilon_{э}^{макс} = Э_{т,макс} / Q_{т,макс}. \quad (3.9)$$

#### Дәріс №4. Қалалар мен өндіріс орындарының жылу тұтынуы

**Дәрістің мақсаты:** тұтынушыларға жылу энергиясының жеткізілуі, жүктемелер мөлшерінің өзгеруі туралы жалпы түсінік.

Жылу жүйелерімен әртүрлі тұтынушыларға жылу энергиясы жеткізіледі. Біраз жылу жүктемесі болғанымен, оларды пайдалану мерзімі бойынша екі түрге бөлуге болады:

- маусымдық жылу жүктемесі (МЖЖ);
- жылдық жылу жүктемесі (ЖЖЖ).

МЖЖ өзгеруі сол аймақтың ауа-райымен байланысты: сыртқы ауаның температурасы; желдің бағыты мен жылдамдылығы; күн сәулесінің жылуы; ауа ылғалдылығы мен т.б. Осылардың ішіндегі ең маңыздысы сыртқы ауаның температурасы. МЖЖ-ің жыл бойында өзгергенмен, тәуліктік өзгерісі негізінде болмайды. МЖЖ-іне кіретіндер: жылыту, желдету және ауаны кондиционерлеу. Жылыту мен желдету қысқы, ал ауа кондиционерлеуі жазғы жүктемелерге жатады.

ЖЖЖ-ге кіретін өндіріс орындарының тәсілдемелік бу мен ыстық су жүктемесі және тұрмыстық ыстық су жүктемесі. Бұл жүктемелер мөлшерінің өзгеруі өндіріс пен тұрмыстық орындарының жұмыс тәртібіне байланысты.

Ыстық су мен өндірістік бу жүктемелері сыртқы ауаның температурасымен байланысы өте аз болады. ЖЖЖ-ің тәуелдік өзгеруі тұрақсыз болғанымен, жыл бойы мөлшері тұрақты болады.

МЖЖ-не кіретін жылыту және желдету жүктемелері. Жылыту жүктемесінің ең бірінші міндеті тұрғын үйлер мен қоғамдық ғимараттар ішіндегі ауаның температурасын керекті деңгейінде ұстап тұру. Бұл үшін жылудың шығыны мен кірісінің теңдігін сақтау қажет. Жылудың шығыны мен кірісінің теңдігін келесі формуламен көрсетуге болады:

$$Q = Q_T + Q_{и} = Q_0 + Q_{ТВ} , \quad (4.1)$$

мұнда  $Q$  – тұрғын үйлер мен қоғамдық ғимараттардың толық жылу шығыны;

$Q_{ж}$  – үйлер мен ғимараттардың қабырғасы арқылы жылу шығыны;

$Q_{и}$  – инфильтрация арқылы жылу шығыны бұл әртүрлі саңылаулар арқылы сырттан кірген ауаны жылытуға шығын болған жылу;

$Q_0$  – жылуландыру жүйелер арқылы үйлер мен ғимараттарға кірген жылу;

$Q_{іж}$  – ішкі жылу мөлшері.

Негізінде жылу шығыны қабырғалар арқылы болғаннан  $Q_T$  , толық жылу шығынын келесі формуламен өрнектейміз:

$$Q = Q_{ж} \cdot (1 + \mu) , \quad (4.2)$$

мұнда  $\mu = Q_{и} / Q_{ж}$  – инфильтрация (саңылаулық) коэффициенті.

Жылуландыру жүйелерін жобалаған кезде ішкі жылу мөлшерін есепке алмайды  $Q_{іж} = 0$  , сонымен толық жылу шығыны мен жылуландыру жүйелер жылуы тең болуы қажет  $Q = Q_0$  .

Үйлер мен ғимараттардың қабырғалары арқылы кететін жылу шығынын профессор Н.С. Ермолаев формуласымен табуға болады:

$$Q_{ж} = q_0 \cdot V \cdot (t_{в} - t_{н}), \quad (4.3)$$

Ал толық жылу шығынын, әлде жылуландыру жүйелер жылуын инфильтрация коэффициентімен ескереміз:

$$Q = Q_0 = (1 - \mu) \cdot q_0 \cdot V \cdot (t_i - t_c), \quad (4.4)$$

мұнда  $\mu$  – инфильтрация (саңылаулық) коэффициенті, (тұрғын үйлерге 0,03-0,06; ал өндіріс ғимараттарына 0,25-0,30 аралығында болады);

$q_0$  – үйлер мен ғимараттардың меншікті жылу шығыны, Вт/(м<sup>3</sup>·К);

$V$  – үйлер мен ғимараттардың сыртқы қабырға бойымен алынған көлемі, м<sup>3</sup>;

$t_i, t_c$  – жылытылатын үйлер мен ғимараттардың ішкі және сыртқы ауа температурасы, К (°С).

Жылуландыру жүйенің жылу қуатын есептеген кезде (4.3) формуласын қолданады, ал инфильтрация коэффициентін ( $\mu$ ) есепке алу үшін меншікті жылу шығынының ( $q_0$ ) мөлшерін шамамен жоғарылатып алады. Тұрғын үйлердің меншікті жылу шығыны 4.1 кестеде көрсетілген.

#### 4.1 к е с т е

Үйлер қабаттығы	1	2 – 3	4 – 5	6 және жоғары
Меншікті жылу шығыны, Вт/(м <sup>3</sup> ·К)	0,7 – 0,8	0,47 – 0,58	0,42 – 0,47	0,35 – 0,4

Үйлердің ішіндегі ауаның температурасын санитарлық норма бойынша алу қажет  $t_i = 18$  °С. Сыртқы ауа температурасы  $t_c$  жылытуды жобалауға арналған, 50 жылдағы ең салқын сегіз қыс кезіндегі, ең салқын бес күндіктің орташа температурасы алынады  $t_{co}$ . Бұл температура жергілікті ауа-райына байланысты.

Желдетуге шығынданған жылу мөлшері келесі формуламен табылады:

$$Q_{ж} = жV \cdot (t_i - t_c), \quad (4.5)$$

мұнда  $q_{ж}$  – ғимараттарды желдетуге шығынданған меншікті жылу, Вт/(м<sup>3</sup>·К);

$V$  – үйлер мен ғимараттардың сыртқы қабырға бойымен алынған көлемі, м<sup>3</sup>;

$t_i, t_c$  – желдететін ғимараттардың ішкі және сыртқы ауа температурасы, К (°С).

Сыртқы ауа температурасы  $t_c$  желдету жүйелерін жобалауға арналған температураға  $t_{нж}$  тең алынады. Ғимараттарды желдетуге шығынданған меншікті жылу мөлшері құрылыс нормалары мен ережелерінде берілген, шамамен  $q_{ж} = 0,235$  Вт/(м<sup>3</sup>·К);

## Дәріс №5. Жылдық жылу жүктемелері мен жүктемелердің графигі

**Дәрістің мақсаты:** жылдық жылу жүктемелер графигін тұрғызу бойынша дағдылану, өндіріс орталығын жобалау кезінде маңызды мәліметтерді алу.

Жылдық жылу жүктемелеріне кіретін өндіріс орындарының тәсілдемелік жылу жүктемесі өндіріс қуатымен байланысты, сондықтан өндіріс орталығының жобасымен бірге есептеледі.

Ал ыстық су жүктемесін, жылу жүйелерін жобалаған кезде есептеу қажет. Ыстық су жүктемесі халық санына байланысты есептеледі. Тұрғын үйлердің ыстық су жүктемесі:

$$Q_{\text{ыс}}^{\text{оп}} = \frac{a \cdot m \cdot c \cdot (t_{\text{ы}} - t_{\text{с}})}{n_{\text{с}}}, \quad (5.1)$$

мұнда  $a$  – тұрғын үйдегі бір адамға ыстық су шығыны, кг/тәулік;

$m$  – тұрғындар саны;

$c$  – судың жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·К);

$t_{\text{ы}}, t_{\text{с}}$  – ыстық және суық су температуралары ( $t_{\text{ы}} = 65$  °С;  $t_{\text{с}} = 5 ; 15$  °С);

$n_{\text{с}} = 24$  сағ. – тәуліктегі сағат саны.

Егер тұрғын үйлер мен қоғамдық ғимараттардың толық ыстық су жүктемесін алсақ:

$$Q_{\text{ыск}}^{\text{оп}} = \frac{(a + b) \cdot m \cdot c \cdot (t_{\text{ы}} - t_{\text{с}})}{n_{\text{с}}}, \quad (5.2)$$

мұнда  $(a + b)$  – тұрғын үйдегі бір адамға ыстық судың шығыны, кг/тәулік, ( $a = 110$  кг/тәулік;  $b = 20$  кг/тәулік).

Орталықтан жылу өндіретін көздерін жобалаған кезде олардың жылу қуатын табу үшін халық санын алып, бір адамға шығынданатын жылуға көбейтеді. Қазақстанның солтүстік аймақтарында:  $q_1 = 1,71$  кВт/адам;  $q_2 = 0,8$  кВт/адам; егер қаладағы халық саны  $M = 500000$  адам болса, жылуландыруға керекті жылу қуаты:

$$Q = Q_{\text{ж}} + Q_{\text{ыск}} = (q_1 + q_2) \cdot M = (1,71 + 0,8) \cdot 500000 = 1255000 \text{ кВт} = 1255 \text{ МВт.}$$

Толық жылу жүктемелері табылған соң жүктемелердің жылдық сызбағы салынады. Жылу жүктемелері сыртқы ауа температурасымен байланысты. Бұл жыл ішіндегі жылу шығысын табуға кедергі болады. Сондықтан жыл ішіндегі жылу шығысын жылу жүктемелерінің жылдық сызбағымен тапқан дұрыс. Жылу жүктемелерінің жылдық сызбағы екі сызбағынан тұрады. Сол жағында сыртқы ауа температурасына байланысты жылу жүктеменің өзгеруі, оң жағында уақытқа байланысты жылу жүктеменің өзгеруі. Егер, оң жағындағы жылу өзгеріс сызық астындағы ауданды тапсақ, бұл жылдық жылу жүктемесінің мөлшері болады. Сол жақтағы сызбағын салу үшін жергілікті сыртқы ауаның есептеулік температураларын білу қажет. Бұл температуралар:

а)  $t_{\text{с}}^{\text{е}}$  – жылуландыру жүйелерін жобалауға арналған сыртқы ауа температурасы;

б)  $t_c^ж$  – желдету жүйелерін жобалауға арналған сыртқы ауа температурасы;

в)  $t_c^{op}$  – жылуландыру жүйелерін жобалаған аймағының сыртқы ауасының орташа температурасы;

г)  $t_c^{ca}$  – жылуландыру жүйелерін жобалаған аймағының ең салқын айындағы сыртқы ауасының орташа температурасы. Оң жақтағы графикті салу үшін жергілікті сыртқы ауаның есептеулік температураларының жыл бойы тұратын уақытын білу қажет.

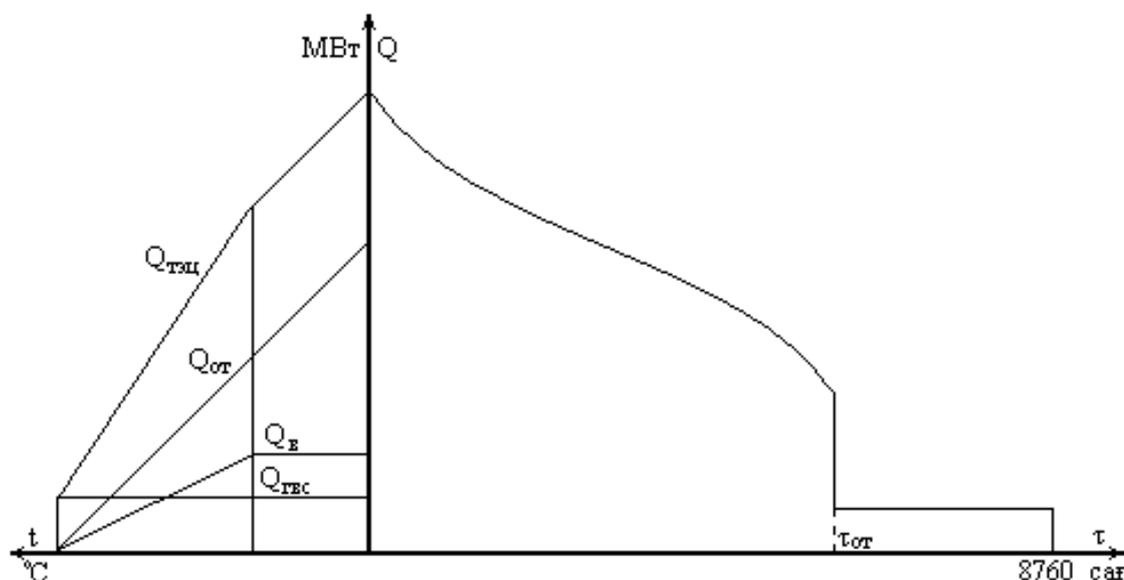
Мысалы Алматы қаласына:

$$t_c^e = -25 \text{ } ^\circ\text{C}; t_c^ж = -10 \text{ } ^\circ\text{C}; t_c^{op} = -2,1 \text{ } ^\circ\text{C}; t_c^{ca} = -7,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Жергілікті сыртқы ауаның температураларының жыл бойы тұратын уақыты 5.1 кестеде көрсетілген.

5.1 кесте

$t_c, \text{ } ^\circ\text{C}$	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
$\tau, \text{ сағ}$	122	300	622	1102	1810	2820	4000



5.1 сурет - Жылу жүктемелерінің жылдық сызбағы

## Дәріс №6. Жылумен қамтамасыз ету жүйелері

**Дәрістің мақсаты:** жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің түрлері, жылу электр орталықтарының жылу сұлбалары, жылутасығыш және жылумен қамтамасыз ету жүйелері туралы жалпы түсінік.

### 6.1. Жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің түрлері

Жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің міндеті тұтынушыларды керекті жылу мөлшерімен қамтамасыз ету. Жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің екі түрі болады: орталықтандырылған және жекешелендірілген.

Жекешелендірілген жылумен қамтамасыз ету жүйелері жылумен тек бір тұтынушыны қамтамасыз етеді. Орталықтандырылған жылумен қамтамасыз ету жүйелері жылумен бірнеше тұтынушыларын қамтамасыз етеді. Орталықтандырылған жылумен қамтамасыз ету жүйелері тұтынушыларға байланысты төрт түрге бөлінеді:

- бір топ тұтынушыларды (бірнеше үйлерді) қамтамасыз етуге арналған;
- аудандық – бір ауданды жылумен қамтамасыз етуге арналған;
- қалалық – бір қаланы жылумен қамтамасыз етуге арналған;
- қала аралық – бірнеше қаланы жылумен қамтамасыз етуге арналған.

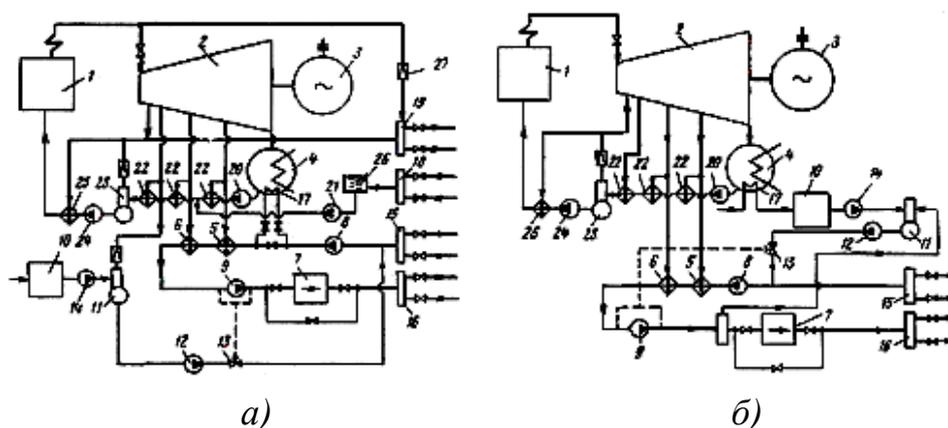
Орталықтандырылған жылумен қамтамасыз ету жүйелеріне кіретін:

- жылу мен жылутасығыш дайындау;
- жылу тасығышты (жылуды) тұтынушыға жеткізу; жылуды пайдалану.

Жылу мен жылутасығыш дайындауы жылу электр орталықтарында, аудандық әлде қалалық қазандықтарында (жылу көздерінде) өтеді. Жылу тасығышты (жылуды) тұтынушыға жеткізуі жылулық желілер арқылы өтеді. Жылуды пайдалану жылу қабылдағыш қондырғыларында өтеді.

## 6.2 Жылу көздерінің құрылым сұлбалалары

Жылу көздерінде жылу мен жылу тасығыш дайындалады. Жылуды көбінесе ЖЭО-да өндіреді. ЖЭО-ның екі түрінің жылу сұлбалары 6.1 суретте көрсетілген. Бу мен ыстық су өндіретін ЖЭО жылу сұлбасының түрі ПТ бу турбинада орналасады. Түрі ПТ бу турбинасында өндірістік және жылуландыруға арналған бу алымдары болады. Бу қазаннан қыздырылған бу турбинаға жіберіледі. Турбинада жұмыс атқарған бу шықтағышқа (конденсаторға) жіберіледі. Шықтағышта бу суға айналып сорғы (насос) арқылы төмен қысымды су қыздырғыштардан өтіп, деаэраторға жіберіледі.



*а*–бу мен ыстық су өндіру (ПТ-турбиналы); *б*–ыстық су өндіру (Т-турбиналы).

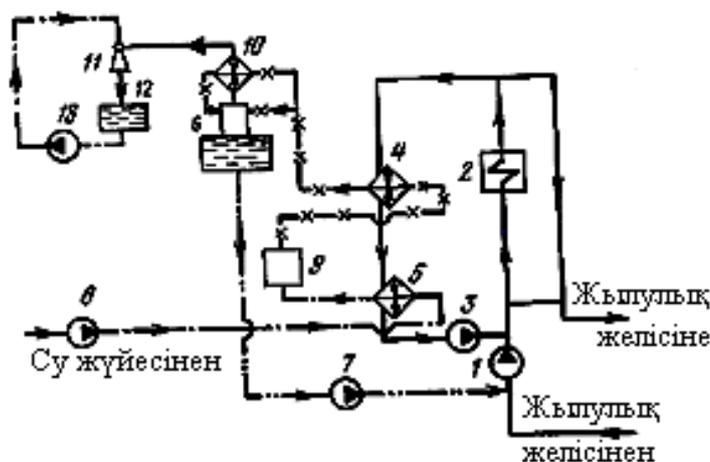
1-бу генератор; 2-турбина; 3-электр генератор; 4-конденсатор; 5, 6-желілік су жылытқыштары; 7-су жылытқыш қазан; 8, 9-желілік су сорғы; 10-химиялық су дайындау; 11-вакуумды деаэратор; 12, 14-қосымша су насостары; 13-қосымша су мөлшерін реттегіш; 15, 16-желілік судың кірісі мен шығысы; 17-конденсатордағы су жылытқыш; 18-өндірістен келген шық (су); 19-өндіріске бу шығысы; 20, 21, 24-сорғылар (насос); 22, 25-

регенеративті су жылытқыштар; 23-деаэратор; 26-су жинағыш бак; 27-РОУ (бу қысымын және температурасын азайтқыш).

### 6.1 сурет - Жылу электр орталықтарының жылу сұлбалары

Деаэраторда су газсыздандырылады. Су құрамында оттегі ( $O_2$ ) болса, бу қазанның құбырлары тоттанып бүлінеді. Деаэратордан соң қоректендіргіш насос арқылы су қайтадан бу қазанға жіберіледі, сонымен айналым құбылысы қайталады. Бұл айналым құбылысында өндіріске және жылуландыруға бу алынып жіберіледі. Өндірісте, бу жұмыс атқарған соң шықтанып, шық (су) ретінде қайтарылады да, айналым құбылысқа қайта қосылады. Бу шығыны химиялық су тазарту жүйесі (ХСТЖ) арқылы толтырылады.

Жылуландыруға жіберілген бу, су қыздырғыштарында, желілік суға жылуын беріп, шықтанып қайтадан айналым құбылысына толық қайтарылады. Жылуландыру желісіндегі су шығыны ХСТЖ арқылы толтырылады. Су жылытқыш қазандықтар жылу сұлбасы 6.2 суретте көрсетілген. Бұл желі су жылыту жүйесінде су жылытқыш қазанда желілік су қыздырылады да, жылулық желіге жіберіледі. Жылуландыру желісіндегі су шығыны ХСТ және деаэратор (газсыздандырғыш) жүйелер арқылы толтырылады. Су жүйесінен алынған су қосымша су жылытқыштан өтіп, химиялық су тазартуға жіберіледі. Химиялық тазартылған су екінші қосымша су жылытқыштан өтіп, деаэраторға жіберіледі. Деаэраторда газсыздандыру құбылысы өтеді. Судан бөлініп шыққан газдар эжектор арқылы сорылып аластанады, ал газсызданған су керекті мөлшерінде жылулық желісіне қосылады. Қосымша су жылытқыштарға және деаэратор жүйелеріне су жылытқыш қазаннан ыстық су алынады. Сонымен су жылытқыш қазанның жылулық қуаты жылу желіге берілетін және өздік мұқтажға жіберілетін жылу қуаттарын өтеу қажет.



1-жүйе су насосы; 2-жүйе су жылытқыш қазаны; 3-айналым су насосы; 4, 5-қосымша су жылытқыштары; 6-деаэратор; 7-қосымша су насосы; 8-насос; 9-химиялық су тазарту (ХСТ); 10-бу салқындатқыш; 11-эжектор; 12-бак; 13-насос.

### 6.2 сурет - Су жылытқыш қазандықты жылу көзінің сұлбасы

### 6.3 Жылутасығыш және жылумен қамтамасыз ету жүйелерін таңдау

Жылутасығыш және жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің таңдауы жүктеме мен жылу дайындау орталықтың түріне байланысты. Негізінде жылумен қамтамасыз ететін жүйелерінің құрылысы қарапайым болғаны дұрыс. Бұл оларды құрастырып орнатуына және пайдалануына оңай болады.

Егер ауданның жылу жүктемесі тек жылулық, желдету және ыстық судан құралса, жылутасығышы су және екі құбырлы жылумен қамтамасыз ету жүйесінен таңдалғаны жөн.

Егер ауданның негізгі жылу жүктемесі өндірістік бу болса, ал маусымдық жылу жүктеме мөлшері төмен болса, жылутасығышы бу болғаны дұрыс.

Ыстық су жылутасығыштың бу жылутасығыштан артықшылығы:

- 1) Жылуландыру арқылы өндірілетін электр энергия мөлшерінің көптігі.
- 2) Бу конденсатының ЖЭО-да сақталып қалуы.
- 3) Жылу жүктеме мөлшерін орталықтан реттеуге қолайлығы.
- 4) Абоненттік қондырғыларында бу мен конденсат шығыны

болмағанынан жоғары ПӘК-ті.

- 5) Жылуды сақтауға су жүйелерінің мүмкіншілігінің жоғары болғаны.

Судың жылутасымалдағыш болуының кемшіліктері:

- 1) Насоспен кері су айдауына электр шығынының жоғары болғаны (ал бу конденсатының мөлшері төмен болады).

- 2) Авария кезінде шығын болған су мөлшерінің жоғары болғаны (бу жүйесінен 20 – 40 есе жоғары).

- 3) Жылутасығыш тығыздығының жоғары болғаны және жылу жүйесінің әрбір жерімен тығыз гидравликалық байланысы.

Жылу дайындау орталығы аудандық қазандықтар болса, жылу тасығыш температурасы жоғары болғаны жөн. Жылутасығыштың температурасы жоғары болғаннан оның шығысы азаяды, бұл құбырлар диаметрінің мөлшерін кішірейтеді. Ал егер жылу дайындау орталығы ЖЭО болса, жылу тасығыштың температурасын жылуландырудың тиімділігіне байланысты таңдау қажет. Жылу тасығышы ыстық су жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің ашық немесе жабық түрін таңдау үшін салқын су сапасын ескеру қажет. Жылу тасығышы ыстық су жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің жабық түріне қарағанда ашық түріне басында жіберілген қаражат мөлшері азырақ болады. Ал пайдаланған кезде су дайындауға шығынданған қаражат мөлшері көбейеді.

Егер ыстық сумен қамтамасыз ету жүйесінде жылуды пайдаланушылар жылу дайындау орталығынан алыс болса, жылу жүйесі түрі ашық болғаны тиімді болады.

## Дәріс №7. Жылу жүктеме мөлшерін ортадан реттеу

**Дәрістің мақсаты:** жылу жүктеме мөлшерін реттеу тәсілдерін қолдану үшін температуралық графиктерді салу, осыған байланысты температуралардың мөлшерін табу.

### 7.1 Жылу жүктеме мөлшерін реттеу тәсілдері

Абоненттердің жылу жүктемесі ауа райына байланысты өзгереді. Сондықтан жылу жүктемесін реттеу қажет. Жылу жүктемесі өзгерген кезде оның мөлшерін орталықтан әлде абоненттің өзінде реттеуге болады.

Қазіргі кезде жылу жүктемесін орталықтан реттеу тәсілі қолданылады. Бұл тәсіл бойынша жылу жүктемесі судың температурасын немесе шығысын өзгерту арқылы реттеледі. Судың температурасын өзгертіп реттеуді сапалы реттеу деп атайды, ал су шығысын өзгерту тәсілін мөлшерлі деп атайды. Осы екі тәсілді қосып реттеген кезде сапалы-мөлшерлі реттеу болады. Сапалы-мөлшерлі реттеу – жылу жүктемесі азайған кезде пайдаланады.

Жылу жүктемесін реттеу жылу балансы мен жылу өту теңдеулер арқылы өтеді. Жүктеме мөлшерін реттеу кезіндегі есептерді өткізген кезде жылу балансы мен жылу өту теңдеулерін салыстырмалы (есептік мөлшерге бөлінген) мөлшерлер арқылы көрсеткен дұрыс. Егер теңдеулерге кіретін мөлшерлерді салыстырмалы мәндер арқылы көрсетсек онда:

$$\bar{Q} = Q / Q' - \text{жылудың салыстырмалы мөлшері};$$

$$\bar{W} = W / W' - \text{ыстық судың салыстырмалы мөлшері};$$

$\bar{\delta\tau} = \delta\tau / \delta\tau'$  – жылу желідегі ыстық судың салыстырмалы температуралық тегеурін мөлшері;

$$\bar{k} = k / k' - \text{жылу өткізу коэффициентінің салыстырмалы мөлшері};$$

$\bar{\Delta t} = \Delta t / \Delta t'$  – су жылытқыштағы салыстырмалы температуралық тегеурін мөлшері.

Жылу балансы мен жылу өту теңдеулерін салыстырмалы мөлшерлер арқылы көрсетуге болады:

$$\bar{Q} = \bar{W} \bar{\delta\tau} = \bar{k} \bar{\Delta t} .$$

Жүктеме мөлшерін реттеу кезінде су шығысы өзгертін болған кезде, су шығысы мен жүктеме байланысын көрсеткен дұрыс. Су шығысы мен жүктеме байланысын теңдеу арқылы көрсетуге болады:

$$\bar{W} = \bar{Q}^m .$$

Осы теңдеуді барлық жүктемені ортадан реттеу тәсілдеріне қолдануға болады:

- сапалы реттеу кезінде су шығысы тұрақты:

$$m = 0, \bar{W} = 1, \bar{Q} = \bar{\delta\tau};$$

- мөлшерлі реттеу кезінде су шығысы өзгереді:

$$m \geq 1, \bar{W} \leq \bar{Q};$$

- сапалы-мөлшерлі реттеу кезінде:

$$0 \leq m \leq 1, \bar{W} \geq \bar{Q}.$$

Су шығысы мен жүктеме байланысын сызбақ арқылы көрсетуге болады.

## 7.2 Жылу электр орталығынан жылу беру

Жылу электр орталығында ортадан реттеу тәсілдерін қолдану үшін температуралық графиктер салынады (желі су мен сыртқы ауа температураларының байланысы):

$$t_3 = f(t_{ca}), t_1 = f(t_{ca}), t_2 = f(t_{ca}),$$

мұнда  $t_3$  – тұтынушыға жіберілетін ыстық су температурасы, °C;

$t_1$  – тік магистраль (арна) құбырындағы ыстық су температурасы, °C;

$t_2$  – кері магистраль құбырындағы ыстық су температурасы, °C;

Графиктерді салу үшін жылуландыру жүйесін жобалау сыртқы ауа температурасын  $t_c^e$ , тік магистральдағы судың есептік температурасын таңдап  $t'_1$ , Соколов Е.Я. формулаларын қолдану қажет:

$$\theta' = t'_3 - t'_2,$$

$$\delta t' = t'_1 - t'_2,$$

$$\Delta t' = 0,5(t'_3 + t'_2) - t_{iш},$$

$$t_2 = t_{iш} + \Delta t' \cdot Q_0^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot Q_0,$$

$$t_3 = t_2 - \theta' \cdot Q_0,$$

$$t_1 = (1 + \alpha)t_3 - \alpha \cdot t_2,$$

$$t_c = t_{iш} - (t_{iш} - t_c^e) \cdot Q_0.$$

Графиктерді салу үшін жылу жүктеме мөлшерін өзгертіп  $Q_0$ , осыған байланысты температуралардың мөлшерін табу қажет. Жылу мөлшерін реттеу тәсілі сапалыдан мөлшерлі немесе сапалы-мөлшерлі тәсіліне  $t_1 = 70$  °C тең болғанда көшеді деп санаймыз.

Мысалы келесі берілген мәліметтерге:  $t_c^e = -19$  °C;  $t'_1 = 150$  °C;  $t'_3 = 90$  °C;  $t'_2 = 70$  °C сыртқы ауа температурасы  $t_c^*$  ал  $t_1 = 70$  °C тең болғанда жылу мөлшерін реттеу тәсілі сапалыдан сапалы-мөлшерлі тәсіліне көшеді.

Соколов Е.Я. формулалары бойынша:

$$\theta' = t'_3 - t'_2 = 90 - 70 = 20 \text{ °C},$$

$$\delta t' = t'_1 - t'_2 = 150 - 70 = 80 \text{ °C},$$

$$\Delta t' = 0,5(t'_3 + t'_2) - t_{iш} = 0,5(90 + 70) - 18 = 62 \text{ °C},$$

$$t_2 = t_{iш} + \Delta t' \cdot Q_0^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot Q_0 = 18 + 62 \cdot Q_0^{0,8} - 10 \cdot Q_0.$$

Жылу мөлшерін  $Q_0$  өзгертіп,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_1$  және  $t_c$  мөлшерлерін табамыз:

$$t_c = t_{iш} - (t_{iш} - t_c^e) \cdot Q_0 = 18 - (18 + 19) \cdot Q_0 = 18 - 37 \cdot Q_0.$$

Элеватордың қоспа коэффициентін  $\alpha$ , келесі теңдеу арқылы табуға болады:

$$t'_3 = (t'_1 + \alpha \cdot t'_2) / (1 + \alpha);$$

$$90 = (150 + 70 \cdot \alpha) / (1 + \alpha);$$

$$90 + 90\alpha = 150 + 70\alpha;$$

$$\alpha = 60/20 = 3,0;$$

$$t_1 = (1 + \alpha)t_3 - \alpha \cdot t_2,$$

формула арқылы  $t_1$  мөлшерін табамыз.

Сапалы-мөлшерлі тәсілге көшкен кезде:

$$m = 0,33; G = Q_o^m;$$

$$t_1 = t_{\text{иш}} + \Delta t' \cdot Q_o^{0,8} + (\delta t' - 0,5\theta') \cdot Q_o^{1-m};$$

$$t_2 = t_{\text{иш}} + \Delta t' \cdot Q_o^{0,8} - 0,5\theta' \cdot Q_o^{1-m};$$

$$t_3 = t_{\text{иш}} + \Delta t' \cdot Q_o^{0,8} + 0,5\theta' \cdot Q_o^{1-m}.$$

Барлық тапқан мөлшерлерді 7.1 кестеге толтырамыз, кесте бойынша жылу жүйесіндегі су температурасы мен шығысының сыртқы ауа температурасымен байланыс сызбағы салынады.

7.1 кесте.

Реттеу тәсілі	$Q_o$	G	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$
Сапалы	1,0	1	- 19	70	90	150
	0,8	1	- 11,6	62	78	126
	0,6	1	- 4,2	53	65	101
	0,5	1	-0,5	48,6	58,6	89
	0,4	1	3,2	43,8	51,8	76
	0,36	1	4,8	41,6	48,7	70
Сапалы-мөлшерлі	0,25	0,63	8,75	34,5	42,4	66
	0,20	0,59	10,6	31,7	38,5	59
	0,10	0,47	14,3	25,7	30	43
	0,0	0,0	18	18	18	18

Жылу электр орталығынан берілетін толық жылу турбиналардың бу алымынан және су қыздырғыш қазандардан алынады. Жылудың турбиналардың бу алымынан берілетін бөлшегі, жылуландыру коэффициентімен көрсетіледі:

$$\alpha_T = Q_{\text{алым}} / Q_o,$$

мұнда  $Q_{\text{алым}}$  - турбиналардың бу алымынан берілетін жылудың бөлшегі;  
 $Q_o$  – жылуландыруға берілетін жылудың толық мөлшері.

Су жылытқыш қазаннан берілетін жылу мөлшері:

$$Q_{\text{сжк}} = Q_o - Q_{\text{алым}}.$$

## Дәріс №8. Жылу желінің гидравликалық есептеуі

**Дәрістің мақсаты:** жылу желісін жобалаған кездегі гидравликалық есептеу, пьезометриялық сызбақ салудың шарттары бойынша білімін тереңдету.

Жылу желісін жобалаған кездегі ең маңызды бөлімі болатын оның гидравликалық есептеуі. Гидравликалық есептеу жылу желіні пайдаланған кезде де маңызды болады [1,3].

Жылу желісін жобалаған кездегі гидравликалық есептеуге кіретін:

- а) құбырлардың диаметрін анықтау;
- б) қысым құламасын (қысым кемуін) табу;
- в) жылу желінің әрбір жерлеріндегі қысым кемуін анықтау;
- г) жылу желісі онымен бірге әрбір абонент жүйесі статикалық және динамикалық жұмыс тәртібі кезінде тұрақты жұмыс атқару.

Кейбірде жылу желісінің гидравликалық есептеуі арқылы келесі мәселелер шешіледі:

- а) жылу желісін салуға қаражат шамасын табу;
  - б) жылу желісіне керекті насостарды таңдау;
  - в) жылу желісіне абоненттерді қосу сұлбасын анықтау;
  - г) жылу желісін пайдаланған кездегі жұмыс тәртіптерін анықтау.
- Жылу желінің гидравликалық есептеуіне қолданылатын теңдеулер

*Бернулли теңдеуі*

$$Z_1 \cdot g + \frac{w_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} = Z_2 \cdot g + \frac{w_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + \frac{\delta P}{\rho}, \quad (8.1)$$

$Z_1, Z_2$  – геометриялық биіктік, м;

$w_1, w_2$  – құбырдағы су жылдамдылығы, м/с;

$P_1, P_2$  – құбырдағы су қысымы, Па;

$\delta P$  – қысым құламасы (қысым кемуі), Па;

$\rho$  – су тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – еркін түсу (ауырлық күш) үдеуі,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Су құбырларындағы тегеурін:

$$H_0 = Z + \frac{w^2}{2 \cdot g} + \frac{P}{\gamma} = Z + \frac{w^2}{2 \cdot g} + H; \quad (8.2)$$

$P$  – құбырдағы қысым, Па;

$\frac{P}{\gamma} = H$  – пьезометриялық тегеурін, м;

$\gamma$  – судың меншікті салмағы, Н/м<sup>3</sup>.

Жылу желінің гидравликалық есептеуінде,  $\frac{w^2}{2 \cdot g}$  мөлшері аз болғанынан есепке алынбайды, сондықтан толық тегеурін пьезометриялық тегеурін мен құбыр орналасу биіктігінің қосындысына тең болады:

$$H_0 = Z + \frac{P}{\gamma} = Z + H \quad (8.3)$$

Сонымен пьезометриялық тегеурін  $H = H_0 - Z$ .  
Тегеурін кемуі:

$$\delta H = \frac{\delta P}{\gamma} = \frac{\delta P}{g \cdot \rho} \quad (8.4)$$

Құбырларда қысым кемуі екі қосындыдан тұрады

$$\delta P = \delta P_l + \delta P_m, \quad (8.5)$$

$\delta P_l$  – құбыр бойымен қысым кемуі;

$\delta P_m$  – орындардағы қысым кемуі.

Құбыр бойымен қысым кемуі:

$$\delta P_l = R_l \cdot l, \quad (8.6)$$

мұнда  $R_l$  – меншікті қысым кемуі, Па/м;

$l$  – құбыр ұзындығы, м.

Д'Арси теңдеуі бойынша меншікті қысым кемуі:

$$R_l = \lambda \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \frac{\rho}{d} = 0,812 \cdot \lambda \cdot \frac{G^2}{d^5 \cdot \rho}, \quad (8.7)$$

мұнда  $\lambda$  – гидравликалық үйкеліс коэффициенті;

$w$  – құбырдағы су жылдамдылығы, м/с;  $d$  – құбырдың ішкі диаметрі, м;

$G$  – су шығысы, кг/с.

Гидравликалық үйкеліс коэффициенті  $\lambda$  құбырдың ішкі қабырғасының бұдырлығы мен сұйықтың ағу тәртібіне байланысты. Құбырлардың ішкі қабырғалары тегіс болған кезде, гидравликалық үйкеліс коэффициентін 8.1 кестеде келтірілген кейіптемемен (формуламен) табуға болады.

### 8.1 К е с т е

№	Шығармашы	Рейнольдс саны, Re	Үйкеліс коэф-ті, $\lambda$
1	Пуазель	$Re < 2300$	$\lambda = 64/Re$
2	Блазиус	$2300 \leq Re \leq 10^4$	$\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$
3	Никурадзе	$Re \geq 10^5$	$\lambda = 0,0032 + 0,221/Re^{0,237}$
4	Альтшуль	$Re \geq 10^4$	$\lambda = 1/(1,82 \lg Re - 1,64)$

Құбырлардың ішкі қабырғалары бұдыр болған кезде, гидравликалық үйкеліс коэффициентін Алтшуль А.Д. формуласымен табуға болады:

$$\lambda = 0,11(k_3/d + 0,68/Re)^{0,25}, \quad (8.8)$$

мұнда құбыр бетінің бұдырлығы  $k_3$ ;

құбыр диаметрі  $d$ ;

салыстырмалы бұдырлық  $k_3/d$ .

Рейнольдс саны:

$$Re = wd/v. \quad (8.9)$$

Егер құбырдың ішкі беті тегіс болса, бұдырлық  $k_3 = 0$ , Альтшуль формуласы Блазиус формуласына ауысады. Ал егер Рейнольдс саны жоғары болса  $Re = \infty$ , Альтшуль формуласы Шифринсон Б.Л. формуласына ауысады:

$$\lambda = 0,11(k_3/d)^{0,25}. \quad (8.10)$$

Альтшуль мен Шифринсон формулаларын пайдалануы келесіден шешіледі, егер  $Re < Re_{np} = 568d/k_3$ , Альтшуль формуласы қолданылады, ал егер  $Re \geq Re_{np} = 568d/k_3$ , Шифринсон формуласы қолданылады.

Жылу желінің гидравликалық есептеуін жеңілдету үшін келесі формулалар қолданылады:

Меншікті қысым кемуі, Па/м:

$$R_n = \frac{A_R \cdot G^2}{\rho \cdot d^{5,25}}, \quad (8.11)$$

егер  $\rho = const$  болғанда:

$$R_n = \frac{A^B_R \cdot G^2}{d^{5,25}}.$$

Құбыр диаметры, м:

$$d = \frac{A_d \cdot G^{0,38}}{(R_n \cdot \rho)^{0,19}}; \quad (8.12)$$

егер  $\rho = const$  болғанда:

$$d = \frac{A^B_d \cdot G^{0,38}}{R_n^{0,19}}.$$

Құбырдан өтетін су шығысы, кг/с:

$$G = A_G (R_n \cdot \rho)^{0,5} \cdot d^{2,625}, \quad (8.13)$$

егер  $\rho = const$  болғанда:

$$G = A^B_G \cdot R_n^{0,5} \cdot d^{2,625}.$$

Бұл формулалардағы бұдырлыққа байланысты коэффициенттер формулалары 8.2 кестеде келтірілген.

8.2 кесте

Коэффициент	Өлшемі	Кейіптеме
$A_R$	$M^{0,25}$	$0,0894 k_3^{0,25}$
$A_R^B$	$M^{3,25}/KГ$	$0,0894 k_3^{0,25}/\rho$
$A_d$	$M^{0,0475}$	$0,63 k_3^{0,0475}$
$A_d^B$	$M^{0,62}/KГ^{0,19}$	$0,63 k_3^{0,0475}/\rho^{0,19}$
$A_G$	$M^{-0,125}$	$3,35/k_3^{0,125}$
$A_G^B$	$M^{0,5}/KГ^{1,625}$	$3,35\rho^{0,5}/k_3^{0,125}$

Жергілікті орындардағы қысым кемуі:

$$\delta P_M = R_l \cdot l_3, \quad (8.14)$$

мұнда жергілікті орындардағы кедергілердің эквивалентті ұзындығы:

$$l_3 = A_l \cdot \sum \xi \cdot d^{1,25}, \quad (8.15)$$

Толық қысым кемуі:

$$\delta P = \delta P_l + \delta P_M = R_l \cdot (l + l_3), \quad (8.16)$$

мұнда  $A$  – коэффициенттері құбырлардың эквивалентті бұдырлығына  $k_3$  байланысты.

СНиП бойынша, жылу желінің гидравликалық есептеуіне келесі бұдырлық алған жөн:

- бу құбырлары 0,0002; дұрыс пайдаланған кездегі су құбырлары 0,0005;

- ыстық сумен қамтамасыздандыру құбырлар 0,001.

Осы берілген белгілі бұдырлықтарды ескеріп,  $A$  коэффициенттерін тауып, құбырлардың гидравликалық есептеуіне номограммалар салынған,  $R_l = f(G, d)$ , [1], 5.8 мен 5.9 суреттер және [2], 5.2 сурет.

Гидравликалық есеп шығару реті: құбырлардың гидравликалық есебін шығарған кезде берілген мәліметтерге кіретін жылу тасығыштың шығысы мен құбыр бойымен толық қысым құламасы. Есеп арқылы құбырлардың диаметрін табу қажет.

Есептің екі бөлімі болады: алдын ала және тексеру есептер.

Алдын ала есепке кіретін:

1. Жергілікті кедергінің үлес коэффициентін таңдау әлде келесі формула арқылы есептеп алу қажет:

$$\alpha = 1,15 \cdot A_\alpha \cdot \frac{\sum \xi}{\ell} \cdot \sqrt{\frac{G}{\sqrt{\delta P \cdot \rho / \ell}}}. \quad (8.17)$$

2. Құбыр бойымен меншікті қысым құламасы табылады:

$$R_l = \delta P / [\ell(1 + \alpha)]. \quad (8.17.1)$$

3. Жылу тасығыштың орташа тығыздығы табылады:

$$\rho = (\rho_{\text{бас}} + \rho_{\text{соң}})/2. \quad (8.18)$$

4. Құбырлардың диаметрі есептеледі:

$$d = \frac{A_d \cdot G^{0,38}}{(R_{\xi} \cdot \rho)^{0,19}};$$

немесе

$$d = \frac{A^B_d \cdot G^{0,38}}{R_{\lambda}^{0,19}}. \quad (8.19)$$

Тексеру есепке кіретін:

1. Алдын ала есептелген диаметр мөлшерін ең жақын стандартты диаметрге ауыстырамыз.

2. Рейнольдс санын  $Re = wd/\nu$  есептеп, сұйықтың ағу тәртібіне байланысты, гидравликалық үйкеліс коэффициенті  $\lambda$  табылады.

3. Құбыр бойымен меншікті қысым құламасы табылады:

$$R_{\lambda} = \frac{\dot{A}_R \cdot G^2}{\rho \cdot d^{5,25}};$$

немесе

$$R_{\lambda} = \frac{A^B_R \cdot G^2}{d^{5,25}}. \quad (8.20)$$

4. Жергілікті орындардағы кедергілердің эквивалентті ұзындығы табылады:

$$\ell_{\xi} = \sum \xi \cdot d/\lambda;$$

немесе

$$\ell_{\xi} = A_{\ell} \sum \xi \cdot d^{1,25}. \quad (8.21)$$

5. Толық қысым құламасы табылады:

$$\delta P = R_{\lambda}(\ell + \ell_{\xi}). \quad (8.22)$$

Есеп шығару реті [1], 5.8 бен 5.9 және [2], 5.2 суреттегі номограмма қолданған кезде оңай орындалады.

Жылу желілерінің бірнеше тараулары болған кезде аймақтардағы қысым мөлшерін анықтау үшін қысым графигі (пъезометриялық график) салынады. Пъезометриялық сызбақ салу үшін пъезометриялық тегеурін есептелінеді. Тегеурін дегеніміз сұйық заттың деңгейіне байланысты қысым. Пъезометриялық тегеурін, м және артық қысым, Па, бір-бірімен байланысты:

$$P = H \cdot \rho \cdot g \quad \text{және} \quad H = P / (9,8 \cdot \rho), \quad (8.23)$$

мұнда  $H$  - сұйықтың биіктігі, м;

$P$  - артық қысым, Па;

$\rho$  - тығыздық, кг/м<sup>3</sup>.

Пъезометриялық сызбағын салу алдында абсцисс ось бойымен, жылу арнасы өтетін жер бедері (рельеф) салынады. Жер бедері астында масштабпен арна сұлбасы келтіріледі. Ең төмен нүкте насос орнатылған жерден алынады. Осы нүктеден бастап, әрбір тұтынушылардың толық қысым шығыны арқылы

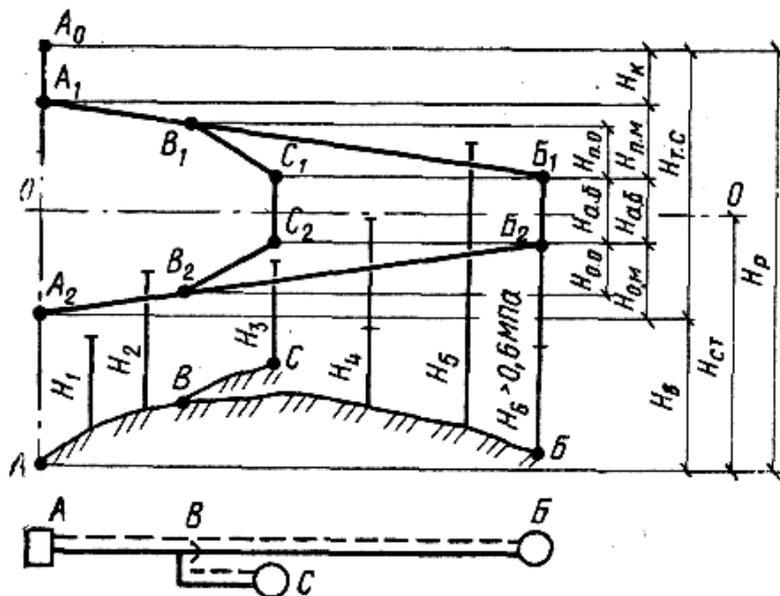
барлық нүктелер табылады. Пьезометриялық графигін салған кезде әрбір тұтынушының алдындағы тегеурін су биіктігімен, 15 м төмен болмауы қажет. Пьезометриялық график арқылы су насостарын таңдауға болады.

Пьезометриялық сызбақ салған кезде келесі шарттар орындалуы қажет:

1. Насостардың кіріс патрубоктарында және желінің басқа бөлшектерінде артық қысым болуы қажет (0,05 МПа – дан кем емес). Бұл кавитация болмау үшін жасалады.

2. Жылу желісінің жұмысы тұрақты болуы үшін, тіке және кері арналарының кірісіндегі қысым құламасы керекті мөлшерде болуы қажет.

3. Ашық жылуландыру жүйесінде кері арнасында керекті қысым мөлшерін қамтамасыз ету қажет. Негізгі техникалық шешімдерін келесі пьезометриялық сызбақ (8.1 сурет) арқылы көрсетуге болады.



A–жылу көзі; Б–ен қашық жылу тұтынушы; В–бұрылыс нүктесі; С–бұрылыстан соңғы жылу тұтынушысы;  $H_1$ – $H_6$ –тұтынушылардың (1-6) ғимараттарының биіктігі;  $A_0 - A_1 = H_k$ –жылу көзіндегі тегеурін шығыны;  $A_1B_1$  және  $A_2B_2$ –тіке және кері арналарының пьезометриялық сызықтары;  $B_1C_1$  және  $B_2C_2$ –бұрылыстан соңғы пьезометриялық сызықтары;  $H_{п.о}$  және  $H_{о.о}$ –бұрылыстан соңғы арнадағы тегеурін шығыны;  $H_{аб}$  – тұтынушыдағы тегеурін шығыны;  $H_{п.м}$  және  $H_{о.м}$ –тіке және кері арналардағы тегеурін шығыны;  $H_в$ –жылу көзіндегі кері арнаның пьезометриялық биіктігі;  $H_{т.с}$ –жылу желідегі тегеурін шығыны;  $H_{ст}$  (0-0)–статикалық деңгей;  $H_p$ –желі насостары тудыратын толық есептік тегеурін.

8.1 сурет - Жылу желінің пьезометриялық сызбағы

Егер ғимарат биіктігі кері арнадағы қысымнан жоғары болса, автоматты қысым реттегіштер орнату қажет. Ал жылу тұтынушыларға берілетін қысым 0,6 МПа-дан жоғары болса, әлде қысым желіні толтыруға жеткілікті болмаса, бұл тұтынушыны тәуелсіз сұлба бойынша қосу керек. 8.1 сурет бойынша, 1, 2, 3, 4, 6 тұтынушыларды элеватор арқылы қосуға болады. Бірақ 1 және 6 тұтынушылардың кері арнасында қысым 0,6 МПа дан жоғары болмауы қажет, ал 2, 3, 4 тұтынушылардың кері арнасындағы қысым статикалық қысымнан

кіші болғаннан, қысым реттегіш орнату қажет. Статикалық қысымы жоғары болғаннан 5 тұтынушыны тек насос арқылы қосу және кері жапқыш орнату қажет.

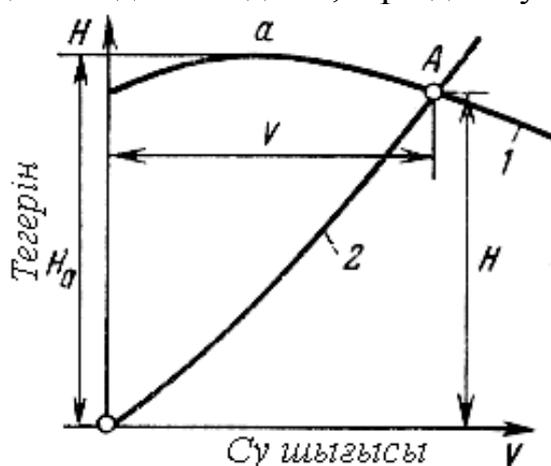
## Дәріс №9. Жылулық желілерінің гидравликалық жұмыс тәртібі

**Дәрістің мақсаты:** жылулық желісінің гидравликалық сипаттамасы және жұмыс тәртібі бойынша мәліметтерді алу.

### 9.1 Жылулық желісінің гидравликалық сипаттамасы

Жылу жүйелерін басқарып реттеу үшін олардың және айналым сорғыларының (насостарының) сипаттамаларын білу қажет. Жылу жүйесінің гидравликалық жұмыс тәртібі жылулық желісі мен сорғының гидравликалық сипаттамаларының қиылысқан нүктесімен байланысты. 9.1 суретте жылулық желісі мен сорғының гидравликалық сипаттамаларының қиылысуы көрсетілген:

- 1– сорғы сипаттамасы;
- 2– жылулық желінің сипаттамасы;
- A-сипаттамалардың қиылысқан нүктесі;
- H-сорғының қысымы, жүйедегі тегеурін шығынына тең;
- V-сорғының көлемдік өнімділігі, жүйедегі су шығысына тең.



9.1 сурет - Жылулық желісі мен сорғының гидравликалық сипаттамалары

Сорғының гидравликалық сипаттамасы дегеніміз оның қысым тегеурінінің  $H$  көлемдік өнімділігімен  $V$  байланысы. Сорғының сипаттамасы заводтан белгілі болып келеді, ал егер сипаттамасын анықтау керек болса, сынаудан өткізеді.

Сорғының айналым жылдамдылығы тұрақты кезінде оның сипаттамасын келесі теңдеумен көрсетуге болады:

$$H = H_0 - S_0 \cdot V^2,$$

мұнда  $H_0$ —сорғының шартты қысым тегеуріні, су шығысы  $V = 0$  кезінде;

$S_0$  – сорғының ішкі шартты кедергісі,  $\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ .

Егер сорғының айналым жылдамдылығы өзгерсе, оның сипаттамасы да өзгереді. Сорғының өнімділігі, қысымы мен керекті қуаты айналым жылдамдылығының өзгеруімен келесі теңдеу арқылы байланысты:

$$n_1/n_2 = V_1/V_2 = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} = \sqrt[3]{\frac{N_1}{N_2}},$$

мұнда  $V_1$ ,  $H_1$ ,  $N_1$  – сорғының айналым жылдамдылығы  $n_1$  кезіндегі өнімділігі, қысым тегеуріні мен керекті қуатының мөлшері;

$V_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$  – сорғының айналым жылдамдылығы  $n_2$  кезіндегі өнімділігі, қысымы мен керекті қуатының мөлшері.

Сорғының айналым жылдамдылығы тұрақты кезінде, керекті қуаты:

$$N = N_c \cdot \left[ x + \frac{V}{V_c} \cdot (1 - x) \right],$$

мұнда  $V_c$ ,  $N_c$  – сорғының негізгі жұмыс тәртібі кезіндегі (ПӘК-і ең жоғары мөлшеріндегі) өнімділігі мен қуаты;

$N$  – сорғының өнімділігінің мөлшері  $V$ -ға тең кезіндегі қуаты;

$x = N_x / N_c$  – сорғының бос жүріс коэффициенті;

$N_x$  – сорғының бос жүріс кезіндегі қуаты ( $V = 0$  кезінде).

Сорғының бос жүріс коэффициентінің мөлшері  $0,2 \leq x \leq 0,5$  аралығында болады. Сорғының негізгі жұмыс тәртібі кезіндегі қуатының мөлшерін келесі теңдеумен көрсетуге болады:

$$N_c = V_c \cdot \Delta P_c / \eta_{c.k.};$$

мұнда  $V_c$ ,  $\Delta P_c$  – сорғының негізгі жұмыс тәртібі кезіндегі өнімділігі мен қысымы;

$\eta_{c.k.} = \eta_c \cdot \eta_{эд}$  – сорғы қондырғының ПӘК-ті, сорғының негізгі жұмыс тәртібі кезінде  $\eta_{c.k.} = 0,7 \div 0,8$  аралығында болады.

Жылулық желісінің сипаттамасын келесі теңдеулер арқылы көрсетуге болады:

$$\Delta H = S_c \cdot V^2$$

әлде

$$\Delta P = S \cdot V^2;$$

мұнда  $\Delta H$  – тегеурін шығынының мөлшері, м;

$\Delta P$  – қысым шығынының мөлшері, Па;

$V$  – су шығысы,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$S_c$  – тегеурін өлшем бірлігі арқылы көрсетілген жылулық желісінің кедергісі ( $V=1$  кезіндегі тегеурін шығыны),  $\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ ;

$$S = S_c \cdot \rho \cdot g = S_c \cdot \gamma$$

– қысым өлшем бірлігі арқылы көрсетілген жылулық желісінің кедергісі ( $V=1$  кезіндегі қысым шығыны),  $\text{Па} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ ;

$\rho$  – судың тығыздығы,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$g$  – ауырлық күш үдеуі,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$\gamma$  – судың меншікті салмағы,  $\text{Н}/\text{м}^3$ .

Жылулық желінің кедергісі  $S$  желінің ұзындығына, оның құбырлары мен жергілікті кедергілеріне және жылу тасығыштың тығыздығымен байланысты. Жылулық желінің жұмыс атқару кезінде ыстық судың тығыздығы көп өзгермейді, негізінде тұрақты болады деп саналады.

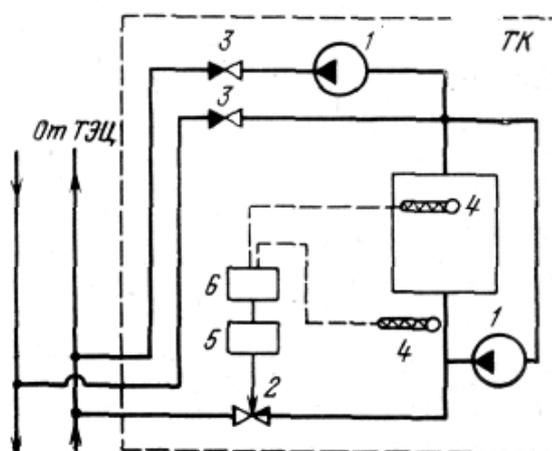
## 9.2 Жылулық жүйесінің гидравликалық жұмыс тәртібі

Жылулық желінің дұрыс жұмыс атқаруы тұтынушылар қондырғысының кірісінде ыстық судың керекті қысымын қамтамасыздандыру. Ыстық судың керекті қысымын және тұтынушыларды толық жылумен қамтамасыздандыру үшін жылулық желінің гидравликалық есептеуін өткізу қажет. Жылулық желінің гидравликалық есептеуінің мақсаты желінің белгілі жұмыс тәртібі кезінде әрбір аумақшасындағы су шығысы мен қысымын табу. Жылулық желінің гидравликалық есебін өткізген соң оның сипаттамасын сызбақ түрінде салады.

Жылулық желінің әрбір аумақшасының белгілі кедергісі мен су шығысы арқылы пьезометриялық сызбақ салынады. Пьезометриялық сызбақ желінің әрбір аумақшасындағы және тұтынушылардың кірісіндегі су қысымын табуға қажет.

Жылу желісінің гидравликалық жұмыс тәртібінің тұрақтылығы желілердің кедергісі мен абоненттердің кедергісіне байланысты, егер абоненттердің кірісінде кедергі мөлшері желі кедергісінен жоғары болса, бұл жүйенің гидравликалық сипаттамасы жоғары болады.

Мәселен, 9.2 суретте, жылу комбинаттың жылу желісіне қосылуы көрсетілген. ЖЭО-нан келген ыстық желі су комбинат жылулық желісіне жіберіледі. Желі ыстық су, жылуын беріп салқындап, сорғы арқылы қайтадан ЖЭО-на жіберіледі. Жылу комбинатына берілетін жылу қуатының мөлшері температура өлшегіш және реттегіш жүйе арқылы реттеліп отырылады.



1-сорғы (насос); 2-реттегіш; 3-кері клапан; 4-температура өлшегіш;  
5-орындағыш аспап; 6-реттегіш аспап.

9.2 сурет - Жылу комбинаттың жылулық желісіне қосылу сұлбасы

## Дәріс №10. Жылу электр орталықтарының жылуландыру жабдықтары

**Дәрістің мақсаты:** жылуландыру жабдықтарының түрлері, су жылытқыш және тазалағыш қондырғылардың жұмысы туралы білімін тереңдету.

### 10.1 Жылуландыру жабдықтарының түрлері

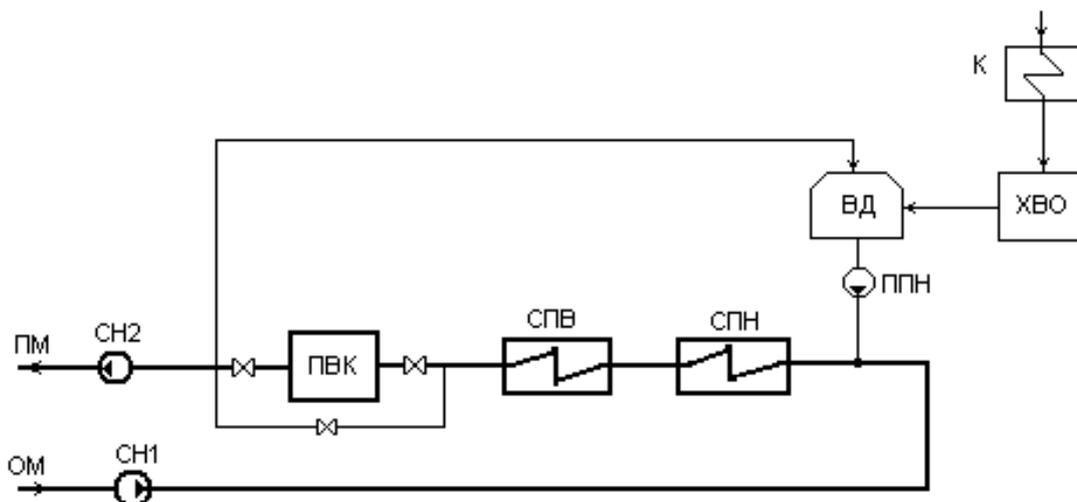
Жылу электр орталықтарының (ЖЭО) жылуландыру жабдықтары жылу тасығышты өндеп дайындауға және жылуын беріп қайтып келген жылу тасығышты қабылдауға арналған. Жылуландыру жабдықтарының түрі олардың атқаратын жұмысымен байланысты.

Су жылу жүйелеріне жылу беретін ЖЭО-да келесі жылуландыру жабдықтары орнатылады:

- су жылытқыштар;
- желі сорғылары (насостар);
- су дайындау қондырғылар – су тазартқыш сүзгілер,

газсыздандырғыштар, ыстық су жинағыш бақтар (аккумулятор бақтары), қоспа су сорғылары.

ЖЭО-ғы жылуландыру қондырғының сұлбасы 10.1 суретте көрсетілген.



ПМ и ОМ –тіке және кері арналар (магистральдар); СН1 и СН2 – желі сорғылары; ПВК – шындық су жылытқыш қазан; СПВ и СПН – астыңғы және үстіңгі су жылытқыштар; ВД – желі су вакуум деаэраторы; ППН – қоспалы су сорғысы; ХВО – химиялы су тазарту; К- турбина конденсаторы (су жылытқыш қуырларымен бірге).

10.1 сурет - Жылуландыру қондырғының сұлбасы

Су жылытқыштар турбина алымдарынан бу алып желі суды қыздырады. Желі су жылытқыштар төменгі (СПН) және жоғары (СПВ) деп аталады. Төменгі су жылытқышқа берілетін бу қысымы 0,049-0,196 МПа, ал жоғарғы су жылытқышқа берілетін бу қысымы 0,059-0,245 МПа аралығында реттеледі.

Осы қысым мөлшеріне байланысты желі су температурасы да реттеледі. Егер, желі су температурасын көтеру қажет болса, су жылытқыш қазан (ПВК) іске қосылады.

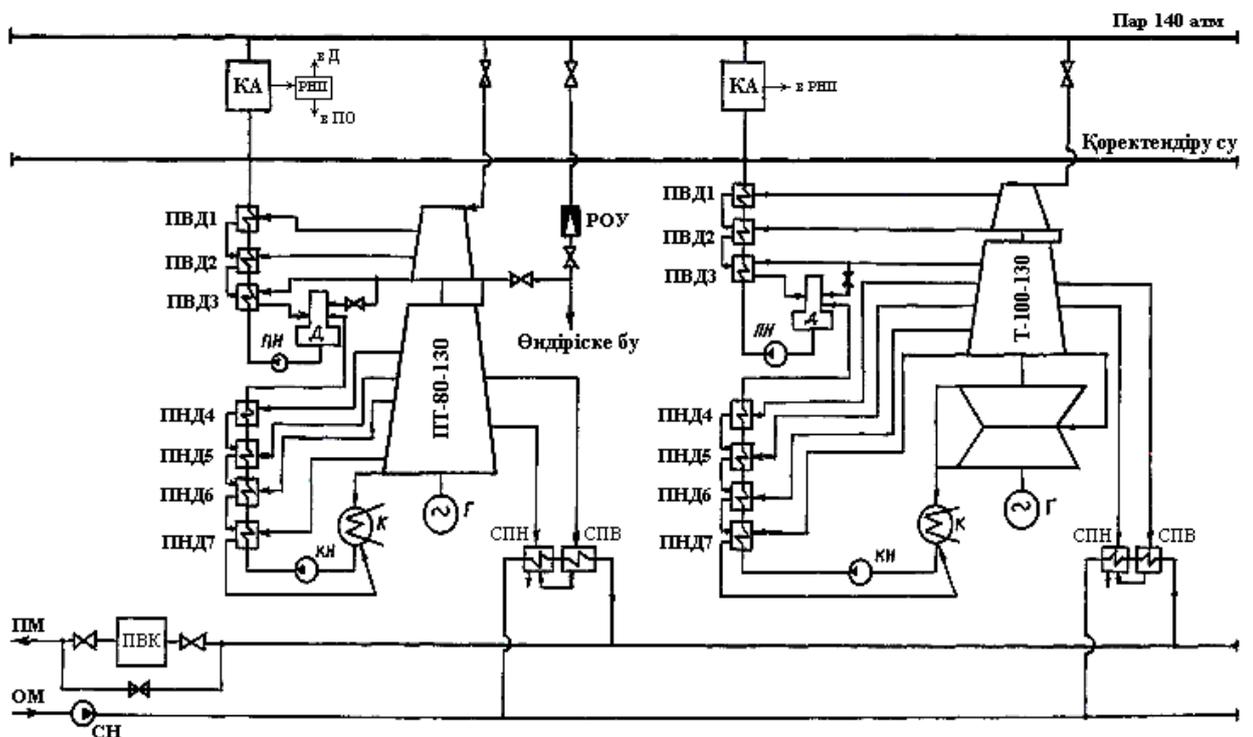
Жылуландыру желісіндегі су шығыны химиялық су тазарту (ХВО) және вакуумды деаэратор (газсындандырғыш) жүйелер арқылы толтырылады. Су жүйесінен химиялық су тазарту жүйесіне су конденсаторда (шықтағышта) алдын ала қыздырылып жіберіледі. Химиялық тазаланған су деаэраторда газсындандырылып жылулық жүйесіне шығын болған суды өтеу үшін қосылады.

Бу жылу жүйелеріне жылу беретін ЖЭО-да келесі жылуландыру жабдықтары орнатылады: шықтанған суды қабылдайтын бактар мен сорғылар; бу өзгерткіштер; қысым мен температураны керекті мөлшерде ұстап реттегіш қондырғылар.

Қазіргі ЖЭО-да қуаты 50-250 МВт жылуландыру бу турбиналардың үш түрі орнатылады:

- бу алымдары бар шықтағышты турбиналар (түрлері Т және ПТ);
- қарсы қысымды турбиналар (түрі Р).

10.2 суретте Т және ПТ бу турбиналар орнатылған ЖЭО-ның жылу сұлбасы көрсетілген. Жылуландыру қондырғысы екі сатылы су жылытқыштардан және шындық су жылытқыш қазаннан тұрады. Желіге су сорғылар арқылы жіберіледі.



10.2 сурет - Т және ПТ бу турбиналар орнатылған ЖЭО-ның жылу сұлбасы

Түрлері Т және ПТ шықтағышты бу турбиналардың электр қуаты жылуландыру жүктемесімен негізінде байланысы болмайды, бірақ электр энергия өндірген кездегі тиімділігі өзгереді. Түрі Р қарсы қысымды бу турбиналар тиімді болғанымен, олардың электр қуаты жылулық жүктемесімен байланысты. Сондықтан Р түрді бу турбиналар жыл бойы тұрақты жылулық жүктемені қамтамасыздандыруға орнатылады. ЖЭО-да шындық жылу жүктемені су жылытқыш қазандары арқылы қамтамасыздандырады. Шындық су жылытқыш қазандар газ және мазут отындарын жағада. ЖЭО-дағы жылуландыру қондырғылар, жылу тасығыш көрсеткіштерін қалыпты мөлшерінде ұстау үшін автоматтандырылған реттеу жүйелерімен қамтамасыздандырылады.

## 10.2 Су жылытқыш қондырғылар

Су жылытқыш қондырғылар Т және ПТ турбиналардың бу алымдарынан алынған бумен жылулық желінің суын жылытуға арналған. Су жылытқыштар тік және жатық орнатуға арналған түрлері болады. Тік орнатылатын су жылытқыштың жылулық қуаты төмен. Қазіргі қуаты жоғары жылуландыру бу турбиналарында жатық орнатылатын су жылытқыштар қолданылады.

Тік орнатылатын су жылытқыш корпустан, жоғарғы су камерасынан және корпус ішіндегі жез құбырлардан жасалған жылу беттерінен құралады. Тік орнатылатын су жылытқышқа желі су жоғары су камерасынан жіберіледі. Бу патрубок арқылы жылытқыш корпусына жіберіледі. Жылуын берген бу шықтанып, жылытқыштың астыңғы жағынан аластанады.

Жатық орнатылатын су жылытқыштар ішінде жезден (латунь) жасалған трубкалы жылу беттер орналасқан. Жылытқыш астында шық жинағыш орнатылады. Электр жүктеме құлаған кезде бу жапқышы жабылады, сондықтан турбинаны қорғау үшін жылытқыш шық жинағышпен саңылаулы патрубок арқылы қосылады. Саңылаулы патрубок қысым құлаған кезде шық жинағыштағы су қайнамау үшін жасалады. Металдың температуралық ұзаруын ескеру үшін линзалы өтеуіш орнатылады.

Су жылытқыштардың жылулық есебінің мақсаты, біріншіден, оның жылу бетінің ауданын табу, ал, екіншіден, жылытқыштың белгілі геометриялық өлшемдері мен жылу тасығыштың сипаттамалары арқылы жылулық жүктемесінің мөлшерін табу.

Су жылытқыштардың ауданын белгілі жылулық жүктемесіне байланысты табады:

$$F = Q/k \cdot \Delta t, \quad (10.1)$$

мұнда  $F$  – су жылытқыштың ауданы,  $m^2$ ;

$Q$  – су жылытқыштың жылулық жүктемесі, Вт;

$k$  – жылу өткізу коэффициенті;

$\Delta t$  – жылу тасығыштардың температура айырмашылығы,  $^{\circ}C$ .

Жылу тасығыштардың температура айырмашылығы  $\Delta t$  логарифмдік формула арқылы табылады:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{m})}, \quad (10.2)$$

мұнда  $\Delta t_a, \Delta t_i$  - жылу тасығыштардың жоғары және төмен температура айырмашылығы.

Жылу беті бар су жылытқыштардың жылу өткізу коэффициентін  $k$  келесі формуламен табады:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda}}, \quad (10.3)$$

мұнда  $\alpha_1, \alpha_2$  - жылу тасығыштар мен жылу беттер аралығындағы жылу беру коэффициенттері;

$\sum \frac{\delta}{\lambda}$  - жылу беттерінің құбырлар қабырғасының және қақтар мен кірлерінің термиялық кедергісі.

Жылытқыштардың теңістік (баланс) теңдеуі арқылы жылу жүктемесін  $Q$ , Дж/с, Вт, келесімен табуға болады:

- бумен қыздырылатын су жылытқышқа:

$$Q = D_1 \cdot (i_1 - i_{k1}) \cdot \eta = G_2 \cdot C \cdot (t_1 - t_2), \quad (10.4)$$

- ыстық сумен қыздырылатын су жылытқышқа:

$$Q = G_1 \cdot C \cdot (\tau_1 - \tau_2) \cdot \eta = G_2 \cdot C \cdot (t_1 - t_2), \quad (10.5)$$

мұнда  $D_1$  – су қыздыруға берілетін бу шығысы, кг/с;

$G_1, G_2$  – қыздырғыш және қыздырылатын судың шығысы, кг/с;

$i_1, i_{k1}$  – қыздырғыш будың және оның конденсатының (шық) энтальпиясы, Дж/кг;

$t_1, t_2$  – қыздырылатын судың жылытқыштың кірісі мен шығысындағы температурасы, °С;  $C$  – судың жылу сыйымдылығы,  $C = 4190$  Дж/(кг·К);

$\tau_1, \tau_2$  – қыздырғыш судың жылытқыштың кірісі мен шығысындағы температурасы, °С;

$\eta$  – су жылытқыштың термиялық пайдалы әсер коэффициенті.

Су жылытқыштың термиялық пайдалы әсер коэффициентін толық  $Q_1$  және пайдаға асқан  $Q_2$  жылу мөлшерлері арқылы табуға болады:

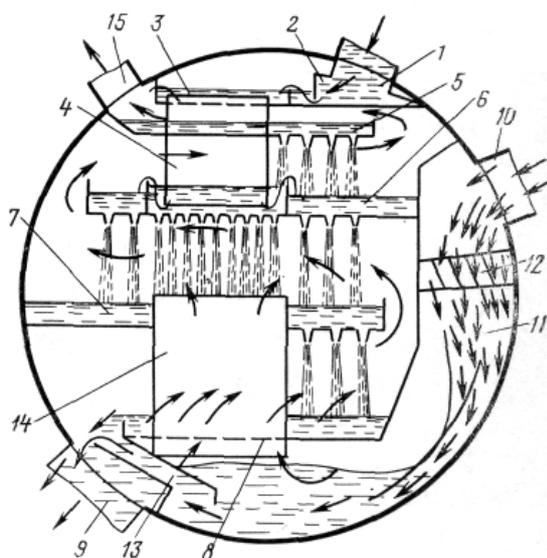
$$\eta = Q_2 / Q_1. \quad (10.6)$$

Қазіргі кездегі су жылытқыштардың термиялық пайдалы әсер коэффициенттерінің мөлшері 0,98 - 0,99 аралығында болады.

### 10.3 Жылулық желі су тазалағыш қондырғылар

Жылулық желі суын дайындаған кезде оны химиялық су тазартудан және газсыздандырғыштан (деаэратордан) өткізеді. Химиялық су тазарту

арқылы желі судан тұздарды және басқа зиянды химиялық қосындыларды жояды. Қазіргі кезде құбырларға қақ тұрмау үшін желі суға ИОМс қосатын болды. Химиялық тазартылған судан зиянды газдарды ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) жою қажет, сондықтан суды газсыздандырғыштан (деаэратордан) өткізеді. Жылулық желі суын газсыздандыру үшін атмосфералық немесе вакуумды газсыздандырғыштар (деаэраторлар) қолданылады. Атмосфералық газсыздандырғыштарда (деаэраторда) қысымы 1 атмосфераға тең бу суды қыздырып газсыздандырады. Вакуумды газсыздандырғыштарда (деаэраторда) (10.3 сурет) ыстық су вакуумды деаэраторға кірген соң буға айналады, бу суды қыздырып газсыздандырады.



1- су кіретін құбыр; 2- су таратқыш коллектор; 3- бірінші тесікті тарелка; 4-су өткізгіш қорабы; 5- екінші тесікті тарелка; 6- үшінші (негізгі) тесікті тарелка; 7- төртінші тесікті тарелка; 8- барботаж тақтасы; 9- газсызданған су патрубогі; 10- ыстық су кірісінің патрубогі; 11- ыстық су бөлшегі; 12- бу мен суды бөлетін жалюзи; 13- су жіберетін бөлшек; 14- бу өткізетін қораб.

#### 10.3 сурет - Вакуумды газсыздандырғыштың (деаэратор) құрылысы

Химиялық тазартылған су вакуумды газсыздандырғышқа (деаэраторға) құбыр арқылы жіберіледі де, тесікті тарелкалар арқылы шашырап шығады. Ыстық су вакуумды газсыздандырғышқа (деаэраторға) кірген соң буға айналып, барботаж тақтасындағы суды қыздырып өтеді де, шашыраған су арасынан өтіп, суды қыздырып газсыздандырады. Газсызданған су патрубок арқылы жылулық желінің кері құбырына жіберіледі.

### Дәріс №11. Жылуландыру пункттерінің жабдықтары

**Дәрістің мақсаты:** жылуландыру пункттерінің жабдықтары және олардың атқаратын жұмысы туралы мағлұматтарды меңгеру. Ыстық сумен қамтамасыздандыратын жылулық желілерінің сұлбасымен танысу.

## 11.1. Жабдықтардың түрлері

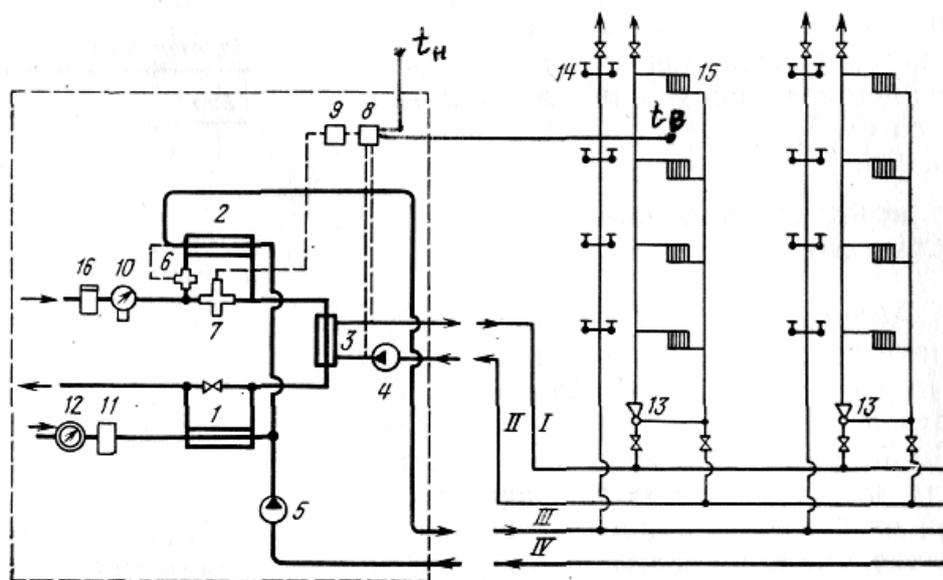
Жылуландыру пункттерінің мақсаты тұтынушыға жіберілетін жылу тасығыштың көрсеткіштерін (қысым, температура, шығыс) керекті мөлшерінде қамтамасыздандыру қажет.

Жылу тасығышы ыстық су жылулық жүйесінің жылуландыру пункттерінде келесі жабдықтар орналасады:

- а) су ағыншалық және ортадан тепкіш сорғылар (элеваторлар мен насостар);
- б) су жылытқыштар;
- в) ыстық су жинағыш бактар;
- г) жылу тасығыш көрсеткіштерін тексеріп реттейтін аспаптар;
- д) жылу жүйені қақтанудан және тоттанудан қорғайтын аспаптар мен жабдықтар.

Жылуландыру пункттер жергілікті – бір ғимараттық және бір топ ғимараттарға арналған болады. Негізінде, жылуландыру жабдықтарын ғимараттардың подвалдарынан шығарып жылуландыру пункттеріне орналастыру ғимараттарда шу болмау үшін дұрыс болады.

11.1 суретте Ықшам ауданның топтық жылуландыру пунктінің жылу сұлбасы келтірілген.



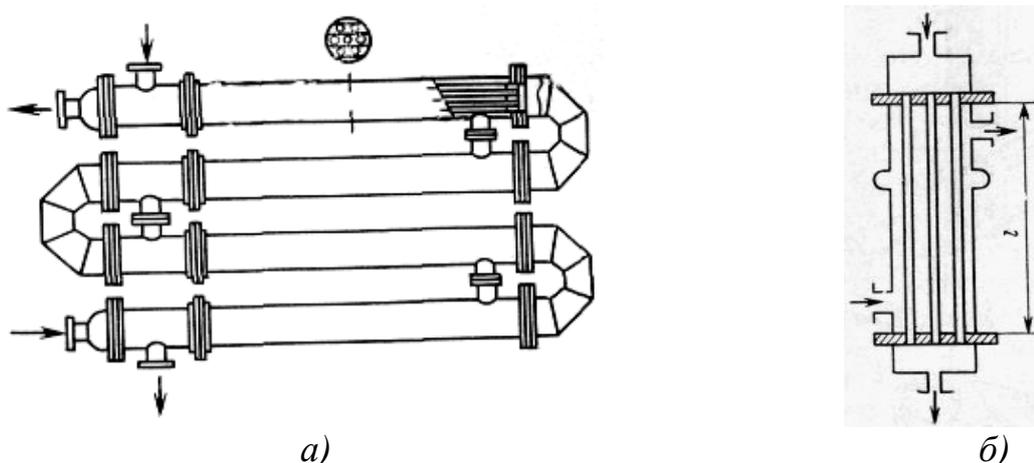
1-төменгі ыстық су жылытқышы; 2-жоғарғы ыстық су жылытқышы; 3-жылуландыру жылытқышы; 4-жылуландыру сорғысы; 5-ыстық су сорғысы; 6-ыстық су температурасын реттегіш; 7-жылуландыру реттегіш; 8-реттегіш салыстырушы; 9-басқарушы аспап; 10-жылу өлшер; 11-су өндегіш; 12-су өлшегіш; 13-элеватор; 14-су таратқыш кран; 15-тұтынушыға жылу бергіш қондырғылар (батареялар); 16-сүзгі.

11.1 Сурет - Ықшам ауданның топтық жылуландыру пунктінің жылу сұлбасы

## 11.2 Ыстық сумен қыздырылатын су жылытқыштар

Топтық жылуландыру пунктінде бөлікті (секциялы) және тақташалы су жылытқыштар қолданылады.

Бөлікті су жылытқыштардың (11.2 сурет) ішінде Л-68 жезден жасалған құбырлар орналасады, ал сыртқы жағы диаметрі жоғары құбырдан жасалған. Бірнеше бөліктер қосылып, керекті жылу бетті су жылытқыштар жинауға болады. Жезден жасалған құбырлар ішімен қыздырылатын су өтеді, ал сырт жағынан қыздыратын ыстық су жіберіледі. Бөлікті су жылытқыштардың жылу тасығыштарының ең жоғары қысымы 1 МПа аспайды, ал жылу өткізгіш коэффициентінің мөлшері 1000 – 1500 Вт/(м<sup>2</sup>·К) аралығында болады.



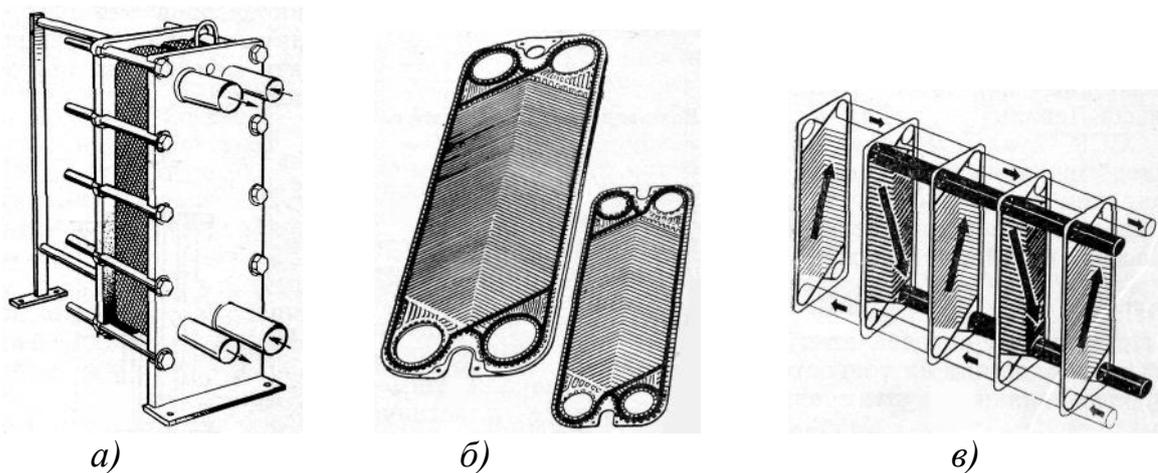
*a* - бөлікті су жылытқыштың көрінісі; *б* - бөлікті су жылытқыштың кесіндісі.

11.2 сурет - Бөлікті су жылытқыш

Соңғы кезде тақташалы су жылытқыштар қолданылады (9.3 сурет). Тақташалы су жылытқыштарда тақташаның бір жағынан қыздырғыш ыстық су өтеді, ал екінші жағынан қыздырылатын су өтеді. Қыздырғыш ыстық су мен қыздырылатын су бір-біріне қарсы ағады.

Тақташалы су жылытқыштардың тақташалары бөліктерге қосылып жасалады. Бірнеше бөліктерді қосып, керекті жылу бетті су жылытқыш жинауға болады (11.3 сурет). Тақташалы су жылытқыштардың ерекшелігі мен артықшылығы бұл өте жоғары жылу өткізгіштілігі мен жинақтылығы (1 м<sup>3</sup> көлемінде жылытқыш ауданы 100 м<sup>2</sup>).

Тақташалы су жылытқыштардың пайдалануы мен күтуі өте тиімді. Тақташалы су жылытқыштар тез бөлшектенеді, бөлшектерін оңай ауыстыруға болады. Тақташаларды кірден тазалауға және ауыстыруға болады.

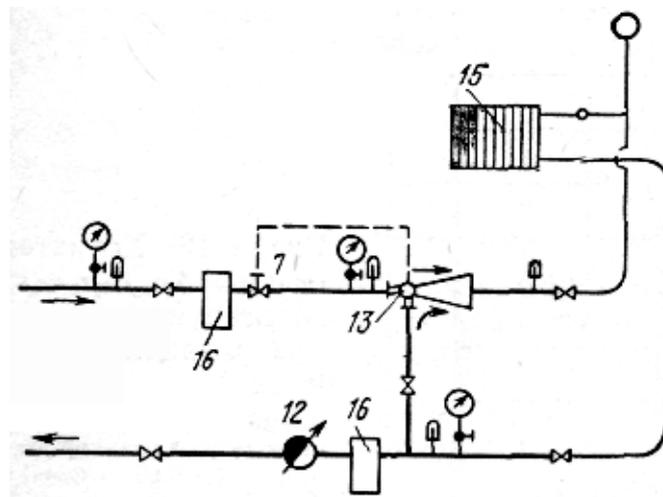


*a* - тақашалы су жылытқыштың көрінісі; *б* - су жылытқыштың тақашалы бөлігі; *в* – су жылытқыштың ішімен қыздырылатын судың өту көрінісі.

11.3 сурет - Тақашалы су жылытқыш

## 11.2 Араластырғыш түйіндер

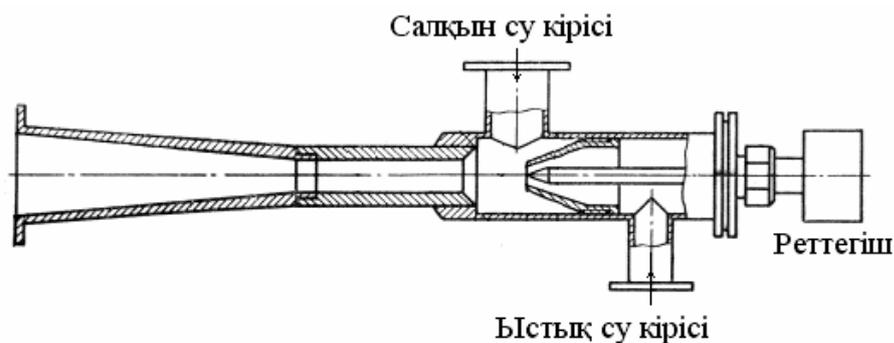
Араластырғыш түйіндерде су ағыншалық сорғылар (элеваторлар) орналасады (11.4 сурет). Су ағыншалы сорғылар тұтынушылардың жылуландыру қондырғысын ыстық сумен қамтамасыздандырады. Тұтынушылардың жылуландыру қондырғысына берілетін жылулық жүктеме мөлшері ыстық су температурасымен байланысты. Сондықтан жылу жүктеме мөлшерін су ағыншалық сорғымен ыстық суға кері салқын су қосу арқылы реттейді.



11.4 сурет - Араластырғыш түйінге тұтынушының жылуландыру қондырғысының қосылу сұлбасы

Белгілері 9.1 суретте көрсетілген.

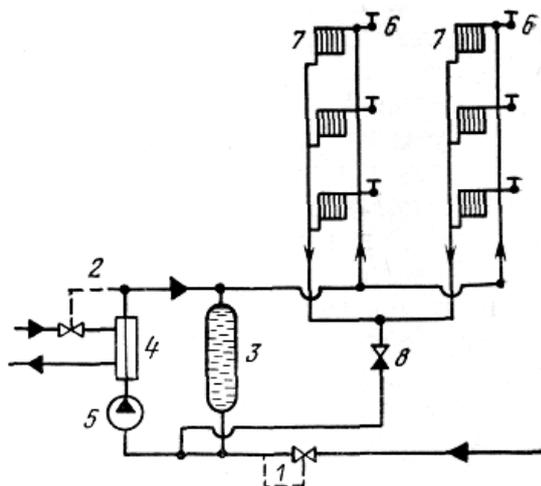
Су ағыншалы сорғының көрінісі 11.5 суретте көрсетілген.



11.5 Сурет - Су ағыншалы сорғының (элеватордың) көрінісі

### 11.3 Ыстық су жинағыш бактары

Ыстық сумен қамтамасыздандыратын жылулық желілерінде тұтынушылардан артылып қалған суды жинағыш бактарға жинауға болады. Ыстық су жинағыш бактың көлемі бір тәуліктегі артылатын судың көлеміне тең алынады. Тұтынушының жылулық желіге қосылуына ыстық су жинағыш бактың орналасып қосылу сұлбасы 13.6 суретте көрсетілген.



1-қысым реттегіш; 2-температура реттегіш; 3-ыстық су жинағыш бак; 4-су жылытқыш; 5-сорғы; 6-ыстық су жапқышы; 7-сүлгі (орамал) кептіргіш; 8-кері клапан.

11.6 сурет - Тұтынушының жылулық желіге қосылу сұлбасында ыстық су жинағыш бактың орналасуы.

Тұтынушыларға ыстық су шығысы болмаған кезде сорғы арқылы су екі ағынға бөлінеді. Бір ағын ыстық су жинағыш бакты толтырады, ал екінші ағын құбырларға айналым су болып жіберіледі. Егер тұтынушыларда ыстық су шығысы пайда болса, су жинағыш бактың ағыны азайтылады, ал айналым су шығысы жоғарылайды.

## Дәріс №12. Жылу желілерінің қондырғылары

**Дәрістің мақсаты:** жылу желілерінің қондырғылары, құбырлардың құрылымы мен оларға қойылатын талаптар туралы мәліметтерді меңгеру.

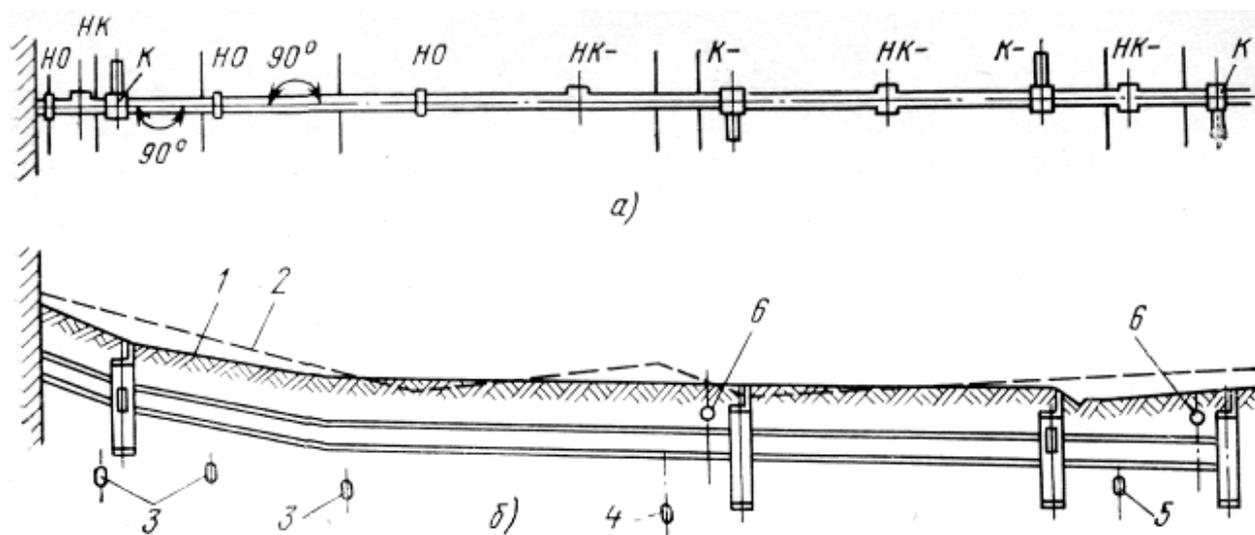
### 12.1 Жылу құбырларының өту жолы мен орналасуы

Жылулық желі дегеніміз бұл тұтынушыға жылу тасығыш арқылы жылу өткізетін, бір-бірімен қосылған жылу өткізгіш құбырлар жинағы.

Жылулық құбырларының өту жолы (трассасы) жылу тұтынушылардың аймағының картасы және геодезиялық мәліметтер арқылы таңдалады. Жылулық құбырларының өту жолы ең қысқа және құрылыс кезінде ең тиімді болуы қажет. Негізінде жылулық құбырларының өту жолын таңдаған кезде ең біріншіден келесі шарттар орындалуы қажет:

- жылумен қамтамасыздандырудың сенімділігі;
- жылу желілерін күтумен айналысатын жұмысшылардың қауіпсіздігі;
- апаттық жағдайлар мен сынуларды тез жөндеу мүмкіншілігі.

Жылулық құбырларын жер асты немесе жер үстімен өткізуге болады. Жылулық құбырларын жер асты немесе жерүстімен өткізу мәселесі жергілікті жағдайларын ескеріп және техника-экономикалық есептеу арқылы шешіледі.



*а*-құбырлардың өту жолы; *б*-құбырлардың орналасуы; 1-жер бетінің негізгі биіктігі; 2- жер бетінің жоспарлық биіктігі; 3-су ағысы; 4-канализация (кәріз) желісі; 5-су құбырлар желісі; 6-электр кабелі; К-камера (бөлік); НК-компрессор орнатылатын қуыс; НО-қозғалмайтын тірегіш.

12.1 сурет – Жер астымен өткізілген жылулық құбырларының өту жолы мен орналасуы

Негізінде өндіріс аумақтарында және бірнеше теміржол өтетін жерлерде жылулық құбырларын жер үстімен өткізген дұрыс. Жер үстімен өткізілетін жылулық желілер құбырлары жеке орналасқан аласа немесе биік тіректердің (эстакадалардың) үстіне салынады. Жылулық желілердің тіреуіштерінің екі түрі болады – еркін қозғалысты және тұрақты.

Егер тұрғын үйлер мен қоғамдық ғимараттар орналасқан қала іші болған кезде жылу құбырларын жер астымен өткізген дұрыс. 12.1 суретте жер астымен өткізілген жылу құбырларының өту жолы мен орналасуы көрсетілген. Жылу құбырлардың жер астында орналасу тереңдігі 0,5 – 1,0 метрге дейін болады.

## 12.2 Жылу құбырларының құралуы

Жылулық желілерінің құбырлары негізінде үш бөлшектерден құралады:

- жылу тасығыш өткізетін болаттан жасалған құбырлар;
- құбырлардың сыртқы жағын тотықтанудан қорғайтын және жылу шығынын төмендететін оқшауландырғыш құрылмасы;
- құбырлардың салмақтық жүктемесін және олардың жұмыс атқару кезіндегі пайда болатын әртүрлі күштерді қабылдайтын, құбырлар мен олардың оқшауландырғыш құрылмаларын қоршаған орта әсерінен қорғайтын тіректік құрылмалар (жерастымен өтетін құбырларға әсер ететін жер салмағы, жер үстімен өтетін әртүрлі көліктер салмағы және т.б. күштер).

Жылулық желілерінің құбырлар бөлшектерінің құрылымы желі құбырларының түрі мен қолданатын материалдарына байланысты. Мысалы, жер астында арықсыз салынған жылу құбырларында оқшаулағыш пен тіректік құрылмалар бір бөлшекке біріктірілген.

Жылулық желілерінің құбырлар оқшаулағыш құрылмасы оларда қолданылған заттарға қарай тұтас, бір бөлшекті немесе жекеленген бірнеше бөлшектер түрінде орындалуы мүмкін. Мысалы, бірнеше бөлшектерден тұратын оқшаулағыш құрылмалар бірінің үстіне бірі салынып құбырларды тотықтанудан қорғайтын, олардан мүмкін болатын жылу жоғалымын шектейтін және жылу оқшаулағышын ылғалданудан сақтайтын жекеленген қабаттардан құралады.

Жылулық желілерінің құбырларына келесі талаптар қойылуы тиіс:

1) Құбырлар мен олардың бойына орналастырылған құралдың жылу тасығыш көрсеткіштеріне (қысымы, температурасы) сәйкес келетін сенімді беріктігі мен саңылаусыздығы.

2) Пайдалану жағдайындағы жылулық желілер құбырларының жылу және электр кедергілерінің жоғары деңгейлі және тұрақты болуы, оқшаулағыш құрылмасының ауа өткізгіштігі мен ылғал сіңіргіштігінің төмендігі.

3) Өндірістілігі мен жинауға қолайлы болуы. Жылулық желілерінің құбырлары құрамалы бөлікті болуы, жүк көтергіш крандардың күшіне байланысты олардың зауыт жағдайында дайындалып, жасалу мүмкіншілігі.

4) Жылулық желілерінің құбырларын құрастырып, жинау жұмыстарын толық механикаландыру мүмкіншілігін туғызу.

5) Жылулық желілерінің құбырлар орналасуы сыну жерлерін тез табу мен жөндеуге қолайлы болуы қажет.

Жылулық желілерінің құбырларын тотықтанудан қорғауға және жылу шығындарының төмен болуы үшін оқшаулағыштар қолданылады.

Бірақ жер астында орналасатын құбырлар электрохимиялық тотықтануға ұшырайды. Электрохимиялық тотықтанудың көзі болатын электрлі көліктер. Электрохимиялық тотықтанудан қорғайтын оқшаулағыштардың жоғары электрлік кедергісі мен ылғал өткізбеушілігі (ылғал сіңіргіштігінің төмендігі).

Жылу желілерінің құбырларын жобалау мен салу кездерінде әсіресе пайдалану жағдайында әсер ететін күштердің бәрі ескеріліп, оларға қарсы алдынала арнайы шаралар белгіленіп іске асырылады. Сонымен бірге, жылу желілерінің құбырларын пайдалануға беру алдында және кейін де әртүрлі арнайы сынақтардан өткізіп отырады.

### **12.3 Жер астымен өткізілетін жылу желілер құбырларының құрылысы**

Жер астымен өткізілетін жылу желілер құбырлары арнайы арықтарда және арықсыз салынуы мүмкін.

Арнайы арықта салынатын құбырлардың оқшаулауына сырттан күш түспейді, сыртқы күштер әсері арық қабырғасына тиеді. Арықсыз салынатын құбырлардың оқшаулағыш құрылмасына жер салмағының күші түседі.

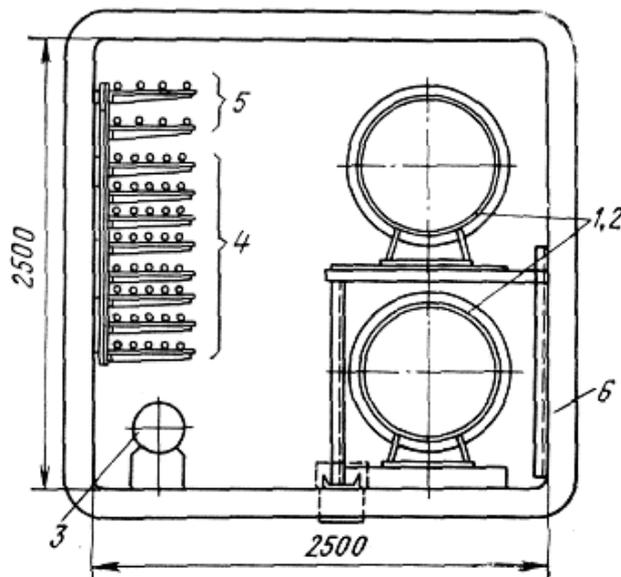
Арнайы арықтар темірбетон бөлшектерінен құрылады. Арнайы арықтар түрлері өтуге болатын, жартылай өтуге болатын және өтуге болмайтын болады. Ең сенімді бірақ өте қымбатқа түсетін де өтуге болатын арнайы арықтарға салынатын жылулық құбырлары. Бұл жылулық құбырлардың ең бірінші артықшылығы – оларды кез келген уақытта тексеруге болатындығы. Сонымен қатар өтуге болатын арнайы арықтарға орналасқан құбырларды жөндеуге, ауыстыруға болады және өтуге болатын арнайы арықтарға орналасқан құбырларды жөндеуді жер мен жол қазбай өткізуге болады. Өтуге болатын арнайы арықтарға салынатын жылулық құбырлары ЖЭО шығысында және үлкен өндірістер аумағында қолданады. Бұл кезде өтуге болатын арнайы арықтарда өндіріске қажетті барлық құбырлар және электр кабельдер өткізіледі.

Қала ішінде өтуге болатын арнайы арықтар барлық көлік түрлері өтетін жол астына салынады, сондықтан жылу құбырларынан басқа бұл өтуге болатын арнайы арықтарда қалаға қажетті барлық жылу, су желілерінің құбырлары және электр мен байланыс кабельдер орналасады.

Қала ішіндегі көлемді бөлшектерден жасалған өтуге болатын арнайы арықтарға орналасқан құбырлар көрінісі 12.2 суретте көрсетілген.

Өтуге болатын арнайы арықтарда ауа температурасы 30 °С аспау үшін табиғи желдету және арықтарға түскен суларды аластау қондырғылар мен жабдықтар орналасуы қажет.

Жұмысшыларға қауіпсізді болуы үшін кернеуі төмен 30 В электр жарық орнатылуы тиісті.



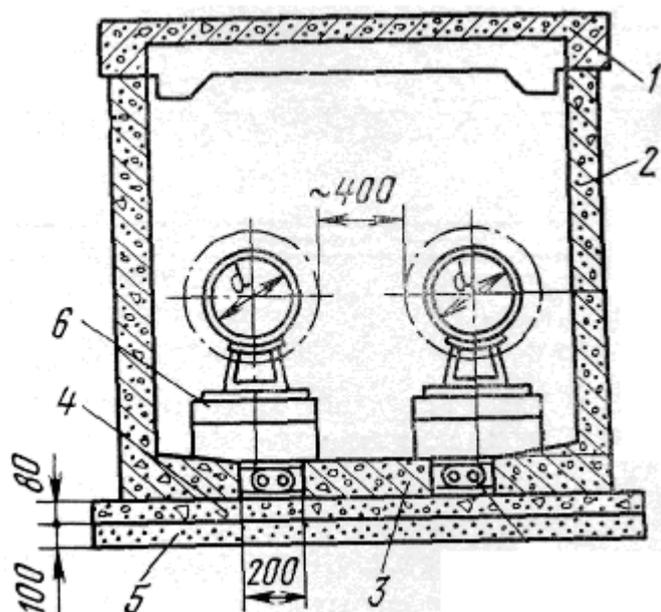
1,2-кері және тік жылу құбырлары; 3-су желісінің құбырлары; 4-байланыс кабелі; 5-электр кабелі; 6-темірбетоннан жасалған көлемді бөлшектер.

### 12.2 сурет - Қала ішіндегі көлемді бөлшектерден жасалған өтуге болатын арнайы арықтарға орналасқан құбырлар

Өтуге болатын арнайы арықтардың өлшемдері жұмысшылар өтуіне және жұмыс атқаруына қолайлы болуын көздеп таңдалады. Өтуге болатын арнайы арықтардың жұмысшылар өтуге арналған жол ені 900, ал биіктігі 2000 мм-ден кем болмауы қажет. Құбырлар оқшаулау беті мен арнайы арық қабырғасының ара қашықтығы 150-200 мм мөлшерінде таңдалады. Арықтардың бойымен әрбір 200-250 метр аралықтарында сырттан арықтарға түсуге болатын құдықтар орналасуы тиіс. Құдықтар тығыз қақпақпен (люкпен) жабылады және түсетін арнайы сатымен жабдықталады.

Жер астындағы арыққа салынатын құбырлар саны көп болмаса, бірақ олардың жұмысын жиі бақылап және кішігірім жөндеу жұмыстарын өткізу үшін жылулық желі құбырлары жартылай өтуге болатын арнайы арықтарға салынады (12.3 сурет). Жартылай өтуге болатын арнайы арықтар ішімен жұмысшылар еңкейіп өтуге болатын жағдай жасалады, сондықтан жұмысшылар өтуге арналған жол ені 400, ал биіктігі 1400 мм-ден кем болмауы қажет. Ал басқа өлшемдері өтуге болатын арнайы арықтардың өлшемдерімен сәйкес келеді.

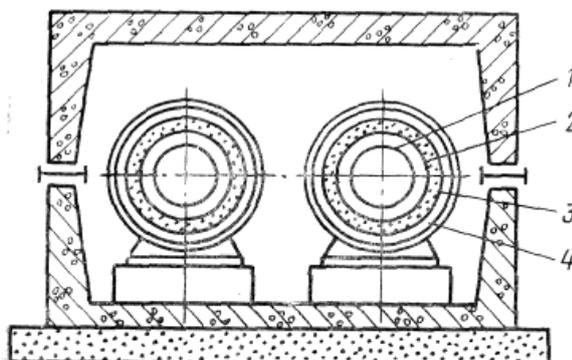
Негізінде, жер астымен өтетін жылу желілерінің құбырлары өтуге болмайтын арықтарда, ал егер жер жағдайы келсе, арықсыз сала беріледі. Қазіргі кезде өтуге болмайтын ені 600-ден 2100 мм, ал биіктігі 300-ден 1200 мм-ге дейін арықтар қолданады.



1-арықтың үстін жабатын бөлшегі; 2-арықтың қабырғасы; 3-арық түбі;  
4-бетоннан жасалған ұлтан; 5-қиыршық тастан жасалған ұлтан; 6-темірбетоннан жасалған тірегiш плита.

12.3 сурет - Құрамалы бөлшектерден жасалған жартылай өтуге болатын арнайы арықтарға орналасқан құбырлар

Өтуге болмайтын арықтарда орналасқан құбырлар айналасында ауа кеңестігі болады (12.4 сурет), сондықтан олардың оқшаулағышы жақсы кебуіне жағдай туады да жылу шығындары аз мөлшерде болады.

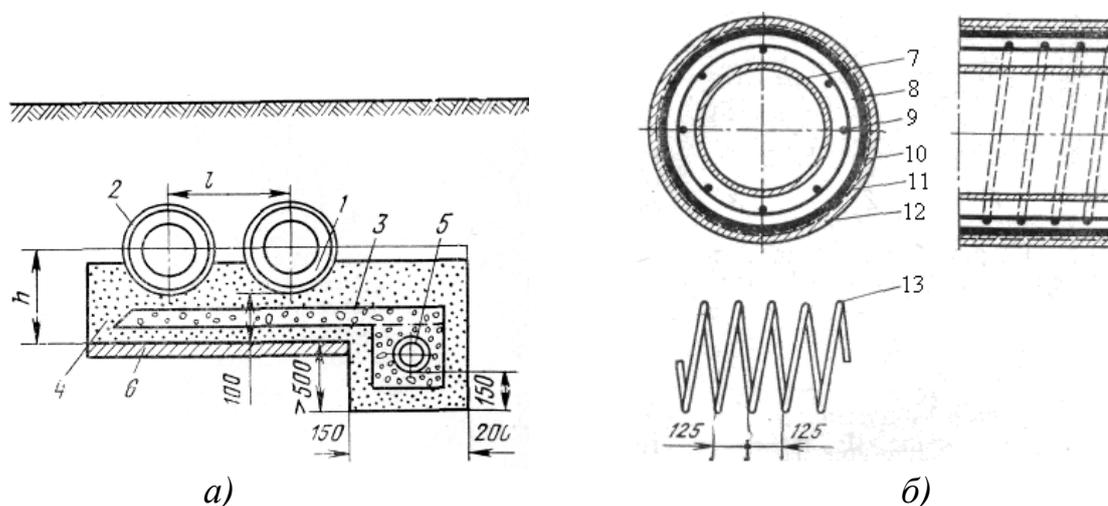


1-құбыр; 2-тотықтанудан (коррозиядан) қорғау жабу; 3-жылу оқшаулағыш; 4-механикалық қорғау жабуы.

12.4 сурет - Өтуге болмайтын арықтарда орналасқан құбырлар көрінісі

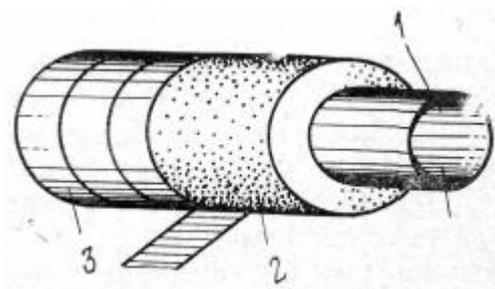
Жер астымен өткізілетін жылу желілер құбырларын арықсыз салуға болады. Жылу желілер құбырларын арықсыз салған кезде қаржы шығыны төмен болады, ал жұмыс істеу мерзімі мен сенімділігі жағынан да қалыспайды. Жылу желілер құбырларын арықсыз салудың үш түрі болады: біртұтас қаптамалы, төкпелі және құйылған.

Біртұтас қаптамалы арықсыз салу кезінде құбырлардың қаптамасы оқшаулар мен тіректердің міндетін қатар орындайды. Жылу желілердің құбырларды біртұтас қаптамалы арықсыз салу кезінде өндірістік тәсілдер қолдануға болады. Құбырлар заводтарда біртұтас қаптамаға салынып, ұзындығы 6-12 м дайын құрама ретінде құрылысқа келеді. Дайын қаптамаға салынған құрамалар траншеяға салынып, бір-бірімен электрлі пісірумен қосылады, ал жіктері оқшауланады. Бұл тәсіл құбырларды арықсыз және арықта салу кезінде де қолданылуы мүмкін. Біртұтас қаптамалы құбырларды арықсыз салу кезінде, оқшаулауды көбікті темірбетоннан (12.5 сурет), біртұтас битумперлиттен (12.6 сурет) жасауға болады. Біртұтас битумперлитті оқшаулағыштарды заводта жасауға болады, бірақ битумперлитті және битумкерамзитті оқшаулағыштар көп уақыт 150 °С кезінде жұмыс атқарған кезде жылу оқшаулаулық қасиеттерін жоғалтады. Қазіргі кезде пенопропиленді оқшауларға салынған дайын құбырлар арнайы арыққа салынып, жылулық желілер салуға қолданылады.



1-жылулық желісінің тік құбыры; 2-жылу желісінің кері құбыры; 3-қиыршық тастан жасалған сүзгі; 4-құмнан жасалған сүзгі; 5-жер суын ағызғы; 6-бетоннан жасалған табан; 7-құбыр; 8-көбікті темірбетон; 9-темір арматура; 10-судан қорғайтын бризол мен битумнан жасалған қаптама; 11-болат сымнан жасалған тор; 12-асбестцементті қаптама; 13-болаттан жасалған шиыршық.

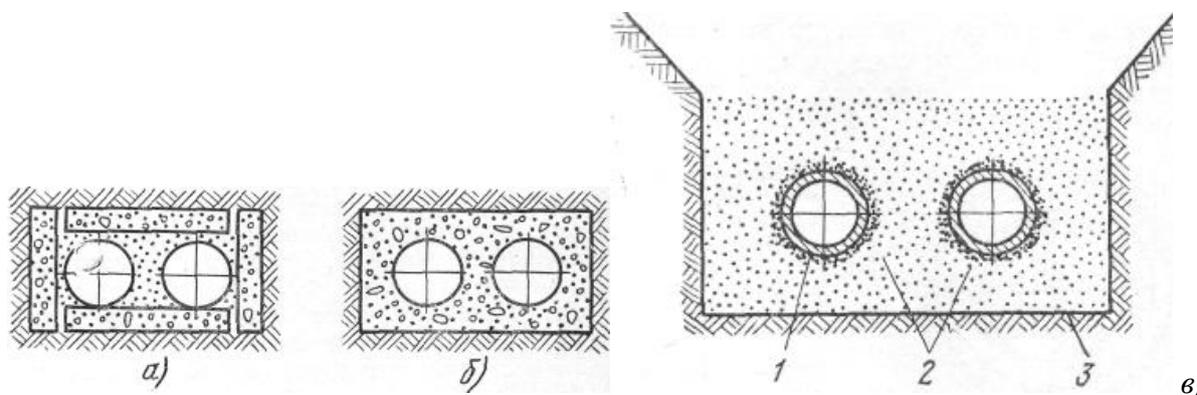
12.5 сурет - Екі құбырды біртұтас қаптамалы арықсыз салудың көрінісі (а) және біртұтас көбікті темірбетонды оқшаулағыштардың құрылысы (б)



1-жылулық құбыр; 2-битумперлитті қаптама; 3-екі қабат бризолдан қаптама.

12.6 сурет - Біртұтас битумперлиттен жасалған оқшаулағыш құрылысы

Жер астымен өткізілетін жылулық желілер құбырларын арықсыз салудың төкпелі құм тәрізді және құйылған оқшаулар арқылы салуға болады. Олардың құрылысы 12.7 суретте көрсетілген.

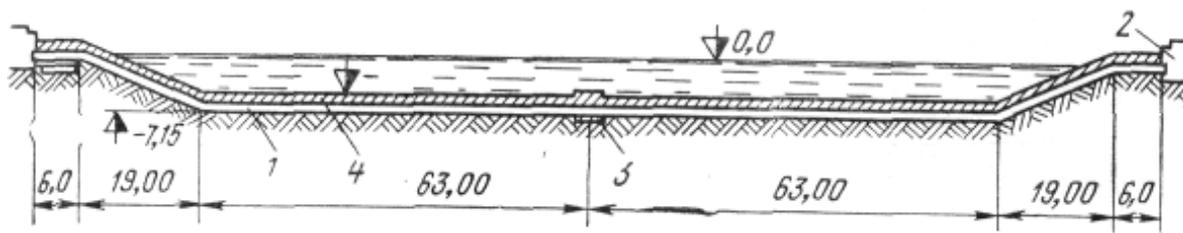


1-қатты қаптама; 2-төкпелі құм тәрізді оқшаулау; 3-траншея.

12.7 сурет – Пенобетоннан құйылғын (а, б) және төкпелі (в) оқшаулар құрылысы

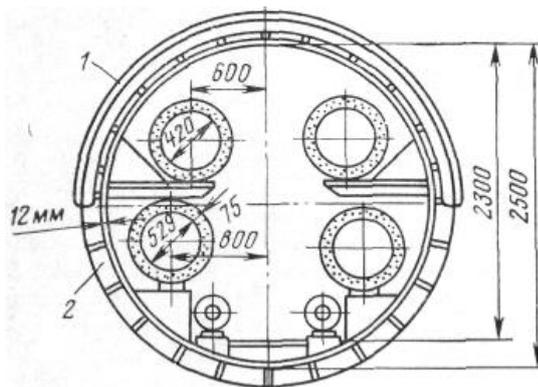
#### 12.4 Жылулық желілердің өзендер мен жолдардан өту тәсілдері

Жылулық желілердің өзендерден өту тәсілінің ең оңайы құбырларды дайын көпірлер арқылы өткізу. Егер көпірлер болмаған кезде, көпір салу қымбатқа түседі, сондықтан құбырларды дюкер арқылы су астымен өткізуге болады. Дюкер дегеніміз өзен астымен өтетін жабық арық, ішінде құбырлар орналасады және құбырларды тексеретін жұмысшылар өтуге болатын жағдай жасалады. Жұмысшылар өтетін жердің биіктігі 2 метр және ені 1 метр болады. Дюкердің механикалық беріктігі жоғары деңгейде жасалады. Дюкер сырт жағынан тоттанбау үшін оқшаулағышпен жабылады және қалқып кетпеу үшін шойыннан жасалған салмақпен басылады. Дюкердің өту жолы мен орналасуы 12.8 суретте көрсетілген, ал кесіндісінің көрінісі 12.9 суретте көрсетілген.



1-дюкер; 2-темірбетонды құдық; 3-темірбетонды құйма; 4-құм қабаты.

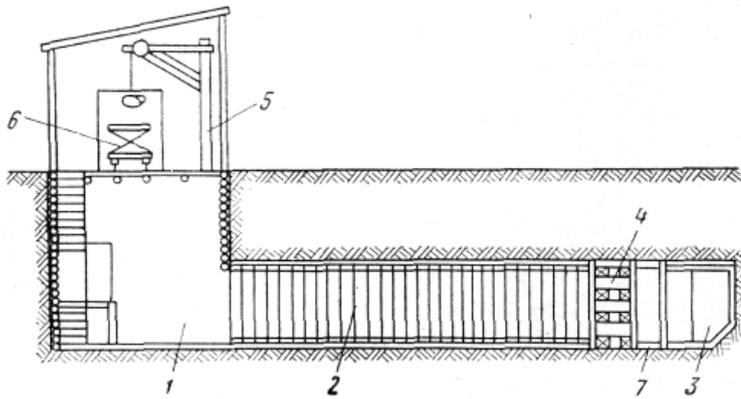
12.8 сурет - Дюкердің өту жолы мен орналасуы



1-дюкердің шойыннан жасалған басылу салмағы; 2-темірбетоннан жасалған беріктік сырты.

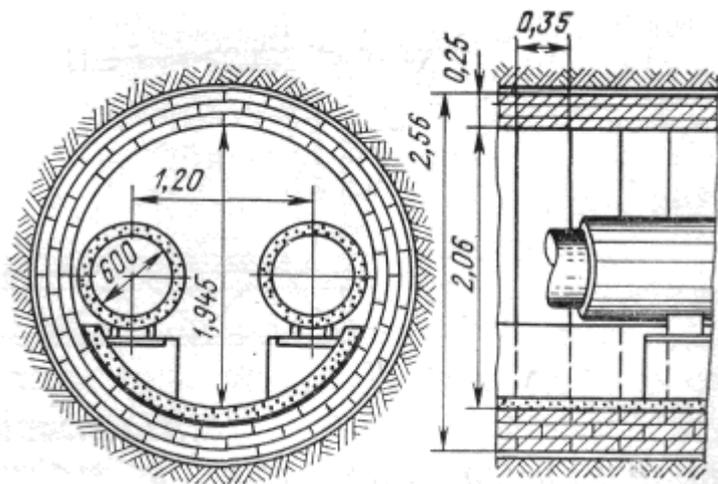
12.9 сурет - Дюкердің көлденең кесіндісінің көрінісі

Жылу желілер құбырлары автомобильдер және темір жолдардың жұмысына кедергі жасамау үшін олардың астымен өткізіледі. Жол астынан өткен кезде қалқанды (12.10 және 12.11 суреттер) немесе құбырлы (12.12 сурет) гидравликалық домкратпен өту тәсілдері қолданылады, сондықтан жол жұмысына кедергі болмайды. 12.10 суретінде жол астынан қалқанды өту тәсілі көрсетілген. Шахта (1) және тоннель (2) арқылы жол астымен гидравликалық (4) домкратпен қалқан (7) итеріліп өткізіліп отырады, ал қалқан өткен соң темірбетоннан немесе болаттан жасалған құбырлар орнатылады. Осы тоннель арқылы орнатылған құбырлар ішіне жылулық желілерінің құбырлары өткізіледі. Ал құбырлы тәсіл бойынша жол төсеуінің денесін болаттан жасалған гильза-құбырмен тесіп өтуге де болады, 12.12 сурет. Гильза-құбыр жол төсемінен өткен соң ішін жерден тазалайды, ал жылулық желі құбырлары сол гильза-құбыр ішіне орналасады. Жол төсемінің іргесінен шыққан жылу желі құбырлары темірбетонды плитамен жабылады. Электрленген темір жол астымен өтетін жылу желі құбырлары электрлік оқшаулау арқылы тотықтанудан қорғанысы болуы қажет.

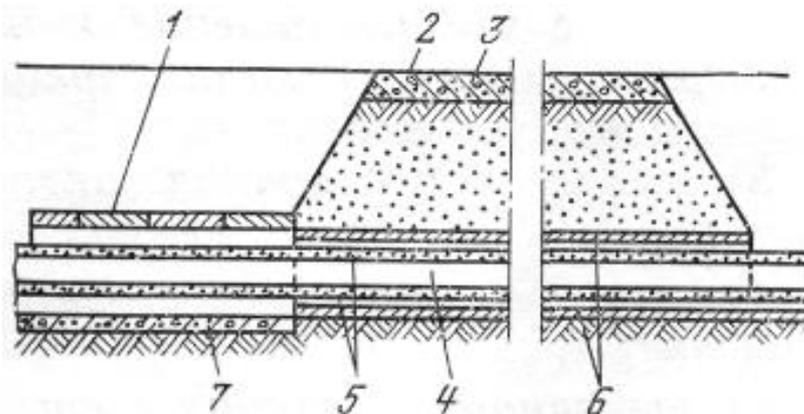


1-өндірістік шахта; 2-дайын тоннель; 3-жер алынған орын; 4-гидравликалық домкрат; 5-жүк көтергіш кран; 6-жер таситын вагонетка; 7-қалқан.

12.10 сурет - Жол астынан қалқанды өту тәсілі



12.11 сурет - Жол астымен қалқанды өтудің көлденең кесіндісі



1-темірбетон плитасы; 2-асфальт; 3-бетон дайындығы; 4-жылу желі құбыры; 5-құбыр оқшаулағышы; 6-гильза-құбыр; 7-арық түбі.

12.12 сурет - Жол төсінен гильза-құбыр арқылы өту көрінісі

### Дәріс №13. Жылу желі құбырларын орналастыру тәсілдері

**Дәрістің мақсаты:** жылу желі құбырларын орналастыру тәсілдерімен танысу және жылу оқшаулағыштар мен құбырларға қойылатын талаптарға қажетті білімін тереңдету.

Жылу оқшаулағыш материалдардың сапасынан жылу шығындарының мөлшері және жылу желінің жұмыс атқару мерзімі де байланысты. Сапасы жоғары оқшаулағыштар жылу шығындарын төмендетеді және құбырларды сыртқы тотықтанудан қорғайды.

Жылу оқшаулағыштарға негізінде келесі талаптар қойылады:

- жылу өткізгіш коэффициентінің төмен болуы;
- су сіңіргіштілігі төмен болуы және капиллярлы ылғал көтерілу биіктігі жоғары болмауы;
- тотықтану белсенділігі төмен болуы;
- электрлік кедергісінің жоғары болуы;
- ортаның негіздік тектесулігі 8,5 төмен болмауы ( $pH \geq 8,5$ );
- механикалық беріктігі жеткілікті болуы.

Жылу электр станциялардағы құбырлардың оқшаулағыштарына қарағанда, жер астымен өткізілетін құбырлардың жылу оқшаулағыштарына қойылатын талаптар бөлек болады. Егер, жылу электр станциялардағы бу құбырларының оқшаулағыштарының жылу өткізгіш коэффициенті төмен және жоғары температураға төзімді болуы тиіс деп талап қойылса, су сіңіргіштілігі мен капиллярлы ылғал көтерілу биіктігі жөнінде талаптар қойылмайды. Ал жер астымен өткізілетін жылу желілер құбырларының оқшаулағыштарының материалдарына қойылатын негізгі талаптардың біріншісі бұл су сіңіргіштілігі төмен болуы және капиллярлы ылғал көтерілу биіктігі жоғары болмауы.

Қазіргі кезде жылу желілерінің оқшаулағыштарының өте көп түрлері бар, сондықтан олардың түрін таңдаған кезде техника-экономикалық есептеу өткізеді. Құбырлардың оқшаулағыштарының жылу шығыны төмен, жұмыс атқару мерзімі жоғары және қаржы жағынан тиімді болуына талап қойылады.

Жер астымен арықта және арықсыз өткізілетін жылу желілер құбырларының оқшаулағыштарын соңғы кезде жылу шығыны төмен пенополиуретаннан жасайтын болды. Құбырлар пенополиуретаннан жасалған оқшаулағышымен бірге заводтан келеді, сондықтан да өте тиімді. Негізінде қолданылатын оқшаулағыштарына қарағанда пенополиуретаннан жасалған оқшаулағыштардың жылу шығындары 2,5 есе төмен болады, жұмыс атқаратын мерзімі жоғарылайды, ал пайдалану мен күтуге жұмсалатын қаржылар 9 есе төмендейді.

Сонымен қатар, құбырларды оқшаулағышсыз жер астына перлитопластбетоннан жасалған арықтарда өткізу мәселе қарастырылып жатыр. Перлитобетоннан жасалған арықтардың жылу шығындарын төмендететін қасиеті бар, сондықтан арық ішіне құбырларды оқшаулағышсыз

салуға да болады. Бұл тәсіл өте тиімді болады, оқшаулағыштың қажеті жоқ, ал құбырлар тек сыртынан тотықтықтанудан қорғау үшін бояланады.

Жылулық желілер құбырларына келесі талаптар қойылады:

- белгілі қысым мен температурасында жеткілікті механикалық беріктігі мен тығыздығы;

- ауыспалы жылулық жұмыс тәртібі кезінде термиялық кедергіге беріктігі;

- механикалық көрсеткіштері тұрақты болуы;

- сыртқы және ішкі тотығуға төзімді болуы;

- ішкі жағында эрозия болмауы;

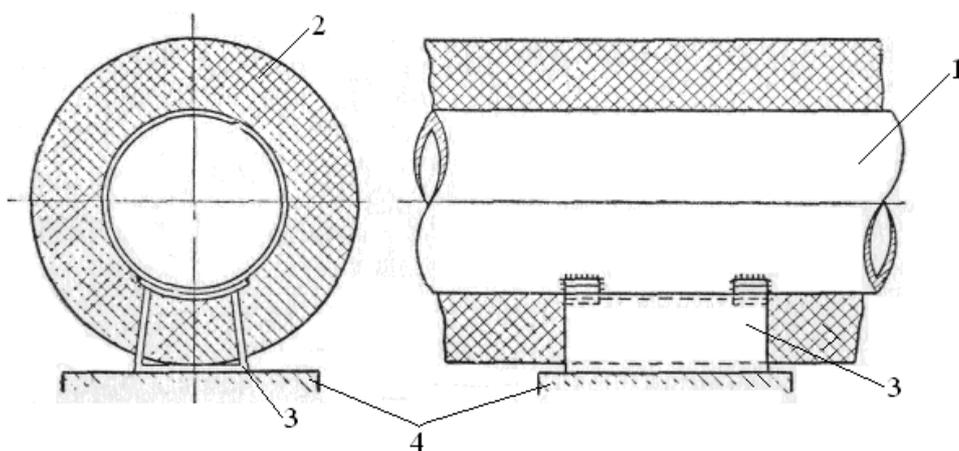
- температуралық кеңею коэффициентінің төмен болуы;

- құбырлардың қосылуының қарапайым болуы.

Жылулық желілерінде болаттан жасалған құбырлар қолданылады. Құбырлардың ішкі қысымы мен температурасына байланысты, жасалатын болат түрі, диаметрі мен қабырғасының қалыңдығы Мемлекет аралық стандартта көрсетілген. Сонымен, құбырмен өтетін жұмыс дененің белгілі шығысы, қысымы мен температура арқылы құбырдың диаметрі мен жасалатын болат түрі стандарт бойынша таңдалынады. Құбырлар бір-бірімен электр пісірумен қосылады.

Құбырлар тіреуіштердің үстіне орналасады. Жылулық желілердің тіреуіштерінің екі түрі болады – еркін қозғалысты және қозғалыссыз.

Еркін қозғалысты тіреуіштер құбырлардың температуралық ұзаруына кедергі жасамайды. Еркін қозғалысты тіреуіштер жұмыс атқару қағидасына қарай тайғанақты, шығырлы, аспалы болады. Қозғалыссыз тіреуіштер құбырлардың қозғалмай тұрақты орналасуына себеп болады және температуралық ұзару кезіндегі кернеу күшін қабылдайды.

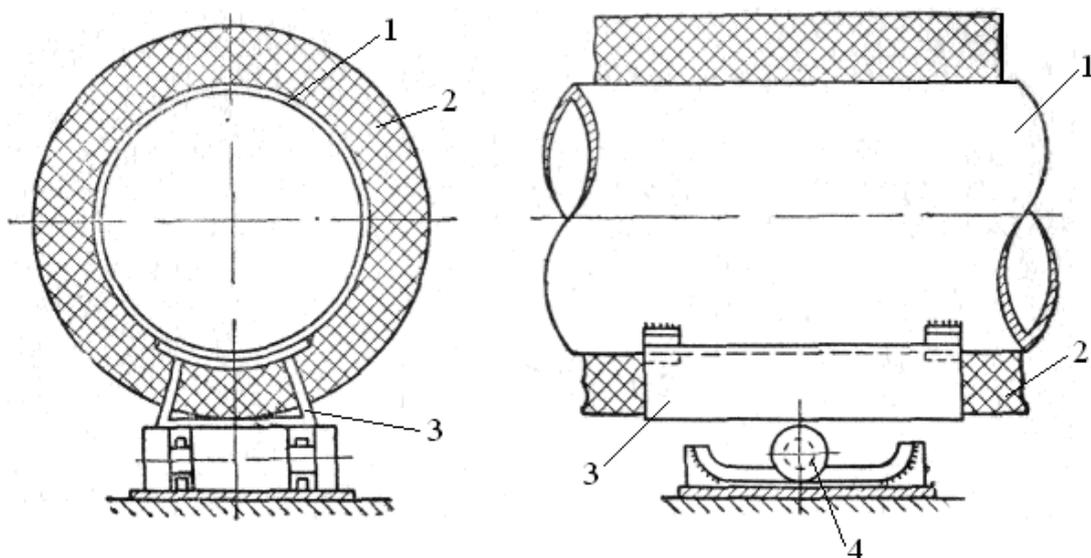


1-құбыр; 2-оқшаулағыш; 3-тайғанақты тірек; 4-темірбетонды тірек.

13.1 сурет - Еркін қозғалысты тайғанақты тіреуіштің көрінісі

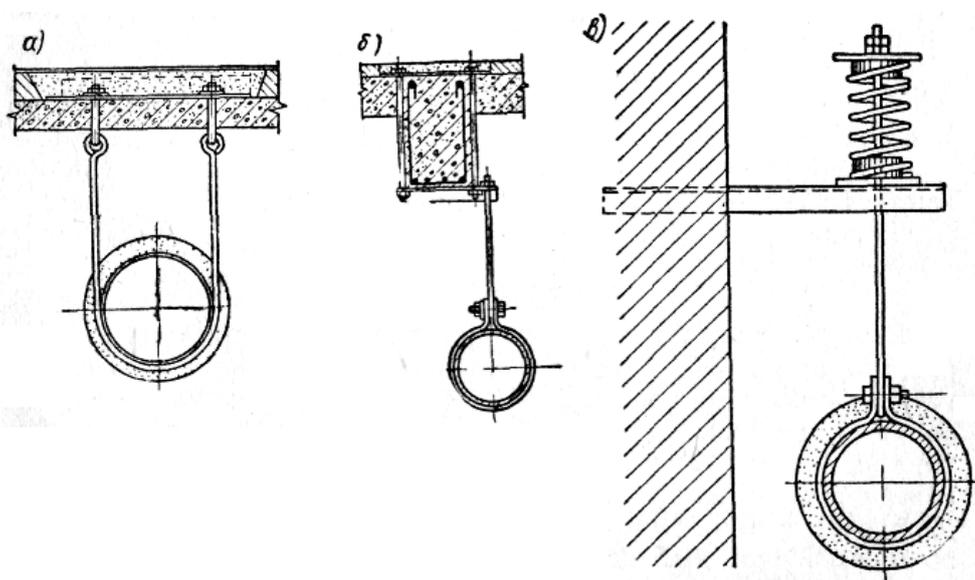
13.1 суретте еркін қозғалысты тайғанақты тіреуіштің құрылысы көрсетілген. Тайғанақты тіреуіш темірбетонды тіректің үстіне орналасады.

Құбыр қызып ұзарған кезде тайғанақты тірек арқылы қозғалады. Ал еркін қозғалысты шығырлы тіреуіштің құрылысы 13.2 суретте көрсетілген. Құбыр қызып ұзарған кезде шығыр тірек үстінде сырғанап қозғалады. Егер тайғанақты және шығырлы тіреуіштер орналастырып қоюға болмайтын жағдай туса, аспалы треуіштер қолданылады, 13.3 сурет, 13.4 суретте қозғалмайтын тіреуіштің құрылысы көрсетілген.



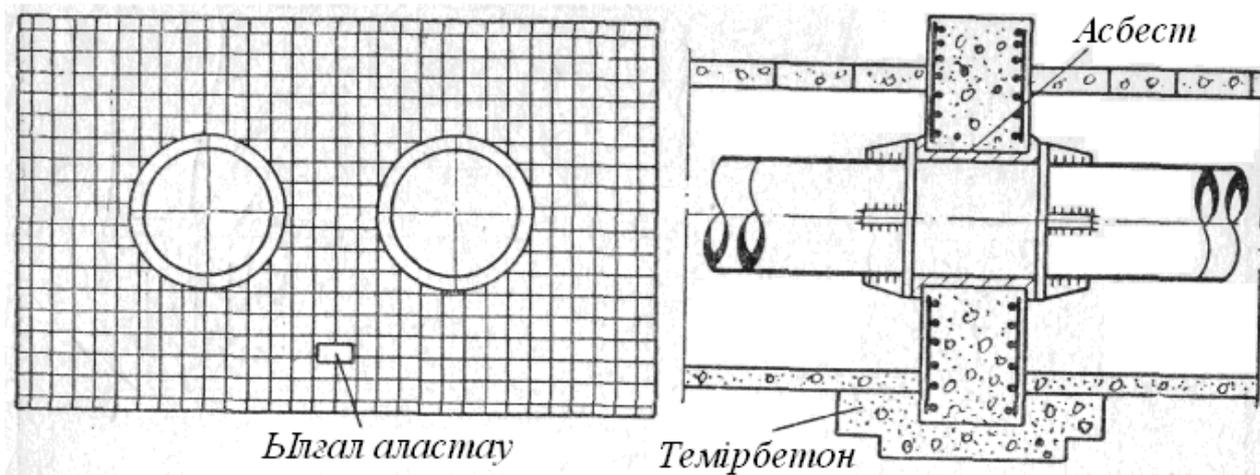
1-құбыр; 2-оқшаулағыш; 3-тайғанақты тірек; 4-шығырлы тірек.

13.2 сурет - Еркін қозғалысты шығырлы тіреуіштің көрінісі



а-қамытпен төбеге ілінген; б-арқалыққа байланып ілінген; в-серіппелі.

13.3 сурет - Аспалы тіреуіштер



13.4 сурет - Қозғалмайтын тіреуіштің құрылысы

Екі қозғалмайтын тіреуіштер арасында еркін қозғалысты тіреуіштер орналасады, ал құбырдың қызып ұзаруын өтеу үшін өтеуіштер қажет болады. Жылу желілерде қолданылатын болаттан жасалған құбырлардың температуралық ұзаруын келесі формула арқылы табуға болады

$$\Delta = 0,0012 \cdot t \cdot \ell,$$

мұнда  $t$  – құбыр температурасы, °С;

$\ell$  - құбыр ұзындығы, м;

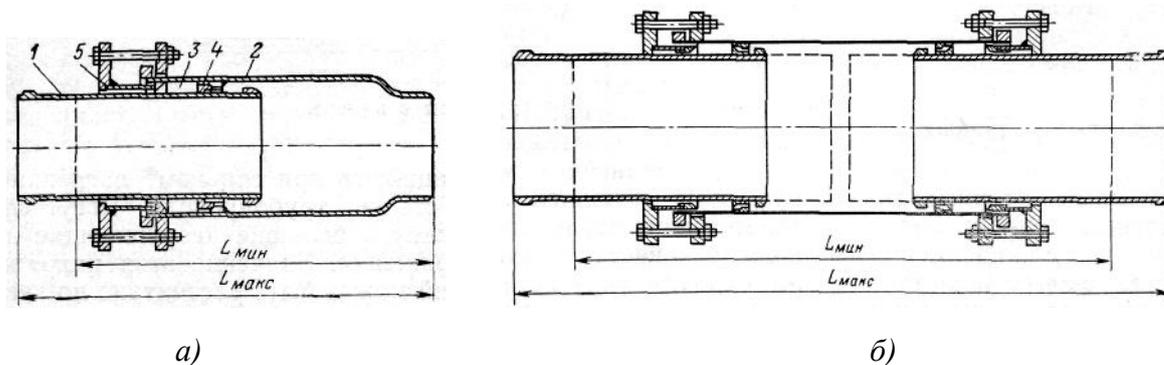
$\Delta$  - құбыр ұзаруы, см.

Жылу желілерде қолданылатын өтеуіштер жұмыс атқару қағидасына байланысты екі түрлі болады: құбыр бойымен және көлденең ұзаруды өтеу.

Құбыр бойымен ұзаруды өтейтін өтеуіштер қатарына майлықты, линзалы немесе толқынды және сифонды өтеуіштер жатады. Көлденең ұзаруды өтейтін өтеуіштер қатарына П, лиралы және омега түрлес өтеуіштер жатады.

13.5 суретте біржақты және екіжақты майлықты өтеуіштер құрылысы көрсетілген. Стакан мен өтеуіш дене аралығында майлық тығыздағыш орналасады. Майлық тығыздағыш сақиналы тірек пен грунд-букса аралығында орналасып, құбырдың тығыздығын қамтамасыз етеді. Негізінде майлық тығыздағыш графитпен майланған асбест баудан жасалады.

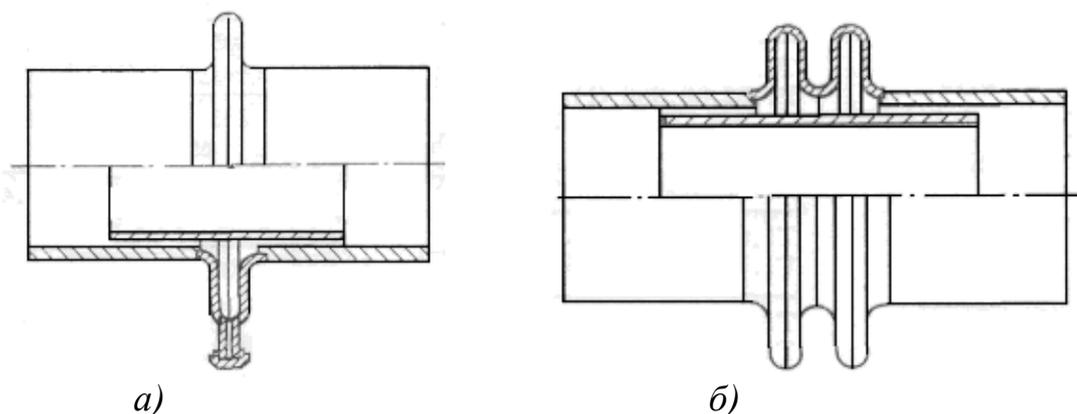
Майлықты өтеуіштер құбырға электр пісіріп қосу арқылы орнатылады. Майлықты өтеуіштердің кемшілігі бұл майлық тығыздағышының тез ескіруімен байланысты, сондықтан майлық тығыздағыштарды ауыстырып тұру қажет болады. Майлықты өтеуіштерге пайдалану кезінде грунд-букса арқылы тығыздағышын қысып тұру, жақсы күтім және көп назар аудару қажет болады. 13.6 суретте бір және екі толқынды линзалы өтеуіштер құрылысы көрсетілген.



1-стакан; 2-өтеуіш денесі; 3-майлық тығыздағышы; 4-сақиналы тірек;  
5-грунд-букса.

13.5 сурет - Майлықты өтеуіштер: *а*-біржақты; *б*-екіжақты.

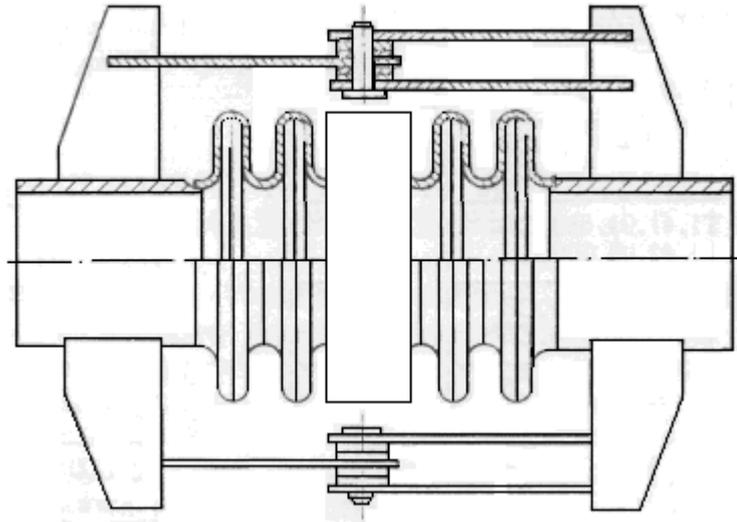
Линзалы өтеуіштер болаттан электр пісіру арқылы жасалады. Олардың гидравликалық кедергісін азайту үшін ішіне құбыр орналастырады. Линзалы өтеуіштердің беріктік көрсеткіштері төмен болады. Негізінде линзалы өтеуіштер қысымы 0,4-0,5 МПа аралығындағы құбырларда қолданылады.



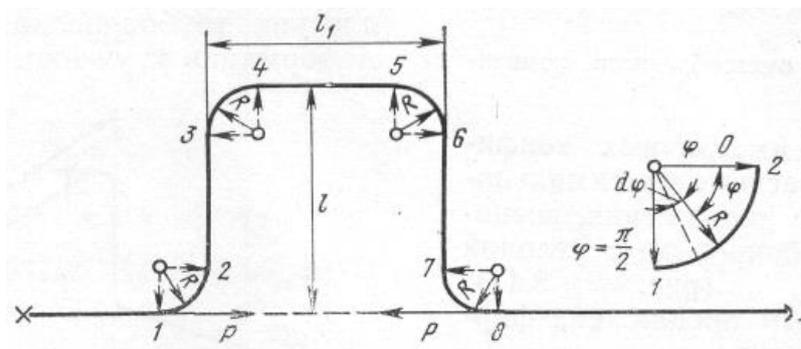
13.6 сурет - Линзалы өтеуіштер құрылысы: *а* - бір толқынды; *б* - екі толқынды.

13.7 суретте сифонды өтеуіштің құрылысы көрсетілген. Сифонды өтеуіштер қысымы 0,6 – 2,85 МПа және диаметрі 1000 мм дейінгі құбырларда қолданылады. Сифонды өтеуіштердің өтеуіштік мүмкіншілігі 80-90 мм деңгейінде болады.

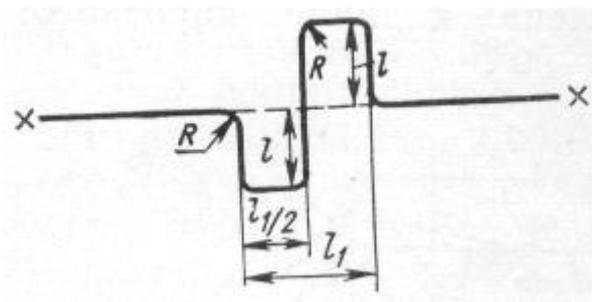
Жылулық желілер құбырларында П, S және омега түрлес өтеуіштер қолданылады, 13.8 сурет. Бұл өтеуіштер қысымы жоғары құбырларда қолданылады. П түрлес өтеуіштер жылу желілердің жолдардан және басқа керекті жерлерден өту кезінде пайдаланылады. П түрлес өтеуіштерді құбырдың салқын кезінде тартып орнатады, сондықтан құбыр қызған кезде ұзару арқылы құбыр металында пайда болған кернеу жоғалады.



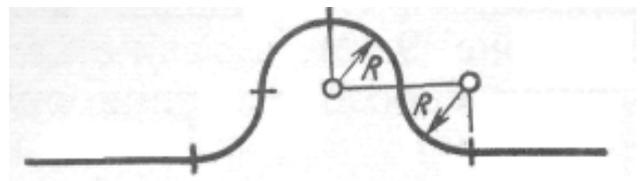
13.7 сурет - Сильфонды өтеуіштің құрылысы



a)



б)



в)

a - П түрлес өтеуіш; б - S түрлес өтеуіш; в - омега түрлес өтеуіш.

13.8 сурет - П, S және омега түрлес өтеуіштер

## Дәріс №14 . Жылу желілерінің жылулық есебі

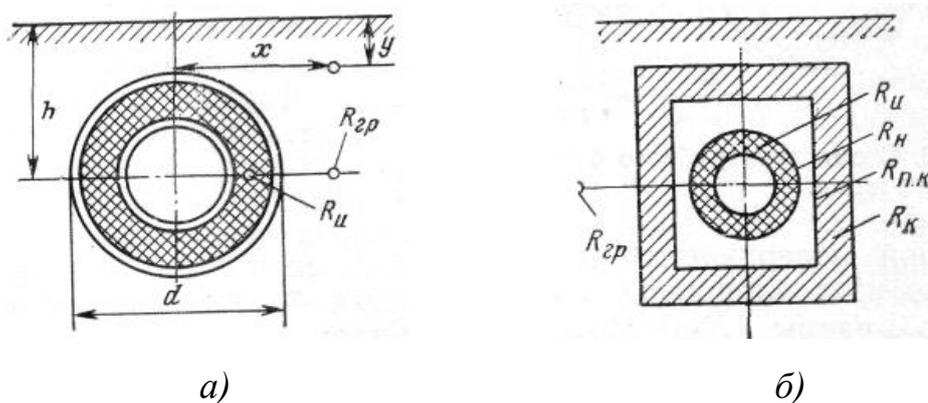
**Дәрістің мақсаты:** жылулық есебінің және екі құбырлы жылулық желінің жылу шығындарын есептеп табу әдісімен танысу. Жылу шығындары мен оқшаулағыштың тиімділік коэффициенті.

### 14.1 Жылулық есебінің әдістемесі

Жылу желілерінің жылулық есебінде келесі мәселелер шешіледі:

- а) құбырлардың жылу шығындарын табу;
- б) құбыр айналасындағы температуралық өрісін есептеу (оқшаулағыш, арықтағы ауа, арық қабырғасының және жер температурасын табу);
- в) құбыр бойымен жылу тасығыш температурасының төмендеуін есептеу;
- г) құбырдың жылу оқшаулағышының қалыңдығын таңдау.

Жылу желілерінің жылулық есебі жер астында орналасқан бір және көп құбырлыға бөлінеді. Бір құбырлы жер астында орналасқан желілердің барлық термиялық кедергілері дәйекті қосылады. Көп құбырлы жер астында орналасқан желілердің барлық термиялық кедергісі қосымша кедергіні есепке алады. Арықта орналасқан құбырларға қарағанда жер астына орналасқан құбырлардың термиялық кедергісі дәйекті қосылады. Егер бір құбырлы желіні арықсыз жер астына орналастырса, оның термиялық кедергісі оқшаулағыштың  $R_{ок}$  және жердің  $R_{кед}$  кедергілерінің қосындысы болып табылады, 14.1а сурет:  $R = R_{ок} + R_{кед}$ .



а - арықсыз орналасуы; б - арықта орналасуы.

14.1 сурет - Бір құбырлы желінің жер астына орналасуы

Егер бір құбырлы желіні арық ішінде жер астына орналастырса, арық қабырғасымен құбыр оқшаулағыштың арасында ауа болады, 14.1б сурет, сондықтан оның термиялық кедергісі барлық кедергілердің қосындысы болып табылады:

$$R = R_{ок} + R_c + R_{a.k.i} + R_{a.k.c} + R_{кед} ,$$

мұнда  $R_{ок}$ ,  $R_c$ ,  $R_{a.k.i}$ ,  $R_{a.k.c}$ ,  $R_{кед}$ , - оқшаулағыштың, оқшаулағыштың сыртқы бетінің, арықтың қабырғасының ішкі бетінің, арықтың қабырғасының сыртқы бетінің, жердің термиялық кедергісі.

Бір құбырлы желіні арық ішінде жер астына орналастырған кезде құбыр айналасындағы температуралық өрісін есептеу үшін жылу балансының теңдеуін жазу қажет. Жылу тасығыштан арық ішіне берілген жылу мөлшері арықтан жерге кеткен жылуға тең болады:

$$\frac{\tau - t_k}{R_u + R_n} = \frac{t_k - t_o}{R_{n.k} + R_k + R_{cp}},$$

сонымен

$$t_k = \frac{\frac{\tau}{R_u + R_n} + \frac{t_o}{R_{n.k} + R_k + R_{cp}}}{\frac{1}{R_u + R_n} + \frac{1}{R_{n.k} + R_k + R_{cp}}},$$

мұнда  $t_k$  – арықтағы ауа температурасы.

Егер бірнеше құбырлы желі арық ішінде жер астында орналасқан болса, әрбір құбырдың жылу шығыны арық ішіндегі ауаға беріледі, ал содан соң арық қабырғасымен жерге және қоршаған ортаға жіберіледі. Сондықтан ең біріншіден, арықтағы ауа температурасын табу қажет, егер жер астындағы арықта  $n$  құбыр орналасқан болса, ауа температурасы жылу балансының теңдеуі арқылы табылады. Құбырлардың оқшаулағыштарының термиялық кедергісі  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , ал жылу тасығыш температурасы  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  -ге тең.

Арықтың ішкі термиялық кедергісі арықтың, арық қабырғасының және жердің кедергілерінің қосындысы болып табылады:

$$R_{к-о} = R_{п.к} + R_k + R_{гр}.$$

Құбыр орналасқан қасындағы жердің температурасы  $t_o$ , ал арық ішіндегі ауа температурасы  $t_k$  болсын. Жылу балансының теңдеуі:

$$\frac{\tau_1 - t_k}{R_1} + \frac{\tau_2 - t_k}{R_2} + \dots + \frac{\tau_n - t_k}{R_n} = \frac{t_k - t_o}{R_{к-о}}.$$

Жылу балансының теңдеуінен арық ішіндегі ауа температурасын табуға болады:

$$t = \frac{\tau_1 / R_1 + \tau_2 / R_2 + \dots + \tau_n / R_n + t_o / R_{к-о}}{1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n + 1 / R_{к-о}}.$$

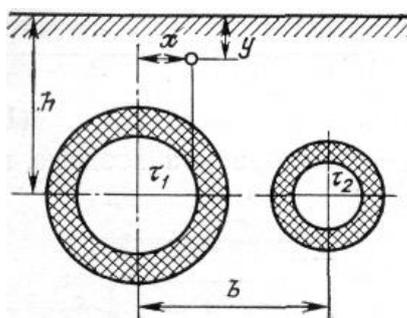
Арық ішіндегі ауа температурасы арқылы әрбір құбырдың жылу шығындарын оңай есептеп шығаруға болады.

Арықсыз жер астына орналасқан көп құбырлардың жылу есебін Е.П.Шубинның тәсілімен есептеп шығаруға болады. Құбырлардың бір-біріне беретін әсерін қосымша кедергі  $R_o$  арқылы ескеруге болады.

Екі құбырлы желінің қосымша кедергісі, 14.2 сурет:

$$R_o = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\bar{a}\bar{b}}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot h}{b}\right)^2}.$$

мұнда  $h$  – құбырдың жер астына орналасқан тереңдігі;  $b$  – екі құбырдың орталарының ара қашықтығы.



14.2 сурет - Екі құбырлы желінің жер астына орналасуы

Арықсыз жер астына орналасқан екі құбырлы желінің жылу шығынын келесі формулалар арқылы табуға болады:

- бірінші құбырдың жылу шығыны:

$$q_1 = \frac{(\tau_1 - t_o) \cdot R_2 - (\tau_2 - t_o) \cdot R_1}{R_1 \cdot R_2 - R_o^2},$$

- екінші құбырдың жылу шығыны:

$$q_2 = \frac{(\tau_2 - t_o) \cdot R_1 - (\tau_1 - t_o) \cdot R_2}{R_1 \cdot R_2 - R_o^2},$$

мұнда  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  – бірінші, екінші құбырлардың ішіндегі жылу тасығыш температурасы;  $t_o$  – құбыр жатқан жердің табиғи температурасы;  $R_1$ ,  $R_2$  – бірінші, екінші құбырлардың окшаулағыштары мен жердің термиялық кедергісі

$$R_1 = R_{н1} + R_{гр}; R_2 = R_{н2} + R_{гр}.$$

Бір құбырды арықсыз жер астына орналастырған кезде құбыр айналасындағы температуралық өрісін келесі формула арқылы есептеуге болады

$$t = t_o + (\tau - t_o) \cdot \frac{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\bar{a}\bar{b}}} \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y+h)^2}{x^2 + (y-h)^2}}}{R},$$

мұнда  $t$  – жердің құбырдан  $x$  қашықтықтағы және  $y$  тереңдіктегі әрбір нүктесіндегі табиғи температурасы, °C;

$\tau$  – құбырдағы жылу тасығыш температурасы;

$R$  – құбырлардың толық окшаулағыштары мен жердің термиялық кедергісі.

Осы формула арқылы жер астына арыққа салынған бір құбырдың есебін де шығаруға болады, тек  $\tau$  орнына ауа температурасын, ал  $R$  орнына арықтың қабырғасының ішкі бетінің, арықтың қабырғасының сыртқы бетінің, жердің термиялық кедергісін қолдану қажет.

Екі құбырды арықсыз жер астына орналастырған кезде, құбырлар айналасындағы температуралық өрісін келесі формула арқылы есептеуге болады:

$$t = t_o + \frac{q_1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y+h)^2}{x^2 + (y-h)^2}} + \frac{q_2}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \ln \sqrt{\frac{(x-b)^2 + (y+h)^2}{(x-b)^2 + (y-h)^2}} .$$

## 14.2 Өтуге болмайтын арықтарда орналасқан екі құбырлы жылулық желінің жылу шығындарын есептеп табу әдісі

Жылулық желінің жылу шығындарын табу тәсілдемесі нормаларда көрсетіледі. Өтуге болмайтын арықтарда орналасқан құбырлардың жылу шығындарын келесі тәсілдеме арқылы табуға болады.

Ең біріншіден өтуге болмайтын арықтың эквивалентті диаметрі табылады:

$$d_3 = 4F/P, \text{ м,}$$

мұнда  $F$  – арықтың көлденең ауданы,  $\text{м}^2$ ;

$P$  – арық жетектемесі, м.

Жылулық желінің тік және кері құбырлардың термиялық кедергісі:

$$R_n = \frac{1}{2\pi\lambda_{u,n}} \cdot \ln \frac{d_{u,n}}{d} + \frac{1}{\pi d_{u,n} \alpha_u}; \text{ м} \cdot \text{°C/кВт};$$

$$R_o = \frac{1}{2\pi\lambda_{u,o}} \cdot \ln \frac{d_{u,o}}{d} + \frac{1}{\pi d_{u,o} \alpha_u}; \text{ м} \cdot \text{°C/кВт};$$

Арық және жердің термиялық кедергісі:

$$R_{к.о} = \frac{1}{2\pi\lambda_{zp}} \cdot \ln \frac{4h}{d_3} + \frac{1}{\pi d_3 \alpha_{cm}}; \text{ м} \cdot \text{°C/кВт}.$$

Жылулық желінің арық ішіндегі ауа температурасы:

$$t_{\kappa} = \frac{\tau_n / R_n + \tau_o / R_o + t_o / R_{к.о}}{1/R_n + 1/R_o + 1/R_{к.о}}; \text{ °C,}$$

Тік және кері құбырларының меншікті жылу шығындары:

$$q_n = \frac{\tau_n - t_{\kappa}}{R_n}; \text{ кВт/м};$$

$$q_o = \frac{\tau_o - t_{\kappa}}{R_o}; \text{ кВт/м}.$$

Құбырлардың толық меншікті жылу шығындары

$$q = q_n + q_o, \text{ кВт/м}.$$

Өтуге болмайтын арықтарда орналасқан жылулық желінің жылу шығындарын табу үшін норма бойынша меншікті жылу шығындары арқылы

табуға болады. Жылу желілерінің құбырларындағы жылу шығыны норма бойынша:

$$Q_H = Q_{п.н} + Q_{о.н} = \sum \beta \cdot q_H \cdot \ell, \text{ кВт},$$

мұнда  $\beta$  – жергілікті шарттар коэффициентінің мөлшері (норма бойынша алынады) 0,2 – 0,3 аралығында болады.

Нормативті меншікті жылу шығындары, жылу желінің орташа температурасы арқылы табылады:

$$q_H = q_{п.н} + q_{о.н} = [q_{H(90^\circ)} + q_{H(50^\circ)}] \cdot \sqrt{\frac{t_n^{cp.2} + t_o^{cp.2} - 2 \cdot t_{zp}^{cp.2}}{130}}, \text{ кВт/м}.$$

Мысалы, жылу желінің нормативті меншікті жылу шығындарының табуын көрсетейік [2]. Есепті кесте ретінде келтіреміз, 14.1 кесте.

#### 4.1 К е с т е – Екі құбырлы жылулық желінің жылу шығындар есебі

Диаметр, мм	Жылу желінің ұзындығы тік / кері, м	Нормативті меншікті жылу шығыны, кВт/м	Жылу шығындарының мөлшері, кВт	Жылу шығындарының толық мөлшері, кВт
800	150	0,256	38,93	
800	150	0,164	24,62	63,55
600	757	0,2176	164,76	
600	757	0,133	100,44	265,2
500	1545	0,186	287,71	
500	1545	0,117	181,62	469,33
250	429	0,12	51,43	
250	429	0,07	29,96	81,39
200	359	0,106	38,0	
200	359	0,06	21,3	59,3
		Жалпы	938,8	938,8

#### 14.3 Жылу шығындары мен оқшаулағыштың тиімділік коэффициенті

Жылулық желі құбырларының жылу шығындары екі бөліктен тұрады:

а) құбыр бойымен жылу шығындары – бұл тек құбырлардың таза жылу шығындары (арматура және құбырлардың басқа бөлшектерінің жылу шығындарын есепке алмағанда);

б) жергілікті жылу шығындары – бұл арматура, тіреуіштер, құбырлардың фасонды және басқа бөлшектерінің жылу шығындары.

Құбыр бойымен жылу шығындары:

$$Q_{л} = q \cdot \ell,$$

мұнда  $q$  – меншікті жылу шығындары, Вт/м;

$\ell$  - құбырдың ұзындығы.

Жергілікті жылу шығындары:

$$Q_{м} = q \cdot \ell_3,$$

$\ell_3$  – арматура және құбырлардың фасонды бөлшектерінің эквивалентті ұзындығы.

Жылу желі құбырларының толық жылу шығындарын келесі формула арқылы табуға болады:

$$Q = q \cdot (\ell + \ell_s) = q \cdot \ell \cdot (1 + \beta) ,$$

мұнда  $Q$  – толық жылу шығындары;

$\beta = \ell_s/\ell$  – жергілікті жылу шығындарының коэффициенті (ұзындық қатынасы).

Оқшаулағыштың тиімділік коэффициентін келесі формула арқылы табуға болады:

$$\eta_u = \frac{Q_2 - Q_u}{Q_2} = 1 - \frac{Q_u}{Q_2} ,$$

мұнда  $Q_2$  және  $Q_u$  – жалаңаш және оқшаулағышы бар құбырлардың жылу шығындары.

Оқшаулағыштың тиімділік коэффициентінің мөлшері  $\eta_u = 0,85-0,95$  аралығында болады.

#### 14.4 Жылу тасығыш температурасының құбыр бойымен кемуі

Жылу тасығыш құбыр бойымен өткен кезде оның энтальпиясы төмендейді, сондықтан температура мөлшері де кемиді. Қысқа құбырларда температура кемуі 3-4 % аспайды, сондықтан меншікті жылу шығыны тұрақты деп санауға болады. Осы шарт бойынша жылу балансының теңдеуін жазуға болады:

$$G \cdot C \cdot (\tau_1 - \tau_2) = q \cdot \ell \cdot (1 + \beta) ,$$

мұнда  $G$  – құбыр бойымен жылу тасығыш шығысы;

$C$  – жылу тасығыштың жылу сыйымдылығы;

$\tau_1$  және  $\tau_2$  – құбырдың басы мен соңындағы жылу тасығыш температурасы;

$q$  – құбыр бойымен меншікті жылу шығыны;

$\ell$  - құбыр ұзындығы;

$\beta$  – жергілікті жылу шығындарының коэффициенті.

Жылу балансының теңдеуінен құбырдың соңындағы жылу тасығыш температурасын табуға болады:

$$\tau_2 = \tau_1 - q \cdot \ell \cdot (1 + \beta) / (G \cdot C) .$$

#### 14.5 Оқшаулағыш қалыңдығын таңдау

Құбырлардың оқшаулағыш қалыңдығы техникалық және техника-экономикалық шешімдер арқылы таңдалады.

Құбырлардың оқшаулағыш қалыңдығын таңдаған кездегі негізгі техникалық шешімдерге кіретін:

а) жылулық желінің әрбір нүктелерінде жылу тасығыштың температурасын керекті мөлшерде ұстап отыру;

б) жылу шығындарын нормативтік мөлшерден асырмау;

в) құбырдың оқшаулағыш сыртындағы температурасын берілген нормативтік мөлшерден асырмау (40-50 °С).

Негізінде құбырлардың оқшаулағыш қалыңдығын техника-экономикалық есептер арқылы таңдайды.

## **Дәріс №15. Жылулық желілерін пайдалану негіздері**

**Дәрістің мақсаты:** жылулық желілерін пайдалануды ұйымдастыру (сенімділігін жоғарылату, бұзылуларын табу және жөндеу тәсілдері, желілерді сынау).

### **15.1 Жылулық желілерін пайдалануды ұйымдастыру**

Қалаларда жылулық желілерін пайдалану үшін "Жылулық желілері" деген өндіріс (акционерлік қоғам) құрады. Жылулық желілерін пайдаланудың негізгі міндеті болып саналатын бұл жылу тұтынушыларға уақытында және керекті көрсеткішімен жылу беру. Бұл үшін келесі шарттар орындалуы қажет:

- жылу көзі, жылулық желілер мен жылу қабылдағыш қондырғылардың келісімді жұмыс атқаруы;

- жылу тасығышты жылу тұтынушылардың жылу қабылдағыш араларында дұрыс тарату және жылудың шығысын есептеп отыру;

- жылу көздерінің және жылулық желілерінің қондырғыларының жұмысы мен жағдайын қарап, уақытында жөндеп немесе ауыстырып тұру қажет;

- жылуқабылдағыш қондырғылардың жұмысы мен жағдайын уақытында тексеріп тұру қажет.

Жылулық желілерін пайдалануды ұйымдастыру кезінде қызметшілер мен жұмысшылар техникалық пайдалану және қауіпсіздік ережелерді сақтау қажет.

### **15.2 Жылуландырудың сенімділігін жоғарылату**

Орталықтан жылуландыру желілері, басқа энергетика жүйелерімен бірдей (газбен, сумен, электр энергиямен қамтамасыздандыру жүйелері) сенімділігі болуы қажет. Стандарт бойынша жылуландырудың сенімділігі дегеніміз бұл жылумен қамтамасыздандыру жүйелерінің уақытында керекті көрсеткішімен жылу беру. Жылуландырудың сенімділігі төмендеуінің себебі апаттар болуы және жабдықтардың бұзылуы. Жылуландырудың сенімділігін жоғарылату үшін уақытында техникалық тексерулер мен жөндеулерді өткізіп отыру қажет.

### **15.3 Жылулық желілерінің бұзылуларын табу және жөндеу тәсілдері**

Жылулық желілерінің бұзылулар себебі болатын құбырлардың қосылу жерлері мен арматура тығыздығы нашарлауы және құбырлардың жарылуы.

Жылулық желінің ыстық су (жылутасығыш) таратуында қысым төмендеу желі құбырларының жарылуының белгісі болады. Ыстық су қысымын төмендетпеу үшін желіге қосымша судың шығысын жоғарылату қажет. Осымен қатар жылулық желі құбырларының бұзылған (жарылған) жерін табу қажет. Бұл үшін ең біріншіден, желіні толық тексеріп шығу керек. Егер жер астындағы желі бойымен қар еруі, жер бетіне су шығуы, желі құдықтарынан бу шығуы пайда болса бұл бұзылудың табылды деген белгісі. Қазіргі кезде жылулық желінің бұзылу жерін табу үшін электронды-акустикалық аспаптар қолданылады.

#### 15.4 Жылулық желілерді сынау

Жылулық желілердің сынауының екі түрі болады – іске қосу алдындағы және пайдалану кезіндегі. Жылулық желілерді құрастырып орнатқан соң және күрделі жөндеуден соң іске қосу алдында желі жұмыс атқаруға дайын екенін білу үшін сынау өткізу қажет. Жылулық желілердің жұмыс атқару кезінде олардың құбырлары тоттанып, оқшаулағышы бұзылуы мүмкін. Сондықтан жылулық желілердің жұмыс атқару кезінде пайдалану көрсеткіштерін тексеру үшін сынаудан өткізу қажет. Жылулық желілердің сынауларына кіретін: қысыммен тексеру, гидравликалық сынау, жылулық сынау және жылу тасығыштың максималды температурасына сынау.

Қысыммен тексеру жылулық желінің құбырлары мен жабдықтарының тығыздығын және механикалық беріктігін білу үшін өткізеді. Қысыммен тексеру кезінде жылулық желі тармағы барлық жағынан жабылып температурасы +5 тен +40 °С сумен толтырылады. Су қысымы сынау қысымына дейін көтеріледі. Сынау қысымының мөлшері 25 % жұмыс қысымынан жоғары болады  $P_{\text{сынау}} = 1,25 \cdot P$ .

Сынау қысымын 10 минуттан соң жұмыс қысымына дейін түсіру керек. Жұмыс қысымы орнатылған соң желі құбырлары тексеріледі. Егер, желі құбырларында жарылған және су ағатын жерлері табылмаса, желі сынаудан өтті деп саналады. Жылулық желілер жылына бір рет қысыммен тексерілуі қажет.

Гидравликалық сынау жылулық желінің негізгі гидравликалық сипаттамасын пайдалану кезіндегі гидравликалық сипаттамасымен сай келетінін тексеруге өткізіледі. Гидравликалық сынау кезінде бір уақытта жылу тасығыштың қысымын, шығысын және температурасын өлшейді. Өлшенген мәліметтер арқылы жылулық желі бойымен қысым құламасын  $\Delta P$  табуға болады. Жылу желі бойымен қысым құламасының мөлшері:

$$\Delta P = (P_1 - P_2) + 9,81 \cdot (z_1 - z_2) \cdot \rho, \text{ Па},$$

мұнда  $P_1, P_2$  – желі басы мен соңындағы қысым, Па;

$z_1, z_2$  – қысым өлшеу жердің геометриялық биіктігі, м;

$\rho$  – жылу тасығыштың тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>.

Өлшенген қысым және табылған қысым құламасы арқылы пьезометриялық сызба, ал су шығысы арқылы қысым сызбағы салынады.

Негізгі және пайдалану кезіндегі пьезометриялық сызбалар салыстырылу арқылы құбырлардың ластанған, жартылай бітелген жерлері табылады. Желінің жылулық сынауы жылу шығындарының негізгі мөлшерін нормалық шығындарымен салыстыру үшін өткізіледі. Жылулық сынау жылуландыру маусымның соңында жылу желісі толық қызып тұрған кезде өткізіледі.

Жылулық сынау кезінде 10 мин. арасында желінің тіке және кері құбырлардың басы мен соңында өлшеулер өткізіп, негізгі жылу шығындарын табады:

$$q_{\phi 1} = \frac{C \cdot (G_1 - 0,25 \cdot G_n) \cdot (\tau_{11} - \tau_{12})}{3600 \cdot \ell};$$

$$q_{\phi 2} = \frac{C \cdot (G_1 - 0,75 \cdot G_n) \cdot (\tau_{21} - \tau_{22})}{3600 \cdot \ell}.$$

мұнда  $q_{\phi 1}$ ,  $q_{\phi 2}$  - желінің тіке және кері құбырлардың негізгі меншікті жылу шығындары, кВт/м;

$G_1$ ,  $G_n$  – желідегі және қоректеу сулар шығысы, кг/сағ;

$\tau_{11}$ ,  $\tau_{12}$  – желінің тіке құбырының басы мен соңындағы су температурасы, °С;

$\tau_{21}$ ,  $\tau_{22}$  – желінің кері құбырының басы мен соңындағы су температурасы, °С;

$\ell$  - желі құбырларының ұзындығы, м.

Негізгі жылу шығын мөлшері нормалық жылу шығын мөлшерімен салыстыру арқылы оқшаулағыш сапасын тексереді. Желінің жылулық сынауы 3-4 жылда бір рет өткізіледі.

Жылу тасығыштың максималды температурасына сынауы желі жабдықтарының (өтеуіштер, тіректер) дұрыс жұмыс атқаруын тексеру үшін өткізіледі. Сынақ кезінде су температурасы 30 °С/сағ. жылдамдылығымен көтеріледі, ал желі құбыр соңында максималды температура 30 мин. уақыт ұсталуы қажет. Құбырлардың негізгі ұзаруы нормалық мөлшерінен 25 % жоғары болса, бұл тіректер мен өтеуіштердің дұрыс жұмыс атқармайтынын көрсетеді. Сондықтан тіректерде құбырлардың қысылып қалған жерлерін табу қажет болады.

### **Дәріс №16. Жылумен қамтамасыз ететін жүйелерінің техника-экономикалық көрсеткіштерін есептеу**

**Дәрістің мақсаты:** жылумен қамтамасыз ететін жүйелерінің техника-экономикалық көрсеткіштерін есептеу әдістемесін меңгеру.

Жылумен қамтамасыз ететін жүйелерінің техника-экономикалық көрсеткіштеріне кіретін:

- жүйені салуға қаражат;
- жылумен қамтамасыздандыруға жыл сайын жұмсалатын қаражат.

Жылумен қамтамасыз ететін жүйені салуға жұмсалған қаражатқа кіретін:

- жылу көзін салуға;
- жылуландыру желісін салуға;
- абоненттік қондырғыларды салуға қаражаттар. Жылу көзін салуға жұмсалған қаражат мөлшері оның түріне байланысты.

Жылу көзі жылу электр орталығы (ЖЭО) немесе аудандық қазандық (АҚ) болуы мүмкін. ЖЭО жылумен бірге электр энергиясын өндіреді, сондықтан аудандық қазандықтармен бірге шықтағыш электр станциясын (ШЭС) есепке алу қажет. Сонымен энергиямен қамтамасыз ететін көздерді салуға жұмсалатын қаражат энергия көздерінің түріне байланысты болады.

Энергиямен қамтамасыз ететін көз ЖЭО болса, оны салуға жұмсалатын қаражат мөлшерін келесі формула арқылы табуға болады:

$$K_{э.к} = k_{жэо} \cdot N_{жэо} ,$$

мұнда  $k_{жэо}$  – ЖЭО салуға жұмсалатын меншікті қаражат, теңге/кВт;  
 $N_{жэо}$  – ЖЭО электрлік қуаты, кВт.

Энергиямен қамтамасыз ететін көз ШЭС және АҚ болса, оларды салуға жұмсалатын қаражат мөлшерін келесі формула арқылы табуға болады:

$$K_{э.к} = K_{шэс} + K_{ақ} ,$$

мұнда  $K_{шэс}$  – ШЭС салуға жұмсалатын қаражат, теңге;  $K_{ақ}$  – АҚ салуға жұмсалатын қаражат, теңге.

Жылуландыру желісін салуға жұмсалатын қаражат мөлшерін келесі формула арқылы табуға болады:

$$K_{ж.ж} = k_{ж.ж} \cdot L_{ж.ж} ,$$

мұнда  $k_{ж.ж}$  – жылуландыру желісін салуға жұмсалатын меншікті қаражат, теңге/м;  $L_{ж.ж}$  – жылуландыру желі құбырларының ұзындығы, м.

Жылуландыру желісін салуға жұмсалатын меншікті қаражат құбырлардың диаметрімен байланысты, сондықтан оның мөлшерін келесі формула арқылы табуға болады:

$$k_{ж.ж} = a + b \cdot d ,$$

мұнда  $a$  ,  $b$  – жылуландыру желісінің түріне және оны салу тәсіліне байланысты тұрақты коэффициенттер;

$d$  – желі құбырлардың диаметрі, м.

Абоненттік қондырғыларды салуға жұмсалатын қаражат мөлшерін келесі формула арқылы табуға болады:

$$K_{а.к} = a_k \cdot F ,$$

мұнда  $a_k$  – абоненттік қондырғыларды салуға жұмсалатын меншікті қаражат мөлшері, теңге/м<sup>2</sup> ;  $F$  – абоненттік қондырғылардың жылуландыру беттерінің ауданы, м.

Жылумен қамтамасыздандыруға жыл сайын жұмсалатын қаражатқа ( $I_{ж.к}$ ) келесі қаражаттар кіреді:

- жылу өндіруге ( $I_{ж.ө}$ );
- жылуды тасымалдауға ( $I_{ж.т}$ );
- жылу шығындарына ( $I_{ж.ш}$ );

- жылулық желілерді күтуге ( $I_{ж.ж.к}$ ).

$$I_{ж.к} = I_{ж.ө} + I_{ж.т} + I_{ж.ш} + I_{ж.ж.к}, \text{ теңге/жыл.}$$

Жылу өндіруге жыл сайын жұмсалатын қаражат негізінде жылу өндіретін көзінде (ЖЭО, АҚ) болады. Жылу өндіруге жыл сайын жұмсалатын қаражатқа отын мен су бағасы, қондырғылардың амортизациясы мен жөндеуі, жұмысшылардың еңбек ақысы кіреді:

$$I_{ж.ө} = I_{отын} + I_{су} + I_{ам} + I_{ж} + I_{е.а}, \text{ теңге/жыл.}$$

Жылуды тасымалдауға жыл сайын жұмсалатын қаражат негізінде су сорғыларына (насостарына) берілген электр энергия мөлшерімен байланысты:

$$I_{ж.т} = \mathcal{E}_п \cdot B_{э.э}, \text{ теңге/жыл}$$

мұнда  $\mathcal{E}_п$  – бір жылда сорғылар пайдаланған электр энергия, кВт·сағ/жыл;

$B_{э.э}$  – электр энергия бағасы, теңге/кВт·сағ.

Жылу шығындарына жыл сайын жұмсалатын қаражат мөлшерін келесі формула арқылы табуға болады:

$$I_{ж.ш} = Q_{ш} \cdot B_{ж}, \text{ теңге/жыл}$$

мұнда  $Q_{ш}$  – желідегі бір жылдағы жылу шығындар мөлшері, ГДж/жыл;

$B_{ж}$  – жылу энергия бағасы, теңге/ГДж.

Жылулық желілерді күтуге жыл сайын жұмсалатын қаражат мөлшері негізінде желілерді күтіп пайдаланатын жұмысшылардың еңбек ақысына тең:

$$I_{ж.ж.к} = I_{ж.е.а}.$$

## Әдебиеттер тізімі

### *Негізгі:*

- 1 Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: МЭИ, 7-е изд., 2001. - 472с.
- 2 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. 14-е изд.-М.: Энергия, 1990. - 365 с.
- 3 Усембеков С.У. Жылумен қамтамасыз ету жүйелері. - Алматы: АЭЖБИ, 1998. - 78 б.

### *Қосымша*

1. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям.-М.: Энергоатомиздат, 1985. – 231 с.
2. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. -М.: Энергоатомиздат, 1985. – 320 с.

Исмагзом Бақытжанович Бақытжанов  
Сандуғаш Сабырбековна Сабаншиева  
Динара Тынысбековна Муканова

## ЖЫЛУЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЖЫЛУЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРІ

5B071800 – Электр энергетикасы  
мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы

Редакторы Ж.Изтелеуова

Басуға қол қойылды  
Таралымы 50 дана.  
Көлемі 4,3 оқу,-басп.ә

Пішіні 60x84 1/16  
Баспаханалық қағаз №  
Тапсырыс Бағасы 2150 тенге

«Алматы энергетика және байланыс университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі-көбейткіш бөлімі  
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126