



**Коммерциялық емес  
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ  
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

Инженериядағы  
менеджмент және  
кәсіпкерлік кафедрасы

**ЭНЕРГИЯМЕН ЖАБДЫҚТАУДЫҢ ОРТАЛЫҚТАНДЫРЫЛҒАН  
ЖӘНЕ АВТОНОМДЫ ЖҮЙЕЛЕРІ**

«Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6В07103 «Жылуэнергетика»  
білім беру бағдарламасы бойынша даярланатын студенттер үшін  
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы, 2022

ҚҰРАСТЫРУШЫ: Г.Р.Бергенжанова. Энергиямен жабдықтаудың орталықтандырылған және автономды жүйелері. «Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6В07103 «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша даярланатын студенттер үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар. - Алматы: АЭЖБУ, 2022. - 32 б.

Бұл әдістемелік нұсқаулықта зертханалық жұмысты дайындауға және жүргізуге, рәсімдеуге арналған нұсқауларды, зертханалық жұмыс сипаттамасын, тәртіптік жүйелердің негізгі бөлімдері келтірілген. Зертханалық жұмыс сипаттамасына негізгі теориялық бастамалар, тәжірибелік қондырғының және жұмыс жүргізу әдістемесінің сипаттамасы, жұмысты орындау тәртібі және тәжірибелік нәтижелерді өңдеу, қажетті әдебиеттер тізімі кіреді.

Методикалық әдістеме «Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6В07103 «Жылуэнергетика» білім беру бағдарламасы бойынша бойынша даярланатын студенттер үшін құрастырылған.

Безендіру.-6, кесте.- 7, библиогр.- 5 атау.

Пікір беруші: PhD, доцент

Н.К. Алмуратова

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж басылым жоспары бойынша басылады.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2022 ж.

## Кіріспе

Жылумен қамтамасыз ету жүйелері - жылуды дайындау орталықтарынан, жылулық құбырлар желісінен және жылу тұтынушылардың ішкі жылу тұтыну жүйелерінен тұратын біртұтас күрделі жүйе. Мұндай жылу жүйелерінің жұмыс істеу сенімділігі және сапасы - жүйелердің белгілі бір заңдылықтарға негізделген жылулық, сұйықағулық және химиялық жұмыс тәртіптеріне тікелей байланысты.

Жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің жылулық жұмыс режимдері негізінен жылытылатын ғимараттардың ішіндегі белгілі бір жылулық тәртіптерді сыртқы ауа температурасына тәуелсіз түрде орнықтыру мақсатында қызмет етеді. Жылытылатын ғимараттардың жылулық режимінің көрсеткіштері: бөлменің ішкі ауа ылғалдылығы мен температурасы. Бұл көрсеткіштердің негізгісі ішкі ауа температурасы болып табылады. Сондықтан мұндай жүйелерді пайдалану барысында негізінен осы температураны ғимараттың жылу шығындарын толықтырып отыру арқылы белгілі бір деңгейде ұстап тұру керек. Сыртқы ауа температурасының өзгерісіне қарай ғимараттардың да жылу шығындары өзгеріп отырады.

Курс бойынша зертханалық жұмыстарды орындаудың мақсаты дәрістерде және практикалық сабақтарда алған білімді және дағдыларды бекіту, эксперименттік зерттеулерді және алынған мәліметтерді өңдеу дағдыларын үйрену, әрі жылутәсілдемелік сұлбасын тәжірибелік жолмен зерттеуге машықтандыру, сонымен қатар жылыту мен желдетуге кеткен шығындарды, ыстық сумен қамтамасыз ету, технологиялық қажеттіліктерді, жылумен қамтамасыз ету жүйесін, жылуберу әдістемесін реттеуді үйрету.

Жұмысты орындамас бұрын әдістемелік көрсеткіштерді, жұмысқа ұсынылған әдебиеттерді, эксперимент әдісін, қондырғының функциялық үлгісін, экспериментті орындау ретін және мәліметтерді өңдеуді анық білу керек. Осы кезеңде байқаулар мен мәліметтерді өңдеудің хаттамасын құру керек. Алынған нәтижелердің қателігін бағалау және әдебиетте бар мәліметтермен салыстыру керек. Жұмыс бойынша есепті әр студент А4 форматта келесі реттілік бойынша орындайды:

- 1 - Жұмыстың тақырыбы;
  - 2 - Жұмыстың мақсаты;
  - 3 - Қысқаша теориялық түсініктемелер мен негізгі есептеу формулалары;
  - 4 - Эксперименттік қондырғының қағидалық үлгісі;
  - 5 - Бақылаулар мен мәліметтердің хаттамасын өңдеп толтыру, эксперимент қателігін бағалау;
  - 6 - Жұмыста алынған және әдебиетте берілген нәтижелердің салыстырмалық талдауынан шығатын жұмыс бойынша қорытынды;
- Жұмыс кезінде техника қауіпсіздік ережелерін сақтау керек.

# **1 Зертханалық жұмыс №1. Жылумен жабдықтаушы су жүйесінен берілетін жылуды сапалы реттеу**

*Жұмыстың мақсаты:* өндірістік кәсіпорындар мен тұрғын үйлерді, сонымен қатар қоғамдық ғимараттарды жылумен қамтамасыз ету үшін жіберілетін жылуды реттеу жүйелері және жылытқыш жүктемені сапалы реттеудің графигін тұрғызу жөнінде алған білімдерін тәжірибеден алынған жылытқыш аспаптың жылулық жүктемесін анықтау негізінде тереңдету.

## **1.1 Жұмыстың тапсырмасы**

Жылу желісінің тура және кері магистраліндегі температураға байланысты қыздырғыш аспаптың жылулық жүктемесін эксперименттік жолмен анықта және осы алынған шамалар арқылы жылулық жүктемені сапалық реттеу кезіндегі температуралық тәуелділіктерін тұрғыз.

## **1.2 Теориялық кіріспе**

Өртүрлі қолданушылардың жылулық жүктемесі ауа райына, олардың жұмыс тәртібіне тәуелді. Жылыту, желдету және ауаны баптау жүйелері үшін жылу шығынына әсер етуші негізгі фактор - сыртқы ауаның температурасы. Ыстық су және технологиялық жүктемеге қажетті жылу мөлшеріне сыртқы ауаның температурасы аса қатты ықпалын тигізбейді.

Жылытылатын ғимараттардың бір тәулік ішіндегі жылулық жұмыс тәртіптері әдетте тұрақсыз болып келеді. Бұл тұрақсыздық ғимараттардың ыстық су тұтыну немесе технологиялық жылу пайдалану режиміне байланысты туындайды. Тәуліктік ыстық су тұтыну мен технологиялық жылу пайдалану мезгілдерінде ғимараттардың жылыту жүйелеріне жылулық энергия біршама аз түседі, ал керісінше, мұндай жылу жүктемелері жоқ немесе азайған уақыттарда жылыту жүйелеріне жылулық энергия көбірек түседі. Сондықтан, мұндай ғимараттардың тәулігіне орташа жылу тұтыну мөлшері оның осы тәулік ішіндегі жылу тұтыну мөлшерінің есептік мәніне тең деңгейде болады деп саналады.

Жылуды қолданушылардың жылулық жүктемесінің, олардың жылуды қолдану графигіне сәйкес өзгерту жүйесін жіберілген жылуды *реттеу* жүйесі деп атайды.

Жіберілген жылудың орталықтық, топтық және жергілікті реттеу түрлері болады.

Жылулық жүктемені орталықтық реттеу жылу көзінде, яғни ЖЭО-да немесе аудандық қазандықта іске асырылады. Топтық және жергілікті реттеу жылуды қолданушылардың жанында іске асырылады да, орталықтық реттеуді толықтыру ретінде қолданылады.

Жылумен жабдықтау көзінен алынған барлық жылу мөлшері жылу

тораптарында қыздырғыш аспаптардың көмегімен ғимараттардағы ауаны жылытуға, желдету камераларынан келетін ауаны жылытуға, су қыздырғыштарында суды ысытуға жұмсалады. Сонымен жылумен жабдықтау жүйесінің жылулық жүктемесі қыздырғыш аспаптың жылу беру тәртібіне тәуелді. Рекуперативтік қыздырғыш аспаптың беретін жылуы келесі теңдеумен сипатталады:

$$Q = kF\Delta t\tau, \quad (1.1)$$

мұндағы  $Q$  - қыздырғыш аспаптың  $\tau$  - уақыт аралығында жіберген жылуы, кДж;

$k$  – жылуберу коэффициенті,  $\frac{кВт}{м^2 К}$ ;

$F$ - аспаптың қызатын бетінің ауданы,  $м^2$ ;

$\Delta t$  - қызатын және қыздырушы орталар арасындағы орташа температуралар айырмасы,  $К$ .

Осы теңдеу жылумен жабдықтау жүйесінің жылулық жүктемесін теңдеудің оң жағындағы кез келген шаманы өзгерте отырып реттеуге болатынын көрсетеді: мысалы, жылуберу коэффициентін немесе орташа температуралар айырмасын, аспаптың қызатын бетін және аспаптың жұмыс жасау уақытын өзгерту.

Жылумен жабдықтаушы су жүйесінің қыздырғыш аспаптарында орташа температуралар айырмасы тек қана қыздырушы судың температурасымен анықталады, себебі қыздырғыш аспаптың бетін шарпып өтетін ауаның температурасы бөлмедегі ауаның нақты айналымының салдарынан өте баяу өзгереді. Сондықтан жылытқыш аспаптағы қыздырушы судың орташа температурасын ол, аспапқа кіргенде және одан шыққанда өзгерту арқылы реттеуге болады.

Жылу тасымалдаушының орташа температурасына әсер ету тәсіліне байланысты жіберілетін жылуды орталықтан реттеу жүйелері келесі түрлерге бөлінеді [4]:

1) сапалы реттеу – реттеуді тіке құбырдағы судың температурасын өзгерту арқылы іске асыру (судың шығыны тұрақты);

2) сандық реттеу – реттеуді судың шығынын өзгерту арқылы іске асыру (температура тұрақты);

3) сапалық-сандық реттеу – реттеуді судың температурасын және шығынын өзгерту арқылы жүргізеді.

(1.1) теңдеуі арқылы жылу жіберуді реттеу ыңғайсыз. Сондықтан жылу алмасу аппаратының жүктемесін келесі теңдеумен анықтау керек

$$Q = \varepsilon W_m \nabla, \quad (1.2)$$

мұндағы  $Q$  – қыздырғыш аспаптың беретін жылуы, кВт;

$W_m$  – жылуалмастырушы орта шығынының ең кіші шамасының эквиваленті,  $W_m = (Gc)_m \frac{kBt}{K}$  ;

$G$  – жылутасымалдағыш шығыны,  $\frac{k\mathcal{Z}}{c}$  ;

$c$  – жылутасымалдағыштың жылусыйымдылығы,  $\frac{Дж}{кг \cdot K}$  ;

$\nabla$  - қыздыратын және қыздырылатын жылутасымалдағыштар арасындағы максималды температуралар айырмасы, жылытудың қыздырушы құралдарында ол  $\nabla = t_1 - t_b, ^\circ C$ ;

$t_1, t_2, t_b$ , - сәйкесінше қыздырушы құралға кірердегі және шығардағы температуралар, ғимараттағы ауа температурасы,  $^\circ C$ .

$\varepsilon$  - жылуалмастырғыш қондырғының тиімділігін сипаттайтын коэффициент.

Егер қыздырушы дене мен қыздырылатын ортаның қозғалысы қиылыспа ағын тәртібі бойынша орындалса, онда  $\varepsilon$  шамасы келесі теңдеу бойынша есептеледі:

$$\varepsilon = \frac{1}{a \cdot W_m + b + \frac{1}{\omega}}, \quad (1.3)$$

мұндағы  $a$  мен  $b$  – жылуалмастырғышта жылутасымалдағыштың қозғалысын сипаттайтын коэффициент,  $a=0,425$  және  $b=0,65$ .

$\omega$  - режимдік коэффициент:

$$\omega = \frac{kF}{W_m} \quad (1.4)$$

немесе

$$kF = \bar{Q}^{-0,2} \frac{\ln\left(\frac{\Delta t_{\sigma}}{\Delta t_m}\right)}{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m}. \quad (1.5)$$

Бір сәттік (лездік) реттеу кезінде қыздыру ортасының шығыны тұрақты болып қалады. Сондықтан  $\bar{W}=1$ . Сонда теңдеуді түрлендіре отырып келесі тәуелділікті алуға болады:

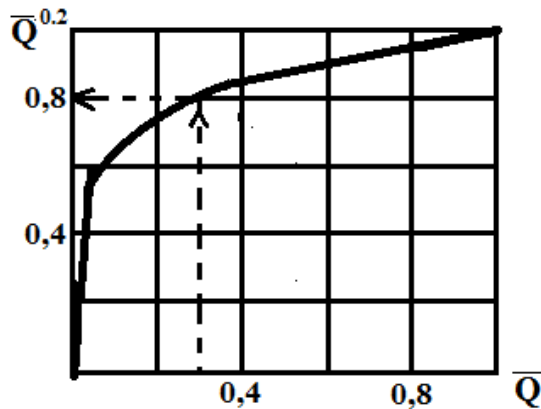
$$\bar{Q} = \left(\frac{\Delta t_A}{\Delta t_L}\right)^{1,25}, \quad (1.6)$$

мұндағы-  $\Delta t_a, \Delta t_l$  - орташа арифметикалық және орташа логарифмдік температуралық тегеуріндер,  $^\circ C$ . Бұнда

$$\Delta t_a = \frac{t_1 + t_2}{2} - t_B, \quad (1.7)$$

$$\Delta t_{\text{л}} = \frac{(t_1 - t_B) - (t_2 - t_B)}{\ln \frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_B}}. \quad (1.8)$$

$\bar{Q}^{0.2}$  - шамасы 1.2-суреттен анықталған  $\bar{Q}$  шамасы бойынша анықталады.



1.1 сурет - Жылуландырушы қондырғының өлшемсіз меншікті жылулық жүктемесі

### 1.3 Тәжірибелік қондырғының сипаттамасы

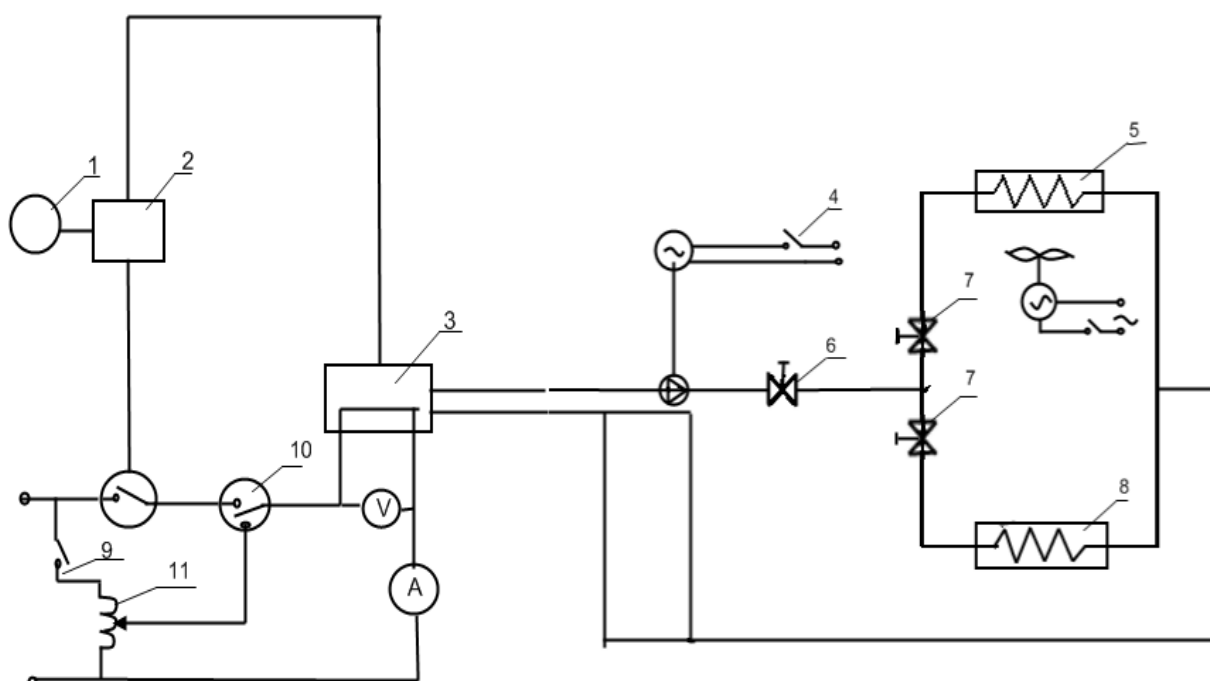
Бұл жұмыста жылыту жүктемесінің қыздыру құралының жылыту моделінің режимін зерттеу негізінде жылу берудің сапалы реттеу кезіндегі температуралық сызбаны тәжірибелік жолмен анықтау керек.

Зертханалық қондырғы автономдық жылумен жабдықтаушы жүйені бейнелейді. Бұл жүйеде қыздырғыш аспап жылу көзіне араластырушы буынсыз қосылған. Осылайша, термостат (3) жылуқамдау көзінің рөлін атқарады (су қыздырғыш қазан). Термостат сорғысы жүйелік сорғының жұмысын үлгілейді, құбырлар - жылулық жүйелердің магистралды жылу өткізгіштері, ал қыздыру құралының (жылу тұтынушының) рөлін жылыту батарея моделі- табиғи салқындатуы бар жылуалмастырғыш (8) немесе жасанды салқындатуы бар жылуалмастырғыш (5) атқарады. (5) жылуалмастырғышты салқындату үшін ауалық калорифер жұмыс жасайды.

Қыздыру құралдарындағы су шығыны (6) вентиль көмегімен реттеледі және термостат қыздырғышының қуаты бойынша анықталады. Қыздырғыштың (тен) қуаты қыздырғыштағы ток күшіне және берілген кернеу шамасына тәуелді. Жұмыс істеу алдында су шығынын анықтау үшін, яғни б вентильдің бірнеше ашық күйдегі жылумен қамдау жүйесімен айналатын су шығынын анықтау үшін қондырғыны тексеру жүргізіледі.

Тәжірибелер жүргізуге арналған қондырғының қағидалық сызбанұсқасы

1.2-суретте көрсетілген.



1 - температураны қолмен басқару түрлендіргіші; 2 - температура реттегіш; 3 - жылу көзі; 4 – айналымдық су сорғысы; 5 - табиғи айналымы бар жылуалмастырғыш; 6 - жылутасығыштың ортақ ағынының реттеуші клапаны; 7 - жылуалмастырғыштардың реттегіш клапандары; 8 - мәжбүрлі айналымы бар жылуалмастырғыш (ауалық калорифер); 9 - жылу көзінің температурасын қолмен реттеуге арналған трансформатордың қосқышы; 10 - қолдан автоматты реттеуге өтетін қосқышы; 11 - автотрансформатор.

1.2 сурет - Қондырғының қағидалық сұлбасы

#### 1.4 Жұмыстың орындалу реті

1 «Жұмыстың орындалу реті» нұсқауын қарастыру.

2 Термостатты қосу,  $t_1$  қою.

3 Термостаттың қыздырғыштарын қосу. 10-15 минуттан кейін жүйеде стационарлы жұмыс тәртібі орнайды. Тәртіптің стационарлық сипаттамасы болып  $t_1$  және  $t_2$  температуралардың уақыт бойынша өзгермеуі табылады.

4 Орнаған тәртіптің басталуы кезінде су шығынын  $g$ ,  $t_1$  және  $t_2$  температураларын анықтау керек.

5 Реттеуіш термостатта температураның жаңа мәнін орнату және басқа режимнің параметрлерін анықтау. Зерттеулерді 3-4 режимде орындау керек. Бұл жағдайда су шығыны шамасының тұрақтылығын қадағалау керек.



## 1.5 Тәжірибе нәтижелерін өңдеу және рәсімдеу

Жұмыс істер алдында бақылау хаттамасының формасы мен нәтижелерді өңдеу кестесін дайындау қажет.

### 1.1 к е с т е - Нәтижелерді өңдеу кестесі

| № | G, л/мин | t <sub>г</sub> , °C | t <sub>1</sub> , °C | t <sub>2</sub> , °C | t <sub>в</sub> , °C | $\bar{Q}$ | $\bar{Q}^{0.2}$ | Q, кВт |
|---|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------------|--------|
| 1 | 0,65     | 30                  |                     |                     |                     |           |                 |        |
| 2 |          | 40                  |                     |                     |                     |           |                 |        |
| 3 |          | 50                  |                     |                     |                     |           |                 |        |
| 4 |          | 60                  |                     |                     |                     |           |                 |        |

ОЖЖ сапалы реттеу режимі бойынша Q шамасын анықтап, оның t<sub>1</sub> және t<sub>2</sub> температураларының шамаларының өзгерісіне тәуелділігін тұрғызу керек. Абсцисса осіне Q, ал ордината осіне температуралар шамасы салынады, яғни  $Q = f(t_1)$  және  $Q = f(t_2)$ .

Есептеу бөлімі жұмыстың берілген шамаларына байланысты жылумен қамдаудың сулық жүйесінің сапалы реттеу кезіндегі температуралық сұлбасын құру, бір режимде Q тәжірибелік анықтаудың қателік бағасын және қысқаша қорытынды жасау керек.

## 1.6 Бақылау сұрақтары

1. Зертханалық жұмысты орындаудың реті қандай?
2. Сулық орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесі үшін жылу берудің қандай реттеу тәсілдері қолданылады?
3. Тұтынушыға жылу берудің реттеу тәсілінің таңдау әдістемесін сипаттаңыз.
4. «Өткізулік» реттеу әдісі қай уақытта қолданылады?
5. Жабық сулық орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесінде қосынды жүктемелері бойынша реттеу тәсілі қай кезде қолданылады?
6. Орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесіндегі жылутасымалдаушылар шығындары мен температуралар сұлбасына климаттық жағдайлардың әсері қандай?
7. Жабық орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесінің сұлбасын сал.
8. Ашық орталықтандырылған жылумен жабдықтау жүйесінің сұлбасын сал.
9. Жылуды реттеудің қандай режимдерін білесіз, сипаттаңыз, олардың бір-бірінен айырмашылығы қандай?

## 2 Зертханалық жұмыс №2. Жылумен жабдықтаушы су жүйесінен берілетін жылуды сандық реттеу

*Жұмыстың мақсаты:* өндірістік кәсіпорындарды жылумен жабдықтау, жіберілетін жылуды реттеу жүйелері және жылытқыш жүктемені сандық реттеудің сұлбасын тұрғызу жөнінде алған білімдерін тәжірибеден алынған жылытқыш аспаптың жылулық жүктемесін анықтау негізінде тереңдету.

### 2.1 Жұмыстың тапсырмасы

Жылу желісінің тура және кері магистраліндегі температураға байланысты қыздырғыш аспаптың жылулық жүктемесін эксперименттік жолмен анықтау және осы алынған шамалар арқылы жылулық жүктемені сандық реттеу кезіндегі температуралық тәуелділіктерін тұрғызу.

### 2.2 Теориялық кіріспе

Сулық жылумен жабдықтаушы жүйелерді реттеудің тәртібі көптеген факторларға тәуелді, бірақ ең басты факторы жылулық жүктеменің түрі мен абонеттерді қосу сұлбалары болып табылады. Жылу жіберуді реттеу бірыңғай жылулық жүктеме кезінде бірнеше мөлшерде қысқартылады. Мұндай жағдайларда тек орталық реттеумен шектелуге болады. Орталық реттеу ауаның түрлі сыртқы температураларында ғимараттарды жылыту үшін жылу қажеттілігімен сәйкес жүзеге асады. Жылу жүктемелерін реттеу (жылу қайраттарының негізгі бөлігі ғимараттарды жылытуға жұмсалатындықтан) негізінен жылыту құралдарының жылу беру режимдеріне байланысты жүргізіледі.

Жылыту құралдары өздерінің сипаттамаларына және құрылымы мен тәсілдемелік жасалуына қарай әртүрлі болып келеді. Олар өздерін қоршаған ортаға жылу энергиясын сәулелік (радиация) және еркін ағындық заңдылықтармен таратады.

Жылулық желіге жылытқыш қондырғыларды қосудың тәуелді сұлбасы бойынша жылулық жүктемені реттеу үшін жалпы теңдеуі мына түрде болады

$$\overline{Q_0} = \frac{Q_0}{Q_0'} = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{n,0}} = \frac{\tau_1 - \tau_{2,0}}{\tau_1' - \tau_{2,0}'} = \frac{k\Delta t_0}{k'\Delta t'} \quad (2.1)$$

мұндағы  $Q_0 - t_n$  сыртқы ауаның температурасына байланысты жылытуға кеткен жылу шығыны, кВт;

$\tau_1, \tau_{2,0}$  - сәйкесінше жылулық желінің құбырларына кірген және шыққан желілік су температуралары, °С;

$k$  - жылу беру еселеуіші,  $\frac{кВт}{м^2 К}$ ;

$\Delta t_0$  - қыздырушы құралдағы температуралық тегеурін, °С;

$Q_0, \tau_1, \tau_{2,0}, k, \Delta t_0 - t_{н.о}$  сыртқы ауаның есептік температурасы кезіндегі сол шамалар.

Сандық реттеу кезінде бергіш құбырдағы желілік судың температурасы тұрақты. Жылулық жүктеменің реттеу су шығынының өзгеруімен орындалады. Есептеу мақсатына, жылулық жүктеменің шамасына байланысты кері жүйелік су температурасы мен су шығынын анықтау жатады. Бұл жағдайда  $\tau_1 = \text{const}$  шартына байланысты кері судың температурасы мен желілік судың салыстырмалы шығыны (2.1) реттеудің жалпы теңдеу негізінде анықталады:

$$\frac{\overline{G}_0}{G_0'} = \frac{\overline{Q}_0}{1 + \frac{\Delta t_0}{\delta \tau_0 - 0.5\Theta'} (1 - \overline{Q}_0^{0.8})}, \quad (2.2)$$

$$\tau_{2,0} = \tau_1 - \delta \tau_0 \frac{\overline{Q}_0}{G_0}, \quad (2.3)$$

мұндағы  $\Delta t_0 = 0,5(\tau_3 + \tau_{2,0}) - t_e$ , - қосылған абоненттік түйіндегі араластырылған суға байланысты температуралық тегеурін,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_3$  - араластырғыш қондырғыдан кейінгі жылыту жүйесінің бергіш құбырындағы судың температурасы,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\delta \tau_0$  - желілік судың температураларының есептік айырымы,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Theta'$  - жылыту жүйесіндегі температуралардың есептік құламасы,  $^{\circ}\text{C}$ .

Жылулық жүктеменің азаюы мен су шығынының төмендеуі кезінде кері құбырдағы судың температурасы ғимараттағы ауаның температурасына дейін жетеді. Жылуберудің одан әрі төмендеуі қыздыру құралдарын  $t_b$  температуралы сумен жиі толтыру есебінен жүзеге асады.

Сандық реттеудің негізгі қасиеттерінің бірі ол жылутасығышты айдауға кеткен электр энергиясының шығынының азаюы. Бұл қасиет екі сатылы желілердің магистралды құбырлардағы абонеттерді араластырғыш сорғылық стансалар көмегімен немесе тәуелсіз сұлбалар арқылы қосуда жүзеге асады. Магистралды желілерде желілік су шығыны төмендеген кезде араластырудың айнымалы коэффициенті бойынша жұмыс істейтін араластырғыш сорғылар кері магистралдан судың берілуін көбейтеді. Осыған байланысты жылыту жүйелерде қажетті су шығыны сақталады және осыған орай сандық реттеудің кемшілігі жойылады.

### 2.3 Тәжірибелік қондырғының сипаттамасы

Осы жұмыста жылулық жүктеменің қыздырғыш құралының жылулық моделінің тәртібін зерттеу негізінде жылу жіберуді сандық реттеу кезіндегі температуралық сызбаны тәжірибелік жолмен анықтау керек.

Тәжірибелік қондырғының тәсілдемелік сұлбасы 1.1-суретте көрсетілген, тәжірибелік қондырғы сипаттамасын №1 зертханалық жұмыстан қара.

## 2.4 Жұмысты орындау реті және өлшеулердің нәтижелерін өңдеу

1. Шығын өлшегіш - 2 ысырманы түзету. Бұл үшін 1 термостат 10-қосқыш көмегімен автоматтық жұмыс тәртібіне ауысады. 2 ысырманы аз мөлшерде ашу және 12 автотрансформаторда тұрақты кернеуді беріп ток күшін өлшеу. Теннің (термостаттың қыздырғыш элементі) жылулық қуатын мына кейіптеме бойынша анықтаймыз

$$Q = IU\Delta\tau, \quad (2.4)$$

мұндағы  $\Delta\tau = (t_1 - t_0), ^\circ\text{C}$ .

2. 11 және 14 термопаралар көмегімен  $t_1$  және  $t_2$  температураларын анықта. Қыздырғыш құралдың 5 қалыпты жұмыс тәртібі орындаған кезде жылулық жүктеме теннің жылулық қуатына тең болғандықтан (2.4) тәуелділігін былай жазуға болады

$$Q = IU\Delta\tau = cG\Delta t + \Delta Q, \quad (2.5)$$

мұндағы  $\Delta t = (t_1 - t_2), ^\circ\text{C}$ .

3. (2.5) тәуелділігінен кейін берілген теннің жылулық қуаты кезінде жүйелік су шығынының мәні  $G, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$  анықталады

$$\bar{G} = \frac{IU\Delta\tau - \Delta Q}{c\Delta t}. \quad (2.6)$$

4. Осыдан кейін 2 ысырманың басқа ашық жағдайларында  $I, U, t_1, t_2$  параметрлері қайта өлшенеді. Түземелерді осындай ретте өткізу 2 ысырманың толық ашық кезінде орындалады. Түземенің соңында кернеудің  $U$  тұрақты мәндерімен ғимарат ішіндегі тұрақты температура кезінде  $G=f(I)$  тәуелділік сызбасы тұрғызылады.

5. Термостат жұмысын сандық реттеу зерттеу үшін 10 қосқыш көмегімен қолмен реттеу тәртібіне ауыстырылады. Қыздырғыш аспабына 5 немесе 6 кірер кездегі желілік судың температурасы  $t_1$  тұрақты ұстайды. 2 ысырманы аз мөлшерде ашып, градуирлік сызбадан су шығыны анықталады.

6. 14 немесе 18 термопаралар көмегімен қыздырғыш аспабынан 5 немесе 6 шығардағы желілік судың температурасы анықталады. Ысырманың 2 толық

ашылған жағдайына дейін су шығынының басқа да мәндері бойынша өлшеулер қайталанады.

7. 2 ысырманың толық ашылған күйінде  $G_{\max}$   $Q_{\max}$  шамаларын шығын өлшегіштің түземесінен анықтайды.

8.  $\tau_2$ ,  $Q_0$  және  $G_0$  – өлшенген мәндерімен  $\tau_2=f(Q_0)$  тәуелділік сызбасы тұрғызылады.

9. (2.3) формуласы бойынша  $\tau_2=f(Q_0)$  теориялық тәуелділігі анықталады.

| № | $t_r, ^\circ\text{C}$ | $G_0, \text{л/мин}$ | $t_1, ^\circ\text{C}$ | $t_2, ^\circ\text{C}$ | $t_b, ^\circ\text{C}$ | $Q$ | $\Delta Q$ | $\bar{G}$ |
|---|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|------------|-----------|
| 1 | 60                    | 0,65                |                       |                       |                       |     |            |           |
| 2 |                       | 2,46                |                       |                       |                       |     |            |           |
| 3 |                       | 2,60                |                       |                       |                       |     |            |           |
| 4 |                       | 2,68                |                       |                       |                       |     |            |           |

## 2.5 Бақылау сұрақтары

1. Жылулық жүктемені реттеудің мүмкін болатын жүйелерін көрсетіңіз және олардың сипаттамалары қандай?

2. Орталық, топтық, жергілікті және жекеше реттеудің қандай ерекшеліктері бар?

3. Жылумен қамдаудың сулық жүйелеріндегі жылулық жүктемені орталық реттеу қай параметрлермен өзгеруі мүмкін?

4. Тұтынушыға кеткен жылу жіберудің әдісінің таңдау принциптерін сипаттаңыз.

5. ОЖЖ-дағы реттеудің сандық әдісінің ерекшеліктері қандай?

6. Сандық реттеу кезіндегі желілік судың салыстырмалы шығынына жылытудың салыстырмалы жүктемесінің тәуелділігі қандай теңдеумен сипатталады?

7. Ыстық сумен қамдау және жылуландыру жүктемесінің біріктіріп жұмыс істеуі кезіндегі жылумен жабдықтаудың ашық жүйелерін орталық реттеу әдісі қалай іске асады?

8. Сапалық, сандық және сапалы-сандық әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз.

9. Орталық реттеудегі жылулық желінің температураларының сұлбасын есептеу әдісі қандай?

## 3 Зертханалық жұмыс №3. Сулық аккумуляторды жылулық сынау

*Жұмыстың мақсаты:* сулық аккумулятордың жұмысымен танысу, жылулық сынақтама жүргізу.

### 3.1 Жұмыстың тапсырмасы

1. Эксперимент жүргізу және алынған мәліметтер негізінде келесідей температуралық тәуелділіктерді құру:

а) аккумуляторда судың қыздырылуы  $t_0=f(\tau)$ ;

б) қыздырғыш жылу тасымалдағышының аппаратқа кіру кезіндегі  $t_1=f(\tau)$  аппараттан шығу кезіндегі -  $t_1'=f(\tau)$ ;

в) қыздыру беттерінің  $t_2=f(\tau)$ .

2. Тұтынушының екіншілік жылу тасымалдағышының температура-уақыт тәуелділігін тұрғызу.

3. Теңдеу балансын құру және аккумулятордың барлық қыздыру периодындағы толық жылу сыйымдылығын анықтау.

4. Энергияны жинақтау мен беру кезіндегі жылу шығынының өзгеру сызбасын тұрғызу.

5. Жоғарыда келтірілген 1-4 пункттерінің нәтижелерін қолдана отырып, аппараттың меншікті жылу өндірушілігінің  $kF=f(\tau)$  өзгеру сызбасын тұрғызу және бүкіл тәжірибе ішінде жылу беру еселеуішінің тұрақты болмауы кезінде  $kF$  мәнін есептікпен салыстыру.

6. Тәжірибелік және теориялық қисықтар  $kF=f(\tau)$  сызбасын тұрғызу және жылу тасымалдағыштардың уақыт бойынша орташа мәндері кезінде  $k$  теориялық негізде анықтау.

### 3.2 Негізгі теориялық кіріспе

Сулық аккумулятор-қыздырғыш периодты қозғалысы бар рекуперативті жылу алмастырығыш аппараттарға жатады. Осындай аппараттарды есептеу негізіне екі басты теңдеу жатады, жылу беру (3.1) мен жылулық баланс (3.2) теңдеулері

$$dQ = kF\Delta t dt, \quad (3.1)$$

мұндағы  $k$  – жылу беру еселеуіші,  $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$F$  – қыздыру беті,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta t$  –  $\tau$  уақыт мезетіндегі температуралық тегеурін,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$dQ = G_1 c_1 (t_1' - t_1'') d\tau = G c dt_2, \quad (3.2)$$

мұндағы  $G_1$  – қыздырушы жылу тасымалдағыштың шығыны,  $\text{кг/с}$ ;

$c_1$  – қыздырушы жылу тасымалдағыштың жылу сыйымдылығы,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;

$t'_1, t''_1$  - қыздырушы жылу тасымалдағыштың кіргендегі және шыққандағы температуралары,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$G$  – аппараттың толық шығыны  $G = \sum G_i c_i$ , кг/с;

$c$  – қыздырушы жылу тасымалдағыштың жылу сыйымдылығы,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ ;

$G_2$  – қыздырылатын дененің шығыны, кг/с;

$c_2$  – қыздырылатын дененің жылу сыйымдылығы,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ ;

$G_i, c_i$  – аппараттың корпусы мен басқа бөліктерінің массасы мен жылу сыйымдылығы.

Жылу беру еселеуішінің тұрақты болмауын ескерсек, меншікті жылулық өндірілуі үшін келесі тәуелділікті алады

$$kF = G_1 c_1 \ln \frac{1}{1 - \frac{\theta_2 c_2}{\theta_1 c_1} \ln \frac{t'_1 - t_2}{t'_1 - t_2}}. \quad (3.3)$$

Теориялық жылу беру еселеуішін есептеген кезде  $d_H/d_{BH} = 1,5$  диаметрлер қатынасымен өрнектелетін қыздыру бетінің иірімдер пішіні бар құбырлардан жасалғанан ескеру керек.

Сондықтан мына кейіптемені қолдану қажет

$$k = \frac{1}{d_{cp} \left( \frac{1}{\alpha_1 d_s} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_H}{d_B} + \frac{1}{\alpha_2 d_H} \right)}, \quad (3.4)$$

$$d_{cp} = \frac{d_B + d_H}{2}.$$

Жылу беру еселеуіштерінің мәндері  $\alpha_1, \alpha_2$  мына формулалар бойынша анықталады

$$Nu_{Ж} = 0,023 Re^{0,8} Pr_{Ж}^{0,8} \varepsilon. \quad (3.5)$$

$Re$  және  $Nu$  сандарындағы анықталатын өлшемге ішкі диаметрі алынады, ал физикалық тұрақтылар – сұйықтың орташа массалық температурасы бойынша алынады

$$\varepsilon = 1 + 3,54(d_B/D),$$

мұндағы  $D$  – иірім тармағының диаметрі, мм.

(3.5) теңдеуді түрлендіре отырып, келесі теңдеу бойынша жылу беру коэффициентін анықтаймыз

$$\alpha = A \frac{W^{0.8}}{d^{0.8}} \varepsilon_k, [Bm / m^2c]. \quad (3.6)$$

(А мәні 3.1 кестесінен алынады)

3.1 к е с т е - А еселеуішінің мәндері

|       |      |      |      |      |      |     |      |
|-------|------|------|------|------|------|-----|------|
| t, °C | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80  | 90   |
| A     | 2100 | 2400 | 2600 | 2700 | 2850 | 300 | 3100 |

Табиғи конвекция мен иірімді жылытқыштың жылуберу еселеуіші Михеев формуласы бойынша анықталуы мүмкін:

$$Nu=c(GrPr)^n, \quad (3.7)$$

мұнда: өтпелі тәртіп кезінде  $c=1,18$ ;  $n=0.125$ ;  $10^{-3}<GrPr<500$ .

Ламинарлы тәртіп кезінде  $c=0.54$ ;  $n=0.125$ ;  $500<GrPr<2 \cdot 10^7$ .

Құйынды тәртіп кезінде  $c=0.135$ ;  $n=0.33$ ;  $GrPr>2 \cdot 10^7$ .

$Nu$ ,  $Pr$ ,  $Gr$  критерийлеріндегі физикалық тұрақтыларды  $t=0.5(t_2+t_{ct})$  температурасы бойынша анықтайды, мұндағы  $t_1$ ,  $t_{ct}$  - қыздыру ортасы мен қабырғасының орташа мәнді температурасы

$$\bar{t}_2 = \bar{t}_1 - \frac{t}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1' - t_2''}}$$

(3.7) кейіптемесі мына түрге келеді

$$500 < GrPr < 2 \cdot 10^7,$$

$$\alpha = A_1 (\Delta t / d_H)^{1/4}, [Bm / m^2c]$$

$$GrPr > 2 \cdot 10^7,$$

$$\alpha = A_2 \Delta t^{1/4}, [Bm / m^2c]$$

$A_1, A_2$  мәндері 3.2- кестеден алынады.

3.2 к е с т е –  $A_1, A_2$  еселеуіштерінің мәндері

|       |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t, °C | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 130 |
| $A_1$ | 112 | 149 | 178 | 205 | 227 | 274 |
| $A_2$ | 198 | 291 | 363 | 426 | 482 | 607 |

Аккумуляцияланған судың массасы

6-7 кг

Корпус массасы

5,5 кг

Спираль массасы

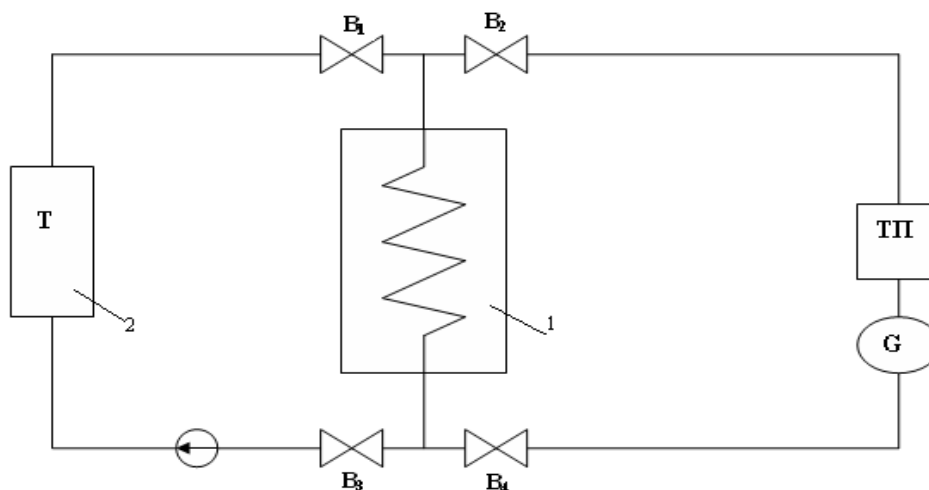
0,8 кг



|   |   |
|---|---|
| Аккумуляцияланған судың жылусыйымдылығы | $4,18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  |
| Корпустың жылусыйымдылығы               | $0,385 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ |
| Спиральдың жылусыйымдылығы              | $0,385 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ |
| Спиральдың ішкі қосәресі                | 150 мм  |
| Аккумулятордың ішкі қосәресі            | 40 мм   |
| Аккумулятор биіктігі                    | 500 мм  |
| Спираль қадамы                          | 40 мм   |

### 3.3 Тәжірибелік қондырғының сипаттамасы

Тәжірибелік қондырғының тәсілдемелік сұлбасы 3.1 - суретте көрсетілген.



3.1 сурет - Тәжірибелік қондырғының сұлбасы

Қыздыратын жылутасымалдағышты дайындау 2 термостатта орындалады. Жылудың аккумуляцияланған денеге берілуі 1 аккумуляторда орындалады. Қондырғы жылуды жинақтау немесе беру тәртібінде жұмыс істегенде сұлба бірінші немесе екінші контурлардың кезекпен қосылуын қарастырады. Қыздыратын жылутасымалдағыш пен қыздырылатын жылутасымалдағыштың шығындары 3 V1, V2 вентильдермен реттеледі. Кіредегі және шығардағы 1 мен 2 контурлардың температураларын тіркеуге арналған термопаралар, қыздыру беттерінің, аккумуляцияланатын судың түрлі нүктелеріндегі температуралары КСП-4 өздігінен жазатын потенциометрде енгізілген.

### **3.4 Тәжірибені жүргізу реті**

1. Тәжірибе жүргізу алдында қондырғының жұмыс күйін тексеру керек. Термостат пен аккумуляторда су берілген деңгейде орналасу қажет, термостаттың сорғысы ажыратылған.

2. Термостаттың қыздырғышын қосып, аккумуляцияланған ортаның температурасына дейін 30-90 °С жылыту керек (оқытушы берген).

3. Термостаттың сорғысын қосу және бірінші контур бойынша жылутасығышты айдау. Қыздыратын жылутасымалдағыштың айналымының басталуымен бір уақытта КСП-4 потенциометрін қосу керек.

4. Берілген температураға жеткенде В1, В3 вентильдерін жабу, аппаратты 3-5 минут қалыпты күйде ұстау қажет.

5. Екінші контурдың сорғысын қосу және аккумуляторда су температурасының 50-60°С- ге төмендету.

Бірінші және екінші контурлардағы жылутасығыш шығындары шығын өлшегішпен және түзеткіш сызбасымен анықталады. Аппараттың түрлі нүктелеріндегі температуралардың уақытша таралуы потенциометрдің диаграммалық ленталарының өңделуімен анықталады. Аккумулятордың қалған сипаттамалары қосымшаларда келтірілген. Тәжірибе аяқталар кезінде потенциометрді, екінші контур сорғысын өшіреді.

### **3.5 Бақылау нәтижелерін өңдеу, жұмысты рәсімдеуге қойылатын талаптар**

Жұмысты рәсімдеу пункттері.

- 1 Қондырғының тәсілдемелік сұлбасы
- 2 Бақылаулар хаттамасы мен тәжірибелік мәндердің нәтижелердің өңделуі.
- 3 Негізгі жүргізілген есептеулер және пайдаланылған кейіптемелер.
- 4 Алынған нәтижелер сараптамасы.
- 5 Шамалардың тәжірибелік мәнінен табылған қателіктер бағасы.

### **3.6 Бақылау сұрақтары**

1. Аккумулятор қыздырғыштың үздіксіз қозғалысты жылу-алмастырғыштан қандай айырмашылығы бар? Артықшылықтары мен кемшіліктері.

2. Жылулық аккумуляторда жылу шығыны мен уақыт бойынша меншікті жылуөндірулік қалай өзгереді?

3. Берілген түрдегі идеалды жылуалмастырғыш қандай талаптарға сай болуы керек?

4. Жылытудың қай тәсілінде: булық немесе сулық, судың бірдей мөлшері тезірек қызады, егер қондырғыға кірердегі қыздырушы су мен қыздырушы қаныққан будың температурасы бірдей болса.

5. Nu, Gr, Pr, Re критерийлерінің физикалық мағынасын көрсет.

#### **4 Зертханалық жұмыс №4. Қоршау арқылы кететін жылу шығынын анықтау**

*Жұмыстың мақсаты:* қоршау арқылы шығындалатын жылу шығынын эксперименттік жолмен анықтауды үйрету.

##### **4.1 Жұмыстың тапсырмасы**

Ғимараттың қабырғаларынан қоршаған ортаға шығындалатын жылу шығынын сыртқы ортаның температурасына байланысты эксперименттік жолмен анықта.

##### **4.2 Теориялық кіріспе**

Жылу техника – табиғи көздердің энергиясын жылу, механикалық және электр энергиясына түрлендіретін техникалық құрылғылар мен теорияны, сонымен қатар тұрғын үй коммуналды шаруашылығы мен кәсіпорындардың технологиялық, ыстық сумен қамдау, желдету, жылуландыру мұқтаждықтары үшін жылу қолданатын құрылғылар мен теориясын қарастыратын ғылым саласы. Жылулық энергияны сақтау немесе үнемдеу көбіне жылудың денеде таралу процесі мен екі дене арасындағы жылуалмасу процестеріне тәуелді. Жылуалмасу процесі машиналардағы, қозғалтқыштардағы, қондырғылардағы, ғимараттардың сыртқы қабырғаларындағы өтетін процестердің негізгі құрама бөлігі болып табылады.

Жылуалмасу проблемалары (сұрақтары) мен энергия үнемдеуде екі негізгі проблеманы қарастыру керек:

1) Белгілі жағдайға немесе шарттарға байланысты дененің бір бөлігінен екінші бір бөлігіне өтетін немесе бір денеден екінші бір денеге берілетін жылу мөлшерін анықтау. Бұл проблеманың жылуалмастырғыш қондырғыларды, тегіс немесе цилиндрлі қабырға арқылы жылуберуді есептегенде, жылуоқшаулағыштан өткен жылу шығынын анықтағанда маңыздылығы жоғары.

2) Жылуалмасу процесі өтетін дененің әрбір бөлігіндегі (нүктесіндегі) температураны анықтау. Бұл мәселенің машина бөліктерін, қоршаған қабырғаны есептегенде маңыздылығы жоғары. Өйткені материалдардың біріктігі температураға тәуелді, ал температураның әркелкі таралуынан термиялық кернеу пайда болады.

Жылулық энергияны тасымалдаудың үш түрлі әдісі бар:

1) Жылуөткізгіштік – ыстық денеден суық денеге жылудың берілуі.

2) Конвекция – кеңістікте дене бөлшектерінің орын ауыстыруы арқылы жылудың берілуі және ол қозғалыстағы сұйықтар мен газдарда байқалады.

3) Жылулық сәулелену – денелер арасында байланыс болмаған кезде электромагнитті толқындар арқылы энергияның берілуі.

Көп жағдайда бір денеден екінші денеге жылу бірмезетте екі немесе үш әдіспен беріледі. Мысалы, қатты бет пен сұйық (немесе газ) арасында жылудың алмасуы бірмезетте жылуөткізгіштік және конвекция арқылы жүреді, әрі ол конвективті жылуалмасу немесе жылуберу деп аталады. Бу қазандарында ошақ газдарынан жылу тасымалдағышқа (су, бу, ауа) жылудың берілу процесі кезінде бірмезетте жоғарыда келтірілген үш әдісте қатар қолданылады – жылуөткізгіштік, конвекция және жылулық сәулелену. Егер ыстық денеден суық денеге жылу оларды бөліп тұрған бет арқылы берілсе, онда ол жылуберу процесі деп аталады.

*Жылуөткізгіштік* – температуралары әртүрлі микробөлшектердің тікелей араласуы арқылы жылу берілу процесі. Жылу берілу механизмі молекулярлы немесе электронды сипатта болады. Кез келген физикалық құбылыс уақыт пен кеңістікте өтеді және өріс ұғымымен (температур, қысым, потенциал) байланысты. Жылуөткізгіштік процесі температураның дене ішінде таралуымен байланысты. Температура дененің жылулық күйін және қызу дәрежесін сипаттайды. Әртүрлі уақыт бірлігінде кеңістіктің кез келген нүктесіндегі температуралар шамасының жиынтығы температуралық өріс деп аталады. Егер дененің нақты бір нүктесіндегі температура тек  $T = f(x, y, z)$  координатқа тәуелді болса, онда бұндай температуралық өріс *тұрақты* деп аталады. Ал егер  $T = f(x, y, z, \tau)$  координат пен уақытқа тәуелді болса – *тұрақсыз* деп аталады.

Бірдей температуралы нүктелердің геометриялық орны *изотермиялық бет* деп аталады. Кез келген изотермиялық бет денені екі аумаққа бөледі: жоғары және төмен температуралы. Жылу изотермиялық бет арқылы төмен температуралы аумаққа өтеді. Изотермиялық бет арқылы  $\Delta\tau$  (с) уақыт бірлігінде өткен  $\Delta Q$  (Дж) жылу мөлшері  $Q$ , Дж/с (Вт) жылу ағыны деп аталады.

Жылуалмасу қарқындылығы жылу ағынының тығыздығымен сипатталады.  $q$  жылу ағынының тығыздығы (немесе меншікті жылу ағыны) деп  $\Delta\tau$  (с) уақыт бірлігінде  $F$  ( $m^2$ ) бет арқылы өткен  $\Delta Q$  (Дж) жылу мөлшерін айтады:

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta\tau \cdot F}, \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \text{ немесе Вт}/\text{м}^2. \quad (4.1)$$

Француз ғалымы Жан Батист Фурье (1768 – 1830 жж.), алдымен 1807 ж. Эксперименттік тұрғыда, содан кейін 1822 жылы теория жүзінде изотропты орта үшін берілетін  $\Delta Q$  (Дж) жылу мөлшері  $\left(\frac{\partial T}{\partial n}\right)$  температура құламасы,  $\Delta\tau$

(с) уақыт және  $F$  ( $m^2$ ) қима ауданына (жылу перпендикуляр бағытта таралғанда) пропорционалдылығын бекітті.

Фурьең жылуөткізгіштік заңының математикалық сипаттамасы:

$$\Delta Q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} F \times \Delta \tau \quad \text{немесе} \quad q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}. \quad (4.2)$$

Фурье заңындағы  $\lambda$  пропорционалдылық көбейткіші жылуөткізгіштік коэффициенті деп аталады. Ол денеден жылудың өту қабілетін сипаттайды.

*Жылуөткізгіштік коэффициенті*  $\lambda$  – шамасы бірге тең температуралық градиент (К/м) кезіндегі  $1 m^2$  изотермиялық бет арқылы өтетін (Вт) жылу ағыны, өлшем бірлігі [Вт/(м×К)].

Металдардың жылуөткізгіштік коэффициенті  $\lambda=20 \div 400$  Вт/(м×К). Жылуөткізгіштігі жоғары металл ол - күміс ( $\lambda=410$ ), содан кейін таза мыс ( $\lambda=395$ ), алюминий ( $\lambda=210$ ). Көптеген металдарда температура артқан сайын  $\lambda$  азаяды, тек кейбір қорытпаларда (алюминий, нихром) ғана артады.

Құрылыс материалдарының жылуөткізгіштік коэффициенті  $\lambda=0,02 \div 3,0$  Вт/(м×К), әрі температура артқан сайын  $\lambda$  жоғарылайды.

Жылуөткізгіштік коэффициенті  $0,23$  Вт/(м×К) төмен болатын материалдар көбінесе жылулық оқшаулағыш ретінде қолданылады және *жылуоқшаулағыш материалдар* деп аталады.

Сұйықтардың жылуөткізгіштік коэффициенті  $\lambda=0,06 \div 0,7$  Вт/(м×К), әрі көптеген сұйықтарда (су мен глицериннен басқа) температура артқан сайын  $\lambda$  төмендейді. Газдардың жылуөткізгіштік коэффициенті  $\lambda=0,005 \div 0,5$  Вт/(м×К).

*Конвекция* – масса мен жылудың тасымалдануын тудыратын орта бөлшектерінің (газ, сұйық) макроскопиялық орын ауыстыруы. Нақты жағдайда конвекция жылуөткізгіштікпен бірге жүреді. Конвекция және жылуөткізгіштікпен бірге тасымалданған жылу конвективті жылуалмасу деп аталады. Сұйық пен қатты дененің арасындағы конвективті жылуалмасу *жылуберу* деп аталады.

Жылуберу процесін есептеу үшін ағылшын математигі және физигі Исаак Ньютонның (1643 – 1727 жж.) заңы қолданылады:

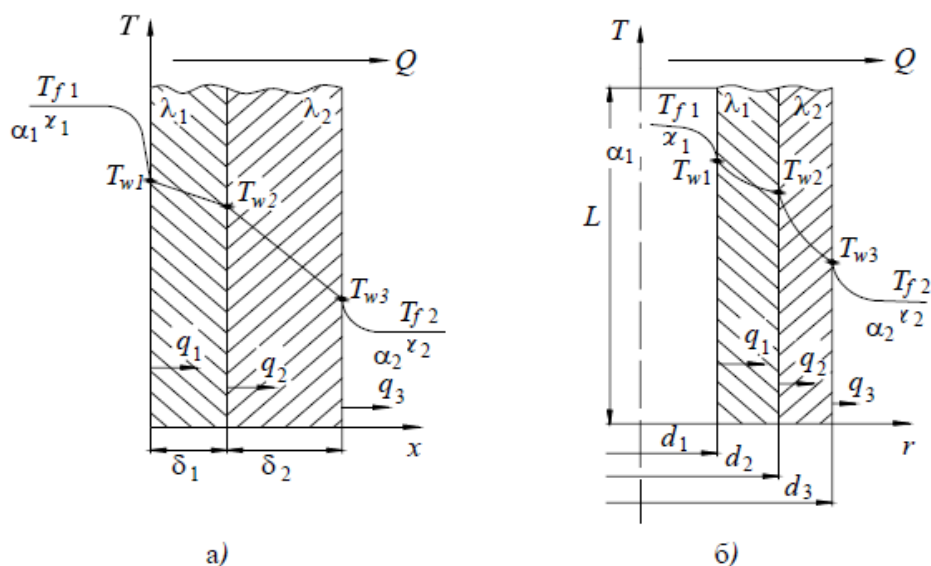
$$Q = \alpha F (T_w - T_f), \text{ Вт}, \quad (4.3)$$

мұндағы  $\alpha$  – жылуберу коэффициенті, Вт/( $m^2 \times K$ );  $F$  – жылуалмасу ауданы,  $m^2$ ;  $T_w$ ,  $T_f$  – қабырға беті мен сұйықтың температурасы, К.

Исаак Ньютонның (1643 – 1727 жж.) заңындағы  $\alpha$  жылуберу коэффициенті ағынның қозғалысы мен беттің пішініне байланысты әртүрлі критерийлер (Нуссельт, Прандтль және т.б.) арқылы анықталады.

Жылуберу деп арасы бет арқылы бөлінген температуралары әртүрлі екі сұйықтың арасындағы жылуалмасуды айтады. Қалыпты жылуберудің тендеулерін бір қабатты және көп қабатты жазық және цилиндрлі қабырғалар

арқылы жылу беру процесі үшін қолдануға болады. Ыстық сұйықтың температурасы  $T_{f1}$  және жылу беру коэффициенті  $\alpha_1$ , ал суық сұйықтың температурасы  $T_{f2}$  және жылу беру коэффициенті  $\alpha_2$ . Тегіс әрбір қабырғаның қалыңдығы (ені) –  $\delta_1$  және  $\delta_2$ , ал екі қабатты цилиндрлі қабырғаның диаметрі –  $d_1$ ,  $d_2$  және  $d_3$ . Материалдың жылуөткізгіштік коэффициенті сәйкесінше –  $\lambda_1$  және  $\lambda_2$ . Әрбір қабаттың шекарасындағы температура –  $T_{w1}$ ,  $T_{w2}$ ,  $T_{w3}$  деп белгіленген. Екі қабатты тегіс және цилиндрлі жүйедегі температураның таралуы 4.1-суретте келтірілген.



4.1 сурет - Екі қабатты тегіс (а) және цилиндрлі (б) жүйедегі температураның таралуы

Көп қабатты тегіс қабырғаның (4.1, а сурет) биіктігі мен қалыңдығы, сонымен қатар цилиндрлі қабырғаның  $L$  ұзындығы (4.1, б сурет) олардың жалпы қалыңдығынан едәуір үлкен. Қабаттар арасындағы жылулық байланысты стационарлы режимде идеалды деп санауға болады.

Стационарлы жылулық режимде бар жылу алдымен конвекция нәтижесінде ыстық сұйықтан ішкі қабырғаға беріледі, содан кейін барлық қабаттар арқылы жылуөткізгіштік арқылы және сонша мөлшерде конвекция арқылы суық сұйыққа беріледі.

1. Көп қабатты тегіс жүйе арқылы ыстық сұйықтан суық сұйыққа жылу беру (мысалы, екі қабатты қабырға), [Вт]:

$$Q = \alpha_1 \cdot F \cdot (T_{f1} - T_{w1}) = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{w1})}{R_{\alpha 1}};$$

$$Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F \cdot (T_{w1} - T_{w2}) = \frac{F \cdot (T_{w1} - T_{w2})}{R_1};$$

$$Q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot F \cdot (T_{w2} - T_{w3}) = \frac{F \cdot (T_{w2} - T_{w3})}{R_2}; \quad (4.5)$$

$$Q = \alpha_2 \cdot F \cdot (T_{w3} - T_{f2}) = \frac{F \cdot (T_{w3} - T_{f2})}{R_{\alpha 2}}.$$

Бұдан төрт белгісізі бар ( $Q$ ;  $T_{w1}$ ;  $T_{w2}$ ;  $T_{w3}$ ) төрт теңдеу пайда болды. Теңдеулер жүйесін шеше отырып, тегіс жүйе арқылы өтетін жалпы жылу ағынын  $Q$  табамыз:

$$Q = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + R_1 + R_2 + R_{\alpha 2}}, \text{ Вт.} \quad (4.6)$$

Егер тегіс қабаттардың саны  $n$  болса, онда жылу ағыны:

$$Q = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{\alpha 2}} = k \cdot F \cdot (T_{f1} - T_{f2}) = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{\frac{1}{k}}, \text{ Вт,} \quad (4.7)$$

мұндағы  $R$  – жылу берудің термиялық кедергісі;  $k$  – жылу беру коэффициенті, ол тегіс жүйе арқылы жылу беру процесінің қарқындылығын сипаттайды:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/(м}^2 \times \text{К)}. \quad (4.8)$$

Екі қабатты тегіс жүйенің шекараларындағы температура:

$$\begin{aligned} T_{w1} &= T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot R_{\alpha 1}; \\ T_{w2} &= T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot (R_{\alpha 1} + R_1); \\ T_{w3} &= T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot (R_{\alpha 1} + R_1 + R_2). \end{aligned} \quad (4.9)$$

Тегіс қабаттардың саны  $n$  болғанда, тегіс жүйенің кез келген шекараларындағы температура:

$$T_{wi} = T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot \sum_{i=1}^i (R_{\alpha 1} + R_i). \quad (4.10)$$

Тегіс жүйе үшін жылу ағынының тығыздығы:

$$q = Q/F, \text{ Вт/м}^2. \quad (4.11)$$

2. Көп қабатты цилиндрлі жүйе арқылы ыстық сұйықтан суық сұйыққа жылу беру, [Вт]:

$$\begin{aligned}
 Q &= \alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{w1}) = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{w1})}{R_{\alpha 1}}; \\
 Q &= \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w1} - T_{w2})}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{w1})}{R_1}; \\
 Q &= \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w2} - T_{w3})}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w2} - T_{w3})}{R_2}; \\
 Q &= \alpha_2 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot L \cdot (T_{w3} - T_{f2}) = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w3} - T_{f2})}{R_{\alpha 2}}.
 \end{aligned} \tag{4.12}$$

Теңдеулер жүйесін шеше отырып, цилиндрлі жүйе арқылы өтетін жалпы жылу ағынын  $Q$  табамыз:

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + R_1 + R_2 + R_{\alpha 2}}, \text{ Вт.} \tag{4.13}$$

Егер цилиндрлі қабаттардың саны  $n$  болса, онда жылу ағыны:

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + \sum_{i=1}^n R_{i1} + R_{\alpha 2}} = k_L \cdot \pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2}) = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{\frac{1}{k_L}}, \text{ Вт,} \tag{4.14}$$

мұндағы  $R$  – жылу берудің термиялық кедергісі;  $k_L$  – жылу беру коэффициенті, ол цилиндрлі жүйе арқылы жылу беру процесінің қарқындылығын сипаттайды:

$$k_L = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_{n+1}}}, \text{ Вт/(м}^2 \times \text{К)}. \tag{4.15}$$

Цилиндрлі қабаттардың саны  $n$  болғанда, цилиндрлі жүйенің кез келген шекараларындағы температура:

$$T_{wi} = T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot \sum_{i=1}^i (R_{\alpha 1} + R_i). \tag{4.16}$$

Цилиндрлі жүйе үшін жылу ағынының тығыздығы (1 м ұзындық бойынша):



$$q_L=Q/L, \text{ Вт/м.} \quad (4.17)$$

### 4.3 Жұмыстың орындалу реті

1. «Жұмыстың орындалу реті» нұсқауын қарастыру.
2. Температура өлшегіш аспап арқылы ғимараттың берілген қабырғаларының ішкі және сыртқы температураларын өлшеу.
3. Берілген теңдеулер жүйес арқылы қабырғаның жылу шығынын анықтау.
4. Егер бет әйнектелген болса, әйнектелу дәрежесін ескере отырып қабырғаның жылу шығынын анықтау.
5. Ішкі және сыртқы ауа температурасын өлшеу.

### 4.5 Тәжірибе нәтижелерін өңдеу және рәсімдеу

Есептеу бөлімі жұмыстың берілген шамаларына байланысты жылумен қамдау жүйесінің сапасын анықтау мақсатында қабырға арқылы жоғалатын жылудың шамасын анықтап қысқаша қорытынды жасау керек.

### 4.6 Бақылау сұрақтары

1. Зертханалық жұмысты орындаудың реті қандай?
2. ОЖЖ жылуокшаулағыштардың орны қандай?
3. Тұтынушыға жылу берудің үнемді жолын сипаттап артықшылықтарын ата.
4. Жылуберу және жылуөту коэффициенттерінің жылуға тәуелділігін сипатта.

## 5 Зертханалық жұмыс №5. Жылу торабы құбырларының температуралық ұзаруын теңгеруді зерттеу

*Жұмыстың мақсаты:* жылу желісіндегі құбырлардың температуралық ұзаруын теңгерудің түрлі әдістерін қолдану облысында білімдерін тереңдету.

### 5.1 Жұмыстың тапсырмасы

Қалыпты тәртіптер үшін құбырдың температуралық ұзаруының радиалдық теңгергіштердегі, сальникті теңгергіштердегі және құбырдағы тесіктің орташа температурасының өзгеруіне тәуелді сызбасын тұрғыз.

## 5.2 Теориялық кіріспе

Жылу құбырларының бойында температура сызықты түрде жоғарылаған кезде механикалық кернеу пайда болады, оның шамасы Гук заңымен анықталады

$$\sigma = E i, \text{ Па}, \quad (5.1)$$

мұндағы  $E$  - қатандық модулі, Па;

$i$  - салыстырмалы деформация.

Ұзындығы  $l$  құбырды қыздырғанда, оның ұзындығы мына шамаға өзгереді

$$\Delta l = \alpha l \Delta t, \text{ м}, \quad (5.2)$$

мұндағы  $\alpha$  - сызықты ұзару коэффициенті,  $1/\text{м}$ .

Құбырдың ұзындығы өскенмен, оның қабырғалары сығыла түседі, сондықтан олардың салыстырмалы сығылуы келесі формуламен анықталады

$$i = \frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta t. \quad (5.3)$$

Құбырдың тік бөлігі қызғанда пайда болатын сығылу кернеуінің шамасы құбырдың диаметріне, ұзындығына және қабырғасының қалыңдығына тәуелсіз болады да, тек қана температуралар айырмасы мен құбыр материалының тегіне тәуелді

$$\sigma = \alpha E \Delta t, \text{ Па}. \quad (5.4)$$

Осы кезде пайда болатын сығылу күшін келесі формула арқылы анықтауға болады

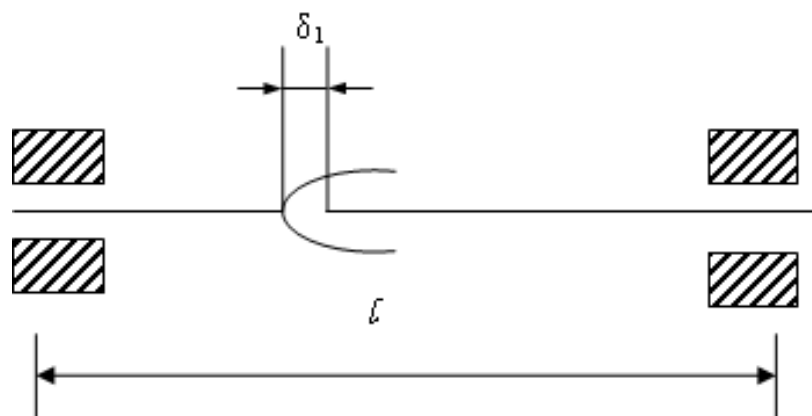
$$P = \sigma f = E i f, \text{ Н}, \quad (5.5)$$

мұндағы  $f$  - құбыр қабырғасының көлденең қимасының ауданы,  $\text{м}^2$ .

Құбырдың қызуы салдарынан болатын кернеуді азайту мақсатымен және оның өздігінен орын ауыстыруын (егер құбырдың ішіндегі жылутасығыш температурасы  $50^\circ\text{C}$  астам болса) жол бермеу үшін температуралық ұзаруды теңгерудің әртүрлі әдістерін қарастырады. Жұмыс істеу ережесіне байланысты қолданылып жүрген компенсаторлар екі түрге бөлінеді: осьтік және радиалды болып.

Осьтік компенсаторлар (5.1 сурет) құбырдың тік бөлігінде пайда болатын температуралық ұзаруларды теңгеру үшін қолданылады.

Радиалды теңгеруді құбырдың кез келген конфигурациясы үшін қолдануға болады. Олар құбырдың ұзаруын, оның қисық бөліктерінің майысуы және бұралуы түрінде қабылдайды.

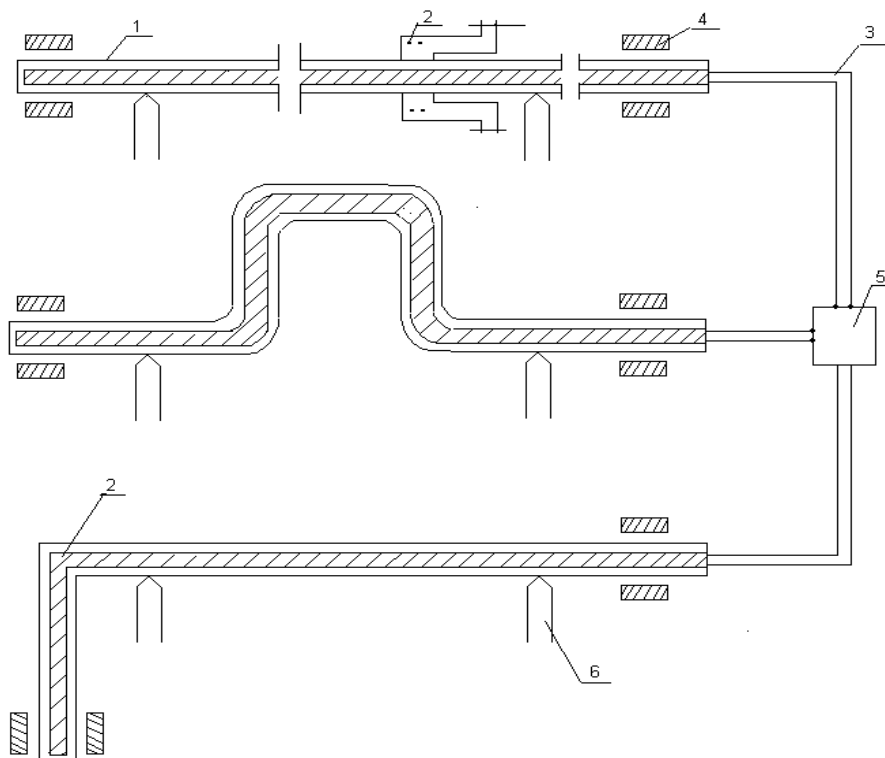


5.1 сурет – Осьтік компенсатор

### 5.3 Тәжірибелік қондырғының сипаттамасы

Қондырғының негізгі элементі болып (5.2 сурет) бойында әртүрлі компенсаторлары - 2 бар, 1- құбырлар саналады.

Құбырлардың ұштары жылжымайтын тіректерге бекітілген. Құбырлардың ішінде қыздырғыш элементтер орнатылған. Қыздыру дәрежесі 5-ші зертханалық трансформатордың көмегімен реттеледі, құбыр бетіндегі температуралар әртүрлі екі нүктеде б-шы хромель-аллюмель (ХА) термопарасымен өлшенеді де, милливольтметрмен көрсетіледі. Температураның әсерінен құбырдың ұзаруын штангенциркульмен анықтайды.



5.2 сурет – Тәжірибелік қондырғы

## 5.4 Жұмысты орындау реті

1. Оқытушының тапсырмасы бойынша осьтік және радиалды компенсаторлардың біреуінің (II- тәріздес немесе Г- тәріздес) жұмысын үш түрлі қыздыру жағдайында зерттейді.

2. Әрбір 5 минут сайын құбыр бетінің температурасын өлшеу керек және штангенциркульмен температуралық ұзаруды стационарлық күйде анықтау керек (5.1 кесте).

5.1 к е с т е - Эксперимент нәтижелері

| Өлшеу № | Қыздырғыш қуаты | Құбыр температурасы |  |  | Құбырдың орташа температурасы | Құбырдың ұзаруы |  |  | Осьтік компенсатор өзгеруі |
|---------|-----------------|---------------------|--|--|-------------------------------|-----------------|--|--|----------------------------|
|         |                 |                     |  |  |                               |                 |  |  |                            |
|         |                 |                     |  |  |                               |                 |  |  |                            |

3. Осьтік және радиалды компенсаторлары бар құбырдың стационарлық күй кезіндегі температуралық ұзаруының орташа температураға тәуелділік графигін тұрғызады.

4. Құбырдың стационарлық күйлері үшін 5.2 және 5.3 кестелерінде берілген құбырдың қасиеттері туралы мәліметтерін пайдаланып, температуралық ұзару теңгерілмеген кездегі сығылу кернеуі шамасын келесі формуламен анықтайды (сығылу кернеуінің ең үлкен мүмкін шамасы)

$$\sigma = \frac{\Delta E}{l} = \alpha E(t_{cp} - t), \quad (5.6)$$

мұндағы  $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$  - құбыр бетінің, оның ұзындығы бойынша алынған орташа температурасы, °С;

$t_0$  - қоршаған ортаның температурасы, °С.

5. Қозғалмайтын тіреулерге берілетін осьтік күштер компенсатор түріне байланысты анықталады.

6. Майлықты компенсаторы бар құбырдағы осьтік күшті мына формуламен анықтайды

$$P = \frac{4S}{fd_g^2}, \text{ Па}, \quad (5.7)$$

мұндағы  $S$  – тіректердегі үйкеліс күшін білдіреді, оны жеке келесі формуламен анықтайды

$$S = fd_n^2 P_p b \alpha \mu, \text{ Н}, \quad (5.8)$$

мұндағы  $P_p$  – ортаның жұмыс қысымы (магистралдық құбырлар үшін оның мәні (0.9-1.6) МПа;

$b=0.6$  – майлықты толтырманың биіктігінің құбырдың сыртқы диаметріне  $d_H$  қатынасы;

$\alpha =1.5$  – майлықты толтырманың меншікті қысымының жұмыс қысымына қатынасы;

$\mu=0.15-0.4$  – толтырманың стакандағы үйкеліс коэффициенті (біздің жағдайда 0.15-ке тең деп алынады).

7. П және Г – тәріздес компенсаторлары бар құбырлар үшін осьтік күш келесі формуламен анықталады:

$$P = \frac{\Delta E \cdot I}{A}, \text{ Н}, \quad (5.9)$$

мұндағы  $\Delta = \delta_1 + \delta_2$  - құбыр бөліктерінің ұзаруы, м;

$I$  - құбырдың экваториялдық инерция моменті, келесі формуламен анықталады:

$$I = 0.05(d_H^4 - d_B^4), \text{ м}^4. \quad (5.10)$$

Дәнекерленген тізелері бар құбырлар үшін ( $R=0$ )  $A$  комплексі келесідей анықталады:

$$A = \int_0^l \frac{1}{K} y^2 df = \frac{(2l + 3l_1)l^2}{2}. \quad (5.11)$$

8. Радиалды компенсаторлары бар құбырлардың кернеуін есептеу.

9. П – тәріздес компенсатор үшін, оның иіндерінің арасындағы кернеуді келесідей анықтайды:

$$\sigma = \frac{\Delta E d_n Y_{\max} m}{2A}, \text{ Па}, \quad (5.12)$$

мұндағы  $Y_{\max} = l$  - күштің әсер ету бағытынан компенсатордың арқасына дейінгі ара қашықтық, м;

$A$  – 5.4.7 пунктінде көрсетілген шама.

Дәнекерленген шығатын бөліктері үшін  $m$  коэффициентін 1-ге тең деп қабылдайды. Дәнекерленген қатты тізелерді, егер дөңгелену радиусы  $R=0$  деп алса, оларды иілген тізелермен алмастырғанда дөңгелену радиусы  $R=4d_c$  болады да, температуралық ұзарудың салдарынан пайда болған кернеу 1.15 есеге жуық кемиді.

10. Г тәріздес компенсатор үшін ең қатты сығылатын В нүктесінде келесідей анықталады:

$$\sigma = c \frac{\Delta E d_n}{l^2}, \text{ Па}, \quad (5.13)$$

мұндағы  $\Delta = \delta_1$  - компенсатордың кіші иығының бүйірлік ығысуы (үлкен иығының ұзаруы), м.

Қатты дәнекерленген тізелер үшін ( $R=0$ )  $C_\alpha$  коэффициенті келесі формуламен анықтайды:

$$C_\alpha = 1,5(1 + \frac{1}{n}), \quad (5.14)$$

мұндағы  $n = \frac{l}{l_1}$  - құбыр иықтары ұзындықтарының өзара қатынасы.

11. Зерттелген компенсаторлар үшін есептеу нәтижелерін қолданып  $P = f(t)$  және  $\sigma = f(t)$  тәуелділіктері графиктерін тұрғызады, ол үшін құбырдағы жылулық ұзарудан пайда болған кернеудің шектік мәнін  $\sigma^{don} = 70 \text{ МПа}$  қабылдайды.

5.2 кесте - 20-шы болаттың физикалық қасиеттері

|                                   |     |      |      |      |
|-----------------------------------|-----|------|------|------|
| t, °C                             | 20  | 100  | 200  | 300  |
| $\alpha \cdot 10^6, 1/\text{K}$   | -   | 11,6 | 12,6 | 13,1 |
| $E \cdot 10^{-10}, \text{кг/м}^2$ | 2,1 | 2,03 | 1,99 | 1,90 |

5.3 кесте - Диаметрі  $d_B/d_n=33/38$  мм құбырдың қималарының ұзындықтары

| Компенсатордың түрлері | Өлшемдері |      |                    |                  |
|------------------------|-----------|------|--------------------|------------------|
|                        | L, м      | l, м | l <sub>1</sub> , м | R, м             |
| Майлықты               | 1200      | -    | -                  | -                |
| П-тәріздес             | 1700      | 225  | 165                | 4d <sub>B</sub>  |
| Г-тәріздес             | 1700      | 550  | -                  | 4 d <sub>B</sub> |

### 5.5 Бақылау сұрақтары

1. Зертханалық жұмыстың орындалу реті қандай?
2. Гук заңын тұжырымдаңыз
3. Құбыр температурасының өзгеруі  $\Delta t$  болған кездегі ұзаруы неге тең?
4. Құбырдағы тура сызықты бөліктің қызуы кезінде сығылу күшінің мөлшері немен анықталады?
5. Сығылуға берілген күш немен анықталады?
6. Температуралық созылудың компенсация тәсілдері?
7. «П» және «Г»-тәрізді, сальниктік компенсаторы бар құбыр үшін қозғалмайтын тірекке берілген осьтік күштеудің анықталуын жазу?
8. «П» және «Г»-тәрізді, сальниктік компенсатордың құбырдағы күш беруді анықтау?
9. Әртүрлі типті компенсаторлардың жұмыс істеу принципі (оқытушының ұсынысымен).
10. Зерттелетін компенсаторлар үшін алынған  $P=f(t)$  және  $\sigma=f(t)$  тәуелділіктерді талдау.

## Әдебиеттер тізімі

### Негізгі

1. Варфоломеев Ю.М. Отопление и тепловые сети. -М.: «Инфра-М», 2012. – 472 б.
2. Гончар В.В. Автономные (децентрализованные) системы горячего водоснабжения. -М.: «АСВ», 2010. – 260 б.
3. Еремкин А.И. Тепловой режим зданий. - Ростов-на/Д, 2008. – 380 б.
4. Синявский Ю.В. Сборник задач по курсу теплотехника.- СПб.: «ГИОРД», 2010.-226 б.

### Қосымша

1. Сотникова О.А. Теплоснабжение.-М.,2009
2. Полонский В.М.и Автономное теплоснабжение.-М.,2006
3. Вентиляция/под ред. В.И.Полушкин.-М.,2011
4. Тиатор И. Отопительные системы.-М.,2006
5. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства.-СПб.,2008

## Мазмұны

|   |   |    |
|---|---|----|
|   | Кіріспе   | 3  |
| 1 | Зертханалық жұмыс №1. Жылумен жабдықтаушы су жүйесінен берілетін жылуды сапалы реттеу   | 4  |
| 2 | Зертханалық жұмыс №2. Жылумен жабдықтаушы су жүйесінен берілетін жылуды сандық реттеу   | 10 |
| 3 | Зертханалық жұмыс №3. Сулық аккумуляторды жылулық сынау                                 | 13 |
| 4 | Зертханалық жұмыс №4. Қоршау арқылы кететін жылу шығынын анықтау                        | 19 |
| 5 | Зертханалық жұмыс №5. Жылу торабы құбырларының температуралық ұзаруын теңгеруді зерттеу | 25 |
|   | Әдебиеттер тізімі   | 31 |



Гүлім Рысказыевна Бергенжанова

**ЭНЕРГИЯМЕН ЖАБДЫҚТАУДЫҢ ОРТАЛЫҚТАНДЫРЫЛҒАН  
ЖӘНЕ АВТОНОМДЫ ЖҮЙЕЛЕРІ**

«Инженерия және инженерлік іс» бағытында 6B07103 «Жылуэнергетика»  
білім беру бағдарламасы бойынша даярланатын студенттер үшін  
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор  
Стандарттау бойынша маман

Изтелеуова Ж.Н.  
Ануарбек Ж.А.

Басуға \_\_\_\_\_ қол қойылды  
Таралымы 50 дана.  
Көлемі 2,0 есептік- баспа табақ

Пішімі 60×84 1/16  
Баспаханалық қағаз №1  
Тапсырыс Бағасы 1000 тг.

Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланысуниверси-  
теті»коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі-көбейткіш бюросы  
050013, Алматы, А.Байтурсынұлы, 126/1