

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ  
ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ  
С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР  
МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ  
Жылу электр станциялар және жылуэнергетика  
кафедрасы

ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР

“Материалдың жылуөткізгіштік коэффициентінің  
цилиндірлік қабат әдісі арқылы анықтау”  
зертханалық жұмысына «Жылумаңызалмасу»  
тәртібі бойынша 2201 «Жылу электр станциялар»,  
2202 «Су және отын технологиясы», 2204  
«Өнеркәсіптік жылуэнергетика»  
мамандықтарының студенттеріне арналған

Павлодар

Бекітемін  
Э және А  
институтінің  
директоры

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200  
г.

Құрастырушы: техника және технология магистрі,  
ассистент Тулебаева Ж. А.

Кафедра Жылу электр станциялары және  
жылуэнергетика

Кафедра жиналысында ұсынылған  
Хаттама № \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ жыл  
Кафедра меңгерушісі \_\_\_\_\_ Белоглазов  
В.П.

« Энергетиктика және Автоматтандыру »  
институтінің оқу - әдістемелік кеңесімен  
жақталған « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ жыл хаттама  
№ \_\_\_\_\_

ОӘК төрағасы \_\_\_\_\_ Хацевский К. В.

Кафедра нормоконтролеры \_\_\_\_\_ С. Л.  
Маковицкая

## 1 Жұмыс мақсаты

Цилиндрлік пішінді материалдың жылуөткізгіштік коэффициентінің эксперимент арқылы анықтау әдісімен танысу және жылуөткізгіш туралы білімді тереңдету.

## 2 Кіріспе бөлімі

Жылуэнергиясының көзі кинетикалық микробөлшек дененің энергиясы болады, сол сияқты микробөлшек потенциалдық энергиясымен термодинамикада да дененің ішкі энергиясы болып анықталады.

Екі молекула шағылысқанда кинетикалық энергия ең жылдам молекуладан одан жылдамдығы аз молекулаға беріледі де, шапшан молекуланың кинетикалық энергиясы азаяды, ал баяу молекуланыкі күшейеді. Кері процесс болуы мүмкін емес, өйткені баяу молекула жылдам молекуланы қуып жете алмайды. Сол кезде энергия күшімен жасалатын молекуланың жылдамдығының өзгеруіне молекуланың кинетикалық энергия айырмашылығы жұмысқа тең болады.

Кинетикалық энергияның микроскопиялық сипаты температура болып келеді

$$\bar{E}_{к.мол} = \frac{i}{2} k_B T,$$

Мұнда  $i$  – молекуланың еркін дәрежесінің саны, молекула құрылысының күрделігін сипаттайды;

$k_B$  – Больцманның тұрақты саны;

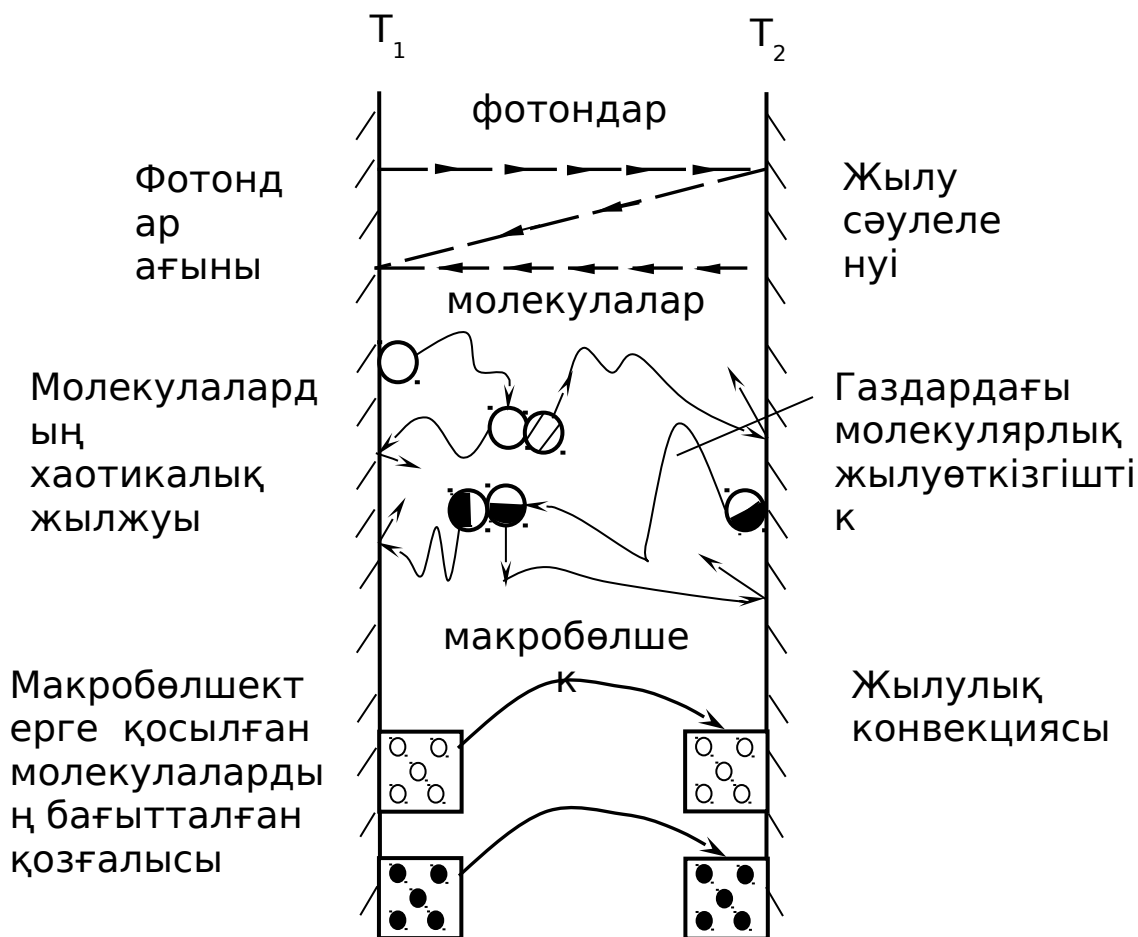
$T$  – температура.

Кинетикалық энергияны, шапшаң молекуладан баяу молекулаға, өздігінен болмайтын берілу процесі жылуалмасу немесе жылу тасымалдау деп аталады. Молекулалар арасында кинетикалық энергиямен алмасу, құр олар шағылысқан кезде ғана пайда болмайт, және тағы, кинетикалық энергияны өздерімен әкелетін, басқаша бөлшектердің (гравитондар, фотондар, электрондар және т.б.) жіберілу және жұтылу кезінде пайда болады. Соған сәйкес жылутасымалдаудың үш тәсілін айрып таниды (кинетикалық энергияны беру): сәулелену, жылу өткізгіштік, конвекция (2.1- сурет).

Егер кинетикалық энергияны тасушы текқана фотон болса, оңда бұл жағдайда жылуалмасу – жылулық сәулелену деп аталады. Жылулық сәулелену таза түрде текқана космоста немесе вакуумда болуы мүмкін.

Жылу өткізгіштік жағдайында кинетикалық энергияны тасушысы молекулалармен шығарылатың әр түрлі бөлшектер және молекулалар өздері де болады, егер молекулалардың нәтижелік ағыны барлақ бағытта нөльге тең болса, дәлірек айтсақ, кеңестікте макроскопиялық ортаның жылжуы жоқ. Металдарда кинетикалық энергияны тасушысы негізінде еркін электрондар болады; сұйықтықта және қатты диэлектрик денелерде фонондар (электромагниттік толқындардың фотон бөлшектері сияқты серпінді толқындардың бөлшектері); ал газдарда - молекула және атомдар.

Жылуөткізгіштік таза түрде текқана қатты денелерде болады. Таза жылу өткізгіштіктің сұйықтықта және газда болуы мүмкін егер, ортада



макроскопиялық жылжуы болмаса.

Сурет 2.1

Конвекция (лат. сөзінен тасымалдау, жеткізу) текқана өзгеріс орталығында болады. Конвекция жағдайында кинетикалық энергияны тасушылар молекулалар болады, олар бір элементарлық бөлшек пішіннің ішінде ретсіз қозғалысымен бірге кеністікте макробөлшектермен бірге бағытталған қозғалыс жасайды.

Жылуалмасу кезіндегі бүкіл бет аланы арқылы, бір уақыттың ішінде жүйенің молекулаларынаң берілген кинетикалық энергия мөлшері жылу деп аталады  $Q$ , Дж.

$$T_c = T - T_0$$

Мұнда, бүкіл өлшеулерде температураның өлшем бірлігі бірдей – Кельвин;

T- температура (абсолюттік) К;

T<sub>0</sub>=273,15 К мұздың еру температурасы;

T<sub>c</sub> – Цельсий температурасы, К.

Термодинамикада жылулық деп жүйенің молекулаларының кинетикалық энергиясының өзгеретін бөлігін атайды. Термодинамиканың бірінші заңы бойынша жылулықты, молекулалардың кинетикалық энергиясының өзгерісімен сыртқы күштердің макроқозғалыс жұмысының айырмашылығына тең деп немесе ішкі энергия және ішкі күштер көлемінің өзгеру жұмысының қосындысына тең деп анықтауға болады

$$dQ = dE_K - dL_{\text{внеш}} = dE_K - (- P_{\text{мол}} dV - p dV) = dU + p dV$$

Жылулық жалпы алғанда, молекуланың кинетикалық энергия өзгерісін толық анықтамағандықтан, оны функция ретінде қарастыра алмайды. Яғни ол өзгеріс, жүйенің микробөлшектерінің кинетикалық энергиясының толық өзгеруін сипаттайды.

Бір уақыттың ішінде изотермиялық бет арқылы өтетін жылулықтың мөлшері жылулық ағыны  $\Phi$ , Вт деп аталады

$$\Phi = dQ / dt; \quad Q = \int_0^t \Phi dt$$

Жылуалмасу аумақ үстінен өтетін жылулық ағын, жылулық ағынның тығыздығы деп аталады

$$\varphi = \frac{d\Phi}{dA} = \frac{d^2Q}{dAdt}; \quad Q = \int_A \int_0^t \varphi dAdt$$

Фурье заңы бойынша жылулық ағынның тығыздығының векторы температура градиентіне  $grad T = T_0 dT/dn$  пропорционалды және жолдамамен қарама-қарсы болып келеді

$$\vec{\varphi} = -\lambda grad T = -\lambda \frac{dT}{dn} \vec{n}_0, \quad (2.1)$$

$\lambda$  – жылу өткізгіштік коэффициенті – заттың жылу өткізгіштігінің сипаттайтын физикалық мөлшер, Вт/(мК). Заттың агрегаттық күйінен, оның атомдық және молекулярлық құрылысынаң, температурасы және қысымынаң, құрамынаң (қоспа немесе ерітінді) тәуелді;  $n_0$  – жеке вектор, изотермалық үстіне нормалды және температураның өсу жағына бағытталған;  $dT/dn$  – нормалмен бағытталған температураның туындысы.

Температура градиенті – температура өсу жағына изотермалық үстіне нормалмен (нормал бойымен) бағытталған вектор. Және ол, нормал бағытындағы температураның туындысына тең болып келеді. Температура градиенті кеністіктің берілген нүктесінде ұзындық бірлігіне келетін температураның ең үлкен өзгерісін сипаттайды.

Фурье заңы бойынша жазықтық қабырғаның жылу өткізгіштігінің  $\varphi$  есептеуге керек тендеулер шығарылады

$$\Phi = \frac{\lambda}{\delta} (T_1 - T_2) A \quad (2.2)$$

және цилиндрлік қабырғаға

$$\Phi = \frac{2\pi \lambda l}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (T_1 - T_2) \quad (2.3)$$

мұндағы

$T_1$  ,  $T_2$  - ыстық және суық қабырға үстінің температурасы, К;

$\delta$  – қабырға қалыңдығы, м;

$A$  – қабырға үстінің айлағы, м<sup>2</sup>;

$d_1$  және  $d_2$  – цилиндрлік қабырғаның ішкі және сыртқы диаметрі, м;

$\lambda$  - қабырға материалының жылу өткізгіштік коэффициенті.

Кесте 2.1 Кейбір газдардың, сұйықтықтардың және қатты денелердің атмосфера қысымына байланысты жылу өткізгіштік коэффициентінің маңызы

<b>Зат</b>	<b>Tс, К</b>	<b><math>\lambda</math>, Вт/(мК)</b>	<b>Зат</b>	<b>Tс, К</b>	<b><math>\lambda</math>, Вт/(мК)</b>
<b>Газдар</b>			<b>Сұйықтық</b>		
Сутегі	0	0,1655	Сынап	0	7,82
Гелий	0	0,1411	Су	20	0,599
Оттегі	0	0,0239	Ацетон	16	0,190
Азот	3	0,0237	Этил спирті	20	0,167
Ауа	4	0,0266	Бензол	22,5 0,158	
<b>Металдар</b>			<b>Минерал және материалдар</b>		
Күміс	0	429	Натрий хлориді	0	6,9
Мыс	0	403	Турмалин	0	4,6
Алтын	0	311	Шыны	18	0,4 + 1
Алюминий	0	202	Ағаш	18	0,16- 0,25
Темір	0	86,5	Асбест	18	0,12
Қалайы	0	68,2	Құм	0 + 160	0,30- 0,38
Қорғасын	0	35,6 Текстолит	20	0,23- 0,34	



2.2 Материалдың жылу өткізгіштігінің эксперименталды анықтау әдістемесі. Осы жұмыста сусымалы материалдың жылу өткізгіштігі цилиндрлік қабат әдіспен анықталады.

Әдіс маңызы, сынаулы материалға цилиндрлік құбыр формасын беруден тұрады. Құбыр ортасында ұзындығынан біркелкі электрқыздырғыш орналасқан, және де құбырдың ұзындығы оның диаметрінен 30 есе көп болу керек, зерттелетін материал қабаты арқылы біртүрлі жылулық ағынды жасау үшін. Құбыр шеттері арқылы жылулық шығынды азайту олар жылуизоляцияланады. Егер құбыр шеттері арқылы жылулық шығындарды есепке алмаса, онда зерттеу материал арқылы өтетін жылулық ағынды, электроқыздырғыш қолданылатын тікелей қуатты өлшеу жолымен немесе ток күші және қыздырғыштың электркернеуінің құлауы мөлшері арқылы табуға болады

$$\Phi = P = IU, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

Зерттеулі материалдың жылу өткізгіштігі (2.3) теңдеуден табылады

$$\lambda = \frac{\Phi \ln d_2 / d_1}{2\pi l (\bar{T}_1 - \bar{T}_2)} \quad (2.5)$$

Мында  $l$  – зерттеу материалдағы цилиндрлік қабаттың ұзындығы, м;

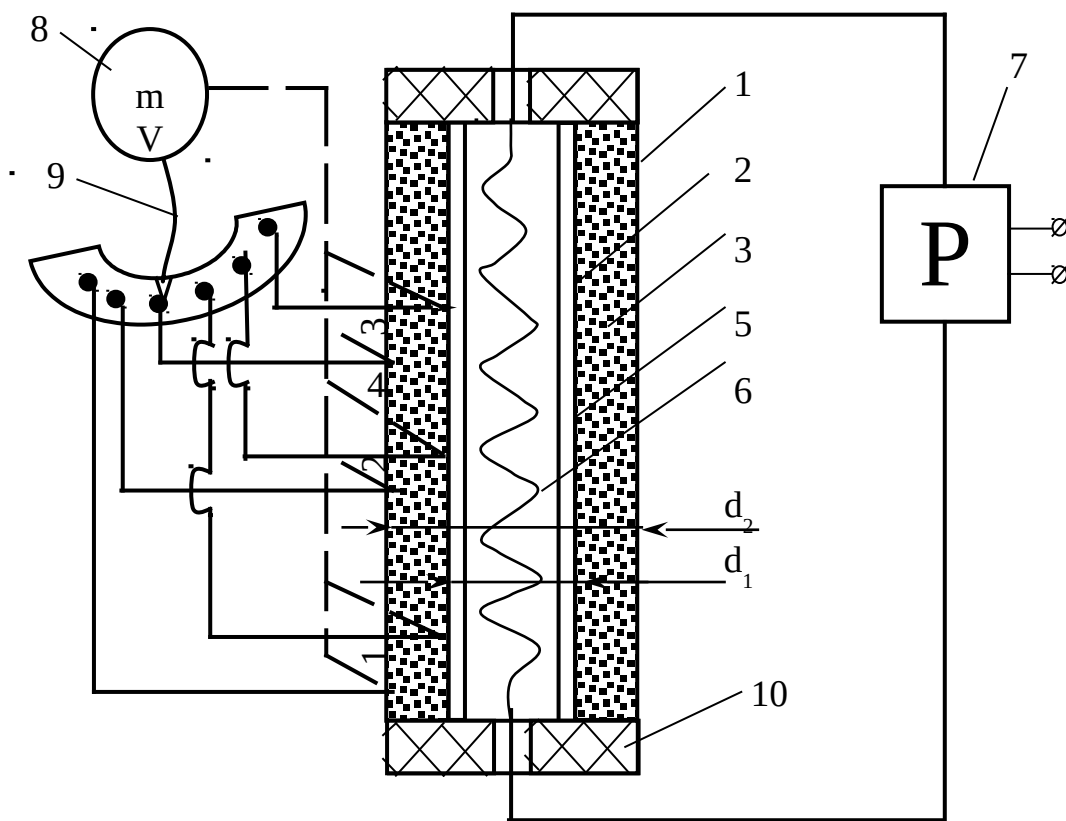
$d_1$  және  $d_2$  – цилиндрлік қабаттың ішкі және сыртқы диаметрі, м;

$T_1$  және  $T_2$  – цилиндрлік қабаттың ішкі және сыртқы беттерінің орташа арифметикалық температуралары.

### **3 Зертханалық қондырғының суреттемесі**

Тәжірибелі қондырғы сыртқы металдан жасалған құбырдаң 1 тұрады,  $d_2$  диаметрімен, оның ішінде

концентрическая түрде металдық құбыр 2 орналасқан, диаметр  $d_1$ , екі құбыр арасында зерттейтін сусымалы материал 3 орналасқан (сурет 2.2). Құбырдың қабаттарына термопаралардың екі ыстық денекерлері 4 орналасқан (бір құбырға үш термопарадан). Құбыр 2-нің ішінен керамикалық құбыр 5 орналасқан және оның ішінде электрқыздырғыш орналасқан. Электрқыздырғыштың қуаты ваттметр 7 мен өлшенеді, ол лабораториялық автотрансформатор ЛАТР көмегімен іске асырылады. Температураны милливольтметрмен 8 өлшенеді. Ол кезекпен әр бір термопараға ауыстырып қосқыш арқылы қосылады. Құбырдың шеттері әдилеп істелінген қақпақтармен жылуизоляцияланған 10.



Сурет 2.2

Жұмысты іске асыру тәртібі

7. Зертханалық қондырғының құрал-жабдықтарымен танысу

құрал-

2. Мұғалім қолдаумен электр көректенуді қосу және қыздырғыштың берілген қуатың орнықтыру.

3. Қосқыштың 9 көмегімен милливольтметрді қосу және стационарлық жылу тәртіп болғаның тосу, оны милливольтметрдің көрсетілуі уақытпен өзгермейтіңдігі көрсетеді.

4. Келесі мөлшерлерді өлшеу керек:

а) ішкі құбырдың температуралары  $T_4$ ,  $T_5$  және  $T_6$ ;

б) сыртқы құбырдың температуралары  $T_1$ ,  $T_2$  және  $T_3$ ;

в) электрожылытқыштың қуатың  $P$ , Вт немесе ток күші  $I$ , А және кернеудің құлауың  $U$ , В;

г) қондырғыда көрсетілген геометриялық мөлшерлерді  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $l$ , м жазу керек;

5. Өлшемдердің нәтижесін өндеу кезінде мыналарды санау шығару қажет:

а) ішкі құбырдың температурасының орташа шамасы

$$\bar{T}_1 = (T_4 + T_5 + T_6) / 3$$

және сыртқы құбырдың

$$\bar{T}_2 = (T_1 + T_2 + T_3) / 3;$$

б) зерттеулі материалдың орташа температурасы

$$\bar{T}_{mat} = (\bar{T}_1 + \bar{T}_2) / 2;$$

в) материалдың жылуөткізгіштігін (2.5) формула бойынша анықтайды;

6. Тәжірибені үш рет орындау керек, қыздыру қуатың ЛАТР көмегімен өзгертіп және ваттметр немесе вольтметр көрсеткіштері арқылы (мысалы  $V=100$ ,  $150$  және  $200$  В);

7. Барлық өлшеулерді және есептердің нәтижелерің 2.2 кестеге еңгізу керек ;

Кесте 2.2

I, A	U, B	$\Phi = P, \text{BТ}$	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>мат</sub>	$\lambda, \text{BТ}/(\text{м.К})$	$\Delta_n(\Delta) \%$
			K										

8. Материалдың жылуөткізгіштігінің температурадан тәуелділігінің график арқылы көрсету керек  $\lambda = f(T_{\text{мат}})$ ;

9. Жылуөткізгіштіктің шектік қателігінің анықтау қажет  $\Delta_n(\lambda)$ .

#### 4 Жұмыс қортындысы

Жұмыс қортындысы жұмыс мақсатынан, эксперименталды әдістеменің қысқаша конспектісінен, зертханалық қондырғының схемасынан, графиктен  $\lambda = f(T_{\text{мат}})$ , кестеден және қажетті есептерден тұру керек.

#### 5 Бақылау сұрақтары

1. Цилиндрлік қабат әдісінің негізі.
2. Жылу тасымалдаудың түрлері.
3. Фурье заңы.
4. Жазық және цилиндрлік қабырға арқылы жылу ағының есептеу формулалары.