

«Сейфуллин оқулары – 18(2): «XXI ғасыр ғылымы – трансформация дәуірі» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18(2): «Наука XXI века - эпоха трансформации» - 2022 .- Т.І, Ч.IV. – С.205-211

ЭНЕРГИЯНЫ ҮНЕМДЕУ, ЖЫЛУ БЕРУ ҮРДСІН ЖЫЛУ АЛМАСУ ПРОЦЕСТЕРІНДЕ КҮШЕЙТУ

А.М. Жақсылық, т.ғ.м.

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ.

Аңдатпа. Адамзаттың барлық іс-әрекеті энергияның кез-келген түрін тікелей қолданумен байланысты. Жер қойнауының энергетикалық қорын [отын-энергетикалық ресурстар (қазба отын) – көмір, мұнай және газ] қолдана отырып адам өз тіршілігі үшін қажетті өнеркәсіпті, соның ішінде негізгі энергия тасымалдағыштарды (жылулық және электр энергиясы) генерирлейтін қондырғыларды, тасымалдайтын қондырғыларды және машиналарды ойлап тапты, ғылым мен медицина, әрі мәдениетті дамытты. Жылу және электр энергиясын өндіру және тарату жүйесін тиімділендіру және энергияны үнемдеу, энергетикалық және су балансына түзетулер енгізу жылу энергетиканың даму болашағын жоғарылатады, сонымен қатар технико-экономикалық көрсеткіштерді арттырады. Қазіргі таңдағы негізгі мәселе – энергия үнемдегіш технологиялардың көмегі арқылы меншікті энергия тұтыну көрсеткішін барлық салаларда төмендету. 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 көбінесе жылудың денеде таралу процесі мен екі дене арасындағы жылуалмасу процестеріне тәуелді[1,2]. Жылуалмасу процесі машиналардағы, қозғалтқыштардағы, қондырғылардағы, ғимараттардың сыртқы қабырғаларындағы өтетін процестердің негізгі құрама бөлігі болып табылады. Жылу техникада энергияны үнемдеу жылуалмастырғыш қондырғыларда жылудың берілуін, түрлі шектік жағдайларда қалыпты және қалыпсыз жылуөтуді, ішкі жылу бөліну мен фильтрация, денелер мен газдардың арасындағы сәулелік жылуалмасуды, қайнау және конденсация кезіндегі жылуалмасуды қарқындату сұрақтары қамтиды.

Мәтінді сөздер: жылу техникада энергияны үнемдеу, жылу беру процесін қарқындету, жылуалмасу, жылуөткізгіштік, жылу беру заңдылықтары.

Адамзаттың өмірі үшін энергия айтарлықтай маңызды қызметтер

атқарады. Жылыту, суыту, жарықтандыру, тұрмыстық құралдар, көлік сияқты қызметтерге сұраныс артуда. Энергия негізгі мұқ- таждықтарды қанағаттандырады және экономикалық өсу мен әлеуметтік дамудың маңызды бөлігі болып табылады. Энергияны өндіру үшін отын керек - газ, мұнай, көмір, ядролық энергия біріншілік энергия көздері (күн, жел күшімен қимылдаушы және гидроэнергия) және т.б.. Осы энергияның бар- лық түрлерін қандай да бір машиналар немесе қондырғылардың көмегімен түрлендіру қажет. Көпте- ген елдерде біріншілік энергияның көп мөлшері жабдықты пайдалану үшін босқа жоғалады. Деген- мен энергияны сақтау және оны қолданудың тиімділігін жоғарылату туралы білім дамуда.

Дәстүрлі энергетика мәселелерінің ұлғаю мерзімінде, әсіресе қазба отын қорының тауысылуы- на, экологияға тигізіліп жатқан зиянның артуына және энергия тасымалдағыштар құнының қарқынды өсуіне байланысты, энергияны үнемдеу мәселелерінің өзектілігі жоғарылауда. Энергия үнемдеу ке шенді мәселерді қамтиды және көптеген бағыттар бойынша дамуда: энергияны үнемді тұтынушы- ларды шығару, технологиялық процестерді жетілдіру, екіншілік энергоресурстарды қолдану, энергия түрлендіргіштердің (электр станциялар және жылу электр орталықтары) жұмыс режимін тиімділенді- ру, құны арзан және қол жетімді энергия көздерін іздестіру. Сонымен қатар, кез келген энергия түрі жұмыс атқару процесі кезінде жылуға айналады, ендеше жылу шығындарын азайту энергияны үнем- деудің негізі болып табылады.

Күнделікті тұрмыс - тіршіліктегі электр энергиясы мен жылулық энергияның алатын орны зор. Энергияны үнемдеу және энергия үнемдеудің технологиясы ел экономикасының өнеркәсіптік ар- тықшылығы болып табылады.

Жылуэнергетикалық қондырғылардың тиімділігі, қауіпсіздігі, сенімділігі және үнемділігі көбінеки отынның жануы, сонымен қатар жылуды генерирлеуші қондыр- ғыларды, жылулық және электр жүйесін, қондырғылар мен аспаптарды дұрыс таңдау арқылы анық- талады. Әрі, жөндеу жұмыстарын уақытылы және сапалы жүргізу, қызметкерлерді дайындау дәре- жесінің жоғары болуының да тигізер әсері жоғары. Жылу және электр энергиясын өндіру және тара- ту жүйесін тиімділендіру және энергияны үнемдеу, энергетикалық және су балансына түзетулер енгі- зу жылу энергетиканың даму болашағын жоғарылатады, сонымен қатар техникo-экономикалық көр- сеткіштерді арттырады[2].

Қазіргі таңдағы негізгі мәселе – энергия үнемдегіш технологиялардың көмегі арқылы меншікті энергия тұтыну көрсеткішін барлық салаларда төмендету.

Жылу техника – табиғи көздердің энергиясын жылу, механикалық және электр энергиясына түрлендіретін техникалық құрылғылар мен теорияны, сонымен қатар тұрғын үй коммуналды шаруа- шылығы мен кәсіпорындардың технологиялық, ыстық сумен қамдау, желдету, жылуландыру мұқ- таждықтары үшін жылу қолданатын құрылғылар мен теориясын қарастыратын ғылым саласы. Жылу техникада энергияны

үнемдеу жылуалмастырғыш қондырғыларда жылудың берілуін, түрлі шектік жағдайларда қалыпты және қалыпсыз жылуөтуді, ішкі жылу бөліну мен фильтрация, денелер мен газдардың арасындағы сәулелік жылуалмасуды, қайнау және конденсация кезіндегі жылуалмасуды қарқындату сұрақтарын қамтиды.

Жылулық энергияны сақтау немесе үнемдеу көбінесе 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 мәселені 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 мәселенің жылуалмастырғыш қондырғыларды, тегіс немесе цилиндрлі қабырға арқылы жылу беруді есептегенде, жылуоқшаулағыштан өткен жылу шығынын анықтағында маңыздылығы жоғары.

2. Жылуалмасу процесі өтетін дененің әрбір бөлігіндегі (нүктесіндегі) температураны анықтау. Бұл мәселенің машина бөліктерін, қоршаған қабырғаны есептегенде маңыздылығы жоғары. Өйткені материалдардың беріктігі температураға тәуелді, ал температураның әрқелкі 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 жылу беру 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 жылу беру процесі деп аталады [3,4].

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

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta \tau \cdot F}, \text{ [Дж/(м}^2 \cdot \text{с) немесе Вт/м}^2\text{]} \quad (1)$$

Фурьенің жылуөткізгіштік заңының математикалық сипаттамасы:

$$\Delta Q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} F \cdot \Delta \tau \quad \text{немесе} \quad q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \quad (2)$$

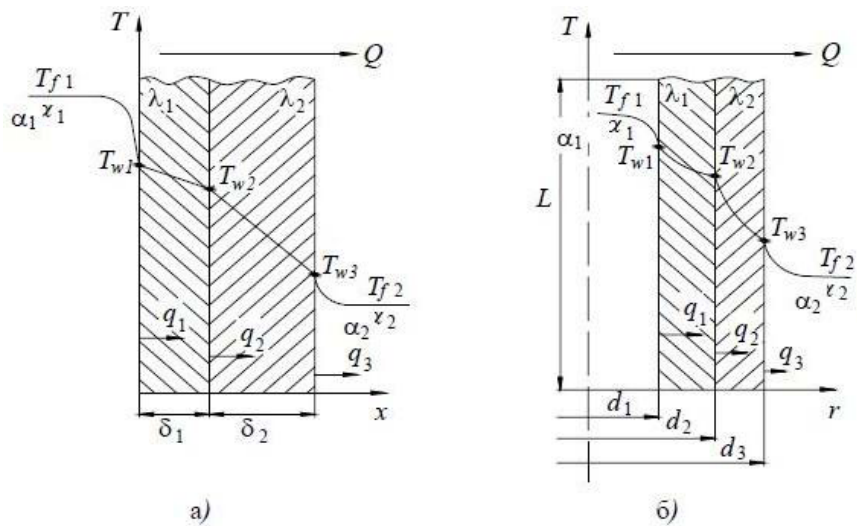
Жылуберу деп арасы бет арқылы бөлінген температуралары әртүрлі екі сұйықтың арасындағы жылуалмасуды айтады. Қалыпты жылуберудің теңдеулерін бір қабатты және көп қабатты жазық және цилиндрлі қабырғалар арқылы жылуберу процесі үшін қолдануға болады. Жылуберу процесін есептеу үшін ағылшын математигі және физигі Исаак Ньютонның (1643 – 1727 гг.) заңы қолданылады:

$$Q = \alpha F (T_w - T_f), \text{ [Вт]} \quad (3)$$

мұндағы α – жылуберу коэффициенті, Вт/(м²·К); F – жылуалмасу ауданы, м²; T_w , T_f – қабырға беті мен сұйықтың температурасы, К.

Қалыпты жылуберудің теңдеулерін бір қабатты және көп қабатты жазық және цилиндрлі қабырғалар арқылы жылуберу процесі үшін қолдануға болады. Мысалы, ыстық дененің температурасы T_{f1} және жылуберу коэффициенті α_1 , ал суық дененің температурасы T_{f2} және жылуберу коэффициенті α_2 деп белгілейік. Тегіс әрбір қабырғаның қалыңдығы (e_1) – δ_1 және δ_2 , ал екі қабатты цилиндрлі қабырғаның диаметрі – d_1 , d_2 және d_3 . Материалдың жылуөткізгіштік коэффициенті сәйкесінше – λ_1 және λ_2 . Әрбір қабаттың границасындағы температура – T_{w1} , T_{w2} , T_{w3} . Екі қабатты тегіс және цилиндрлі жүйедегі температураның таралуы 1-суретте келтірілген.

Көп қабатты тегіс қабырғаның (1, а - сурет) биіктегі мен қалыңдығы, сонымен қатар цилиндрлі қабырғаның L ұзындығы (1, б - сурет) олардың жалпы қалыңдығынан едәуір үлкен. Қабаттар арасындағы жылулық байланысты стационарлы режимде идеалды деп санауға болады.



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

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

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

$$\begin{aligned}
 Q &= \alpha_1 \cdot F \cdot (T_{f1} - T_{w1}) = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{w1})}{R_{\alpha_1}}; \\
 Q &= \frac{\lambda_1}{\delta_1} \cdot F \cdot (T_{w1} - T_{w2}) = \frac{F \cdot (T_{w1} - T_{w2})}{R_1}; \\
 Q &= \frac{\lambda_2}{\delta_2} \cdot F \cdot (T_{w2} - T_{w3}) = \frac{F \cdot (T_{w2} - T_{w3})}{R_2};
 \end{aligned} \tag{4}$$

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:

$$Q = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha_1} + R_1 + R_2 + R_{\alpha_2}}, \text{ [Вт]} \tag{5}$$

Егер тегіс қабаттардың саны n болса, онда жылу ағыны:

$$Q = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{\alpha 2}} = k \cdot F \cdot (T_{f1} - T_{f2}) = \frac{F \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{\frac{1}{k}}, [\text{Вт}] \quad (6)$$

мұндағы R – жылу берудің термиялық кедергісі; k – жылу беру коэффициенті, ол тегіс жүйе ар-қылы жылу беру процесінің қарқындылығын сипаттайды:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (7)$$

Екі қабатты тегіс жүйенің границаларындағы температура:

$$T_{w1} = T_f - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot R_{\alpha 1};$$

$$T_{w2} = T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot (R_{\alpha 1} + R_1); \quad (8)$$

$$T_{w2} T_{w3} = T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot (R_{\alpha 1} + R_1 + R_2).$$

Тегіс қабаттардың саны n болғанда, тегіс жүйенің кез-келген границаларындағы температура:

$$T_{wi} = T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot \sum_{i=1}^i (R_{\alpha 1} + R_i). \quad (9)$$

Тегіс жүйе үшін жылу ағынының тығыздығы: $q = Q/F, [\text{Вт}/\text{м}^2]$.

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

$$Q = \alpha_1 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{w1}) = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{w1})}{R_{\alpha 1}};$$

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w1} - T_{w2})}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{w1})}{R_1};$$

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w2} - T_{w3})}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} \quad (10)$$

$$= \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w2} - T_{w3})}{R_2};$$

$$Q = \alpha_2 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot L \cdot (T_{w3} - T_{f2}) = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{w3} - T_{f2})}{R_{\alpha 2}};$$

Теңдеулер жүйесін шеше отырып, цилиндрлі жүйе арқылы өтетін жалпы жылу ағынын Q та-бамыз:

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + R_1 + R_2 + R_{\alpha 2}}, [\text{Вт}]. \quad (11)$$

Егер цилиндрлі қабаттардың саны n болса, онда жылу ағыны:

$$Q = \frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{R_{\alpha 1} + \sum_{i=1}^n R_{i1} + R_{\alpha 2}} = k_L \cdot \pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2}) = \quad (12)$$

$$\frac{\pi \cdot L \cdot (T_{f1} - T_{f2})}{\frac{1}{k_L}}, [\text{Вт}]$$

мұндағы R – жылуберудің термиялық кедергісі; k_L – жылуберу коэффициенті, ол цилиндрлі жүйе арқылы жылуберу процесінің қарқындылығын сипаттайды:

$$k_L = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_{n+1}}}, [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (13)$$

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

$$T_{wi} = T_{f1} - k \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \cdot \sum_{i=1}^i (R_{\alpha 1} + R_i). \quad (14)$$

Цилиндрлі жүйе үшін жылу ағынының тығыздығы (1м ұзындық бойынша): $qL=Q/L, [\text{Вт}/\text{м}]$.

Барлық денелер өзін қоршаған ортаға түрлі жиілікті электромагнитті толқындар таратады. Көп-теген қатты және сұйық денелер $0 \div \infty$ ұзындықта

толқын таратады, яғни тұтас сәулелену спектрі. Газ- дар белгілі толқын ұзындығы бойынша энергия бөледі.

Сәуле бөлу арқылы денелер арасындағы қосынды жылу берілу келесідей анықталады:

$$Q_{12} = \varepsilon_n c_0 F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], [\text{Вт}] \quad (15)$$

мұндағы ε_n – дененің келтірілген қаралық дәрежесі; c_0 – абсолют қара дененің сәулелену коэф- фициенті, $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$; F – жылу беру бетінің ауданы, м^2 .

Міне жоғарыда келтірілген теңдеулер түрлі жылуалмасу процесін сипаттайды. Осы келтірілген теңдеулердегі жылу беру коэффициентін өзгерту арқылы жылуалмасу процесін қарқындатуға болады. Сәулелік жылуалмасуды қарқындату үшін сәуле бөлуші дененің температурасын арттырып, жүйенің келтірілген қаралық дәрежесін күшейту керек. Және керісінше сәулелік жылуалмасуды баяулату үшін сәуле бөлуші дененің температурасын азайтып, жүйенің келтірілген қаралық дәрежесін төмен- дету керек. Ал, егер температураны өзгертуге болмайтын жағдайда, сәулелік жылуалмасуды азайту үшін экрандар қолданылады[5].

Ыстық денеден суық денеге қабырға арқылы берілетін Q жылу мөлшерін арттыру немесе қар- қындату үшін, k жылу беру коэффициентін арттыру қажет, себебі F бет ауданы мен ΔT температура- лар айырмасы тек қана жүйенің құрылымы мен физикалық шарттарға байланысты. Егер жылуалмас тырғыш құбырының қалыңдығы δ аз, ал материалдың (металдың) λ жылуөткізгіштік коэффициенті жоғары болса, онда қабырғаның жылуөткізгіштігінің термиялық кедергісі $R = \delta/\lambda$ нөлге тең болады.

Бұдан, k жылу беру коэффициенті негізінен α_1 және α_2 жылу бергіштік (жылуөту) коэффициенттеріне тәуелді: $k = (\alpha_1 \cdot \alpha_2) / (\alpha_1 + \alpha_2)$.

Жылу беру коэффициентінің шекті мәнінің заңдылықтары:

- k жылу беру коэффициенті кез-келген жылу бергіштік коэффициентінен әрқашанда кіші бола- ды: $k < \alpha_1$ және $k < \alpha_2$;

- k жылу беру коэффициенті кез-келген кіші жылу бергіштік коэффициентінен әрқашанда кіші болады;

- егер ең кіші жылу бергіштік коэффициентінің шамасы артса, k жылу беру коэффициентінің шамасы да артады;

- егер ең үлкен жылу бергіштік коэффициентінің шамасы артса, k жылу беру коэффициентінің шамасының артуы алдымен баяулайды, содан кейін мүлдем тоқтайды.

Осы заңдылықтардың негізінде жылу беруді қарқындату ережелерін қалыптастыруға болады.

1. Егер бір жылу бергіштік коэффициенті екіншісінен үлкен не кіші болса: $\alpha_1 \ll \alpha_2$ немесе $\alpha_1 \gg \alpha_2$, онда жылу беруді қарқындату үшін жылу бергіштік коэффициенттерінің кішісінің шамасын арттыру керек.

2. Егер жылу бергіштік коэффициенті шамамен тең болса: $\alpha_1 \approx \alpha_2$, онда жылу беруді қарқындату үшін екі жылу бергіштік коэффициенттерінің шамасын арттыру керек.

3. Жылу бергіштік коэффициенттерінің үлкенінің шамасын арттыру арқылы жылу беруді қарқындату - әрқашанда экономикалық тұрғыда тиімсіз.

4. Егер дененің физикалық табиғатына немесе құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты жылу бергіштік коэффициенттерінің кішісінің шамасын арттыру мүмкін болмаса, онда жылу бергіш жүйенің бетіне осы кіші жылу бергіштік коэффициенті жағынан қабырға орналастыру керек [6]. Тегіс немесе цилиндрлі жүйелер үшін төртбұрышты немесе домалақ пластиналарды қабырға ретінде тығыз орналастыру керек. Жүйені қабырғалау коэффициенті ϕ – қабырғалы жүйе бетінің ауданының жазық бетке қатынасы тең. Мысалы, сұйықтың жылу бергіштік коэффициенті $\alpha_1 = 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, қоршаған ортаның жылу бергіштік коэффициенті $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ болса, онда қабырғалау коэффициенті $\phi = 25$, ал кіші α_2 жағынан k шамамен 20 есеге артады.

Жылу беру коэффициентін азайту үшін құрылым арқылы жүйенің термиялық кедергісін арттыру керек, яғни қабырғаны жылулық оқшаулау қажет.

Қорытынды. Жылулық энергияны сақтау немесе үнемдеу көбінесе жылудың денеде таралу процесі мен екі дене арасындағы жылу алмасу процестеріне тәуелді. Жылу алмасу процесі машиналардағы, қозғалтқыштардағы, қондырғылардағы, ғимараттардың сыртқы қабырғаларындағы өтетін процестердің негізгі құрама бөлігі болып табылады. Қазіргі таңда әлем бойынша ғылыми ізнестердің өзі жаппай энергияны үнемдеу проблемаларына келіп тіреледі. Жылу алмасу процесі қарқындата отырып энергияны үнемдеуде бір саты алға ілгерілеуге болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Амерханов Р.А. Теплотехника. /Р.А.Амерханов, Б.Х.Драганов – М.: Энергоатомиздат, 2006. - 432 с.
- 2 Арутюнян А.А. Основы энергосбережения.-М., 2007.
- 3 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения. Учебник – М: 2006. - 352 с.
- 4 Свидерская О.В. Основы энергосбережения.-Мн.,2008.
- 5 Полонский В.М. Энергосбережение.-М., 2005.
- 6 Самойлов М.В. Основы энергосбережения.-Мн., 2004.