

УДК: 50.49.37

DOI 10.52167/1609-1817-2023-129-6-300-310

Г.Д. Бәзіл¹, А. Ербосынова², Л. Абжанова¹, Ш. Адилова¹, Г. Искакова¹

¹ Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан

² Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан
E-mail: g.bazil@aes.kz

БӨЛМЕНІҢ ЖЫЛУ АЛМАСУ ПРОЦЕССИН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУДІҢ БІР ӘДІСІ ТУРАЛЫ

Андатпа. Жұмыста жылу алмасу процестерін зерттеу, моделдеу және автоматты басқару жүйелерін құру есептері қарастырылды. Бөлмені жылыту жүйесінің моделі Matlab бағдарламалау ортасында орындалды. Модельдеу кезінде басты технологиялық параметрлер ретінде жылу алмасу коэффициенті мен жылуалмастырғыштағы сұйықтықтың ағу жылдамдығы алынды. Алынған модель «Жылуалмасу процестерді модельдеу» зертханалық стендінде алынған мәліметтерді пайдалана отырып, жылу алмасу процестерін модельдеуде қолданылады деп болжануда.

Кілттік сөздер. Жылу алмасу, жылыту, жүйесі, математикалық моделдеу, басқару жүйесі.

Кіріспе.

Жылу алмастырғыш – бұл әртүрлі термодинамикалық күйлердегі екі орта арасында жылуды беру үшін қолданылатын құрылғы. Мұндай құрылғыларды өнеркәсіп, құрылыс, көлік және т. б. қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолдануға болады. Жылу алмастырғыштың негізгі элементтері екі орта өтетін түтіктер немесе арналар болып табылады. Органың бір ағыны түтіктерді қыздырады, ал екінші ағын оларды салқындатады. Нәтижесінде жылу ыстық ортадан суыққа ауысады.

Жылу алмастырғыштардың негізгі артықшылықтары – процестердің тиімділігін арттыру, энергияны үнемдеу және жабдықтың сенімділігін арттыру. Жылыту жүйесіндегі жылу алмастырғыш маңызды рөл атқарады, өйткені ол жылуды ыстық судан бөлмедегі ауаға беруге жауап береді. Оны қыздырғышқа орнатуға болады, ол суды немесе буды қыздырады, содан кейін бөлмедегі радиаторлар арқылы айналады. Радиаторларда жылуды ыстық судан бөлмедегі ауаға тасымалдауға мүмкіндік беретін көптеген шағын түтіктер бар. Жылу алмастырғышты дұрыс орнату және күтіп ұстау оның тиімді жұмыс істеуінің негізгі факторы екенін ескеру маңызды.

Материалдар мен тәсілдер.

Жылу алмасу процесстері басқару объектісі ретінде.

Жылу алмастырғыш екі негізгі бөліктен тұрады: құбырлы бөлік және қырлы бөлік [1]. Құбырлы бөлік-бұл ыстық су өтетін құбырлар жүйесі. Қабырға бөлігі жылуды ыстық судан бөлмедегі ауаға жіберетін көптеген ұсақ түтіктерден тұрады.

Жылу алмастырғышты мыс, алюминий, болат немесе титан сияқты әртүрлі материалдардан жасауға болады. Әрбір материалдың артықшылықтары мен кемшіліктері бар және материалды таңдау нақты жағдайға байланысты.

Жылу алмастырғышты дұрыс орнату және күтіп ұстау оның тиімді жұмыс істеуінің негізгі факторы екенін ескеру маңызды. Дұрыс орнатпау немесе техникалық қызмет көрсетудің жеткіліксіздігі тиімділіктің төмендеуіне және энергия шығындарының жоғарылауына әкелуі мүмкін [2].

Жылу алмасу құрылғылары – бұл екі орта арасында жылу беру үшін қолданылатын құрылғылар. Оларды өнеркәсіп, энергетика, химия және мұнай-газ салаларын қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолдануға болады. Мұндай құрылғылар көбінесе сұйықтықтар мен газдарды салқындату немесе жылыту үшін қолданылады. Олар әртүрлі пішіндер мен өлшемдерде, соның ішінде құбырлы, пластиналы, блокты және басқа түрлерде жасалуы мүмкін [3].

Жылу радиаторлары – бұл жылуды ыстық судан немесе будан үй ішіндегі ортаға беру үшін қолданылатын құрылғылар. Олар көбінесе үйлер мен ғимараттарды жылыту жүйелерінде қолданылады.

Жылу радиаторлары әр түрлі болуы мүмкін, соның ішінде биметалл, алюминий, шойын және болат [4]. Олар радиатордың ішіндегі түтіктер арқылы ыстық суды немесе буды айналдыру арқылы жұмыс істейді, содан кейін олар қоршаған бөлмеге жылу береді.

Радиаторларды талдау нәтижесінде, жылу алмасу математикалық моделінде алюминий радиаторын басқару объектісі ретінде таңдаймыз.

Алюминий радиаторлары – жеңіл және берік материалдан алюминийден жасалған үй-жайларды жылытуға арналған құрылғылар. Олар радиатор ішіндегі құбырлар арқылы ыстық судың айналу принципі негізінде жұмыс істейді және орталық жылыту жүйесіне немесе жеке қазандыққа қосылуы мүмкін.

Жылу алмасу процесіне шолу және математикалық моделдеу.

Жылу алмасу процесстерінің математикалық модельдердің ең көп таралғандарының бірі – соңғы элементтер әдісіне сәйкес жылу алмасу моделі [5]. Ол бөлмені көптеген кішкентай элементтерге бөлуге негізделген, олардың әрқайсысының өзіндік температурасы мен жылу беру коэффициенті бар. Бұл модельдің көмегімен жылу шығынын есептеуге және радиаторлардың немесе кондиционерлердің оңтайлы орналасуын анықтауға болады.

Тағы бір кең таралған модель – конвекцияны ескере отырып, жылу алмасу моделі. Ол қабырғалар мен қоршаған орта арасындағы жылу беруді ғана емес, сонымен қатар үй ішіндегі жылудың конвективті тасымалдануын да ескереді. Мұндай модельді оңтайлы жылыту және салқындату қуатын анықтау үшін, сондай-ақ әртүрлі жағдайларда жүйенің тиімділігін бағалау үшін пайдалануға болады.

Тағы бір модель – ауа ағындарын ескере отырып, жылу алмасу моделі. Ол ішкі ауаның қозғалысын және оның жылу алмасуға әсерін ескереді. Мұндай модельді желдеткіштер мен кондиционерлердің оңтайлы орналасуын анықтау үшін, сондай-ақ ауа ағындарының әртүрлі жағдайларында жүйенің тиімділігін бағалау үшін пайдалануға болады.

Нәтижелер мен талқылау.

Бөлме ішіндегі температураны реттеу жүйесінің математикалық моделін жасау.

Өлшемдері бар жылытылатын бөлме: $3.5 \times 3 \times 2.5$ м. Ғимараттың қабығының қалыңдығы 640 мм кірпіш қабырғадан және ішкі жағында әк қабатынан тұрады. Қабат сылағының қалыңдығы 15 мм. жылу өткізгіштік коэффициенті: ішкі әктас қабаты үшін сылақ $0.6 \text{ ккал/м} \cdot \text{сағ}$; ауыр ерітінділердегі қалау үшін сылақ $0.7 \text{ ккал/м} \cdot \text{сағ}$.

Едендерге, қабырғалардың ішкі беттеріне және тіпті тегіс төбелерге арналған R_v жылу беру кедергісі $0,144 \text{ м}^2/\text{сағ}$. Сыртқы ауамен тікелей жанасатын беттер үшін жылу беру кедергісі тәулігіне 0.05 м^2 құрайды [5].

Ауаның меншікті жылу сыйымдылығы $C_{\text{ауа}} = 1.005 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$. Зертханалық стендте әр қайсысының 3 бөлімі бар 2 дана алюминий радиаторы орнатылған.

Радиатордың осы түрінің бір бөлігінің жылыту ауданы $0,254 \text{ м}^2$ құрайды [5]. Бөлменің температурасы 20°C .

Модельдеу MatLab бағдарламасы арқылы жүргізілді.

Жылу құрылғылары жұмыс істеген кезде қоршаған ортадағы жылу шығыны негізінен қоршаған орта мен сипатталған құрылғылардың сыртқы желілері (қабықшалары) арасындағы жылу алмасу процестеріне байланысты [6].

Бөлмедегі температураны азды-көпті тұрақты ұстау үшін жылыту кезінде жоғалған жылу мөлшерін үнемі өтеу қажет. Бөлменің негізгі жылу шығыны келесі формула бойынша анықталған жеке қоршаулардың жылу шығыны болып табылады:

$$Q = F_{\text{OK}} * \frac{1}{R_{\text{OK}}} (t_{\text{B}} - t_{\text{H}}), \quad (1)$$

мұндағы t_{B} -бөлмедегі ауа температурасы; F_{OK} -қабырға мен төбенің ауданы м^2 ; Қоршау конструкциясының жылу беруіне R_{OK} – кедергісі $\text{м}^2 * \text{сағ}/\text{ккал}$; Q -қабырғалар арқылы жылу шығыны $\text{ккал} / \text{сағ}$; t_{H} -сыртқы ауаның температурасы, $^\circ\text{C}$ [7].

Қоршаулар біркелкі және көп қабатты болады. Көп қабатты қоршаудың жылу беру кедергісінің мәні R_{OK} формула бойынша анықталады:

$$R_{\text{OK}} = R_{\text{B}} + R_1 + R_2 + \dots R_n. \quad (2)$$

Біртекгі қабырғаның немесе көп қабатты қоршаудың құрамына кіретін қабаттың термиялық кедергісі келесідей формула бойынша есептеледі:

$$R = \frac{\delta}{\alpha}, \quad (3)$$

мұндағы δ - қабаттың қалыңдығы м ; α - материалдың жылу беру коэффициенті $\text{ккал}/\text{м} * \text{сағ} * ^\circ\text{C}$.

Негізгі жылу шығынынан басқа, ғимарат қабығы қосымша жылу шығынын тудырады, олар мыналарды ескереді: қоршаудың негізгі бағыттардағы орны, бөлмеде екі немесе одан да көп сыртқы қабырғалардың болуы, бөліктердің биіктігі, қоршаудағы желдің әсері [7].

Жылыту құрылғысының жылу беруі Q келесідей формуламен анықталады:

$$Q = k_{\text{пр}} * F_{\text{пр}} * (t_{\text{пр}} - t_{\text{ауа}}), \quad (4)$$

мұндағы $t_{\text{пр}}$ -құрылғыдағы судың орташа температурасы; $F_{\text{пр}}$ -жылыту құрылғысының бетінің ауданы м^2 ; $k_{\text{пр}}$ – жылыту аспабының $\text{ккал}/\text{м}^2 * \text{сағ} * ^\circ\text{C}$ жылу беру коэффициенті; $t_{\text{ауа}}$ -бөлмедегі ауа температурасы.

Құрылғыдағы судың орташа температурасы келесідей формула бойынша есептеледі:

$$t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{кіріс}} + t_{\text{шығыс}}}{2}, \quad (5)$$

мұндағы $t_{\text{кіріс}}$ және $t_{\text{шығыс}}$ - құбырды беру және қайтару кезінде сәйкесінше судың температурасы.

Жылытылатын бөлмедегі ауа температурасын басқаруды талдауды дифференциалдық теңдеу ретінде сипаттауға болады. Процесті талдауды жеңілдету үшін біз жергілікті немесе жылытылатын ғимарат барлық нүктелерде температурасы бірдей дене болған кездегі процесті аламыз [7].

Q бөлмесіне жеткізілетін жылу энергиясы $Q_{\text{пом}}$ бөлмесінің өзін жылытуға және $Q_{\text{ок}}$ қоршау құрылымы арқылы жылу энергиясының шығынын жабуға жұмсалады, яғни

$$Q = Q_{\text{пом}} + Q_{\text{ок}} \quad (6)$$

Шексіз қысқа уақыт ішінде Qd кеңістігіне берілетін энергия оны градуспен қыздыру үшін пайдаланылады: біз жылытылатын кеңістіктің дифференциалдық жылу балансының теңдеуін аламыз:

$$Qd\tau = G_{\text{пм}} * c_{\text{пм}} + k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}} * \Delta t_{\text{ауа}} d\tau, \quad (7)$$

мұндағы $F_{\text{ок}}$ -қоршау құрылымдарының бетінің ауданы; τ -уақыт; $k_{\text{ок}}$ -қоршау конструкцияларының жылу беру коэффициенті; $G_{\text{пм}}$ -бөлменің массасы; $c_{\text{пм}}$ -меншікті жылу сыйымдылығы; $t_{\text{в}}$ -температура басы.

Алынған теңдеуді түрлендіру:

$$Qd\tau = G_{\text{пм}} * c_{\text{пм}} + k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}} * \Delta t_{\text{ауа}} d\tau$$
$$\frac{Q}{k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}}} + t_{\text{н}} = T_{\text{пм}} \frac{dt}{d\tau} + t_{\text{ауа}}, \quad (8)$$

мұндағы Q-бөлмелерге келетін жылу энергиясы; $T_{\text{пм}}$ -жылытылатын бөлменің уақыт константасы.

$$T_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}} * c_{\text{пм}}}{k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}}} \quad (9)$$

Бұл теңдеуден жылытылатын бөлменің беріліс функциясын алуға болады:

$$W(p) = \frac{Q}{k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}} * p + T_{\text{пм}} * p + 1} \quad (10)$$

Осының негізінде келесі тұжырымдарды келтіруге болады: бөлмелерді жылыту және салқындату бөлмеге берілетін жылу мөлшеріне ғана байланысты емес.

Бұл процестер сонымен қатар бөліктің массасына байланысты. Массасы мен жылу сыйымдылығы неғұрлым көп болса және оның ішкі және сыртқы қоршау құрылымдарының жылу өткізгіштігі неғұрлым төмен болса, ғимараттардың $t_{\text{рп}}$ уақыт константасы соғұрлым үлкен болады. Яғни, бөлмедегі температура неғұрлым төмен болса, жылу соғұрлым төмен болады, сыртқы ауа температурасы соғұрлым жоғары болады [8].

Жоғарыда айтылғандардан құрылымдық схеманы құру үшін қажетті теңдеулерді бөліп көрсетуге болады [9]:

$$\begin{cases} \frac{Q}{k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}}} + t_{\text{н}} = T_{\text{пм}} \frac{dt}{d\tau} + t_{\text{ауа}} \\ T_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}} * c_{\text{пм}}}{k_{\text{ок}} * F_{\text{ок}}} \end{cases} \quad (11)$$

Біз жылытылатын бөлменің параметрлерін есептейміз [10].

Бөлменің көлемі:

$$V_{\text{пм}} = 2.5 * 3 * 3.5 = 26.25 \text{ м}^3.$$

Бөлменің массасы:

$$G_{\text{пм}} = V_{\text{пм}} * \rho_{\text{в}} = 26.25 * 1.29 = 33.86 \text{ кг}.$$

Қоршау құрылымының ауданы:

$$F_{\text{ок}} = 3.75 * 2 = 7.5 \text{ м}^2.$$

Көп қабатты қоршау үшін жылу беру кедергісінің шамасы:

$$R_{OK} = R_B + R_1 + R_2 + R_H = 0.133 + \frac{0.015}{0.6} + \frac{0.64}{0.7} + 0.005 = 1.12 \text{ м}^2 \cdot \text{сағ} \cdot \text{°C}/\text{кал}.$$

Қоршаудың жылу беру коэффициенті:

$$k_{OK} = \frac{1}{R_{OK}} = \frac{1}{1.12} = 0.89 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{сағ}} \text{град.}$$

1 кал = 4.19 кДж

$$\text{онда } k_{OK} = \frac{0.89 \cdot 10^3 \cdot 4.19}{1} = 3.72 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{сағ}} \text{град}$$

Жылытылатын бөлменің уақыт константасы:

$$T_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{пм}} \cdot C_{\text{пм}}}{k_{OK} \cdot F_{OK}} = \frac{33.86 \cdot 1.005 \cdot 10^3}{3.72 \cdot 10^3 \cdot 7.5} = 1.2 \text{ сағ.}$$

Енді жылу құрылғысынан бөлмеге түсетін жылу энергиясын анықтау керек. Құрылғыдағы судың орташа температурасы:

$$t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{кіріс}} + t_{\text{шығыс}}}{2} = \frac{70 + 60}{2} = 65 \text{°C}.$$

Радиатордың жылу беру коэффициенті elsotherm al 500/85 судың орташа температурасы мен бөлме температурасы арасындағы айырмашылық кезінде 26,4 кДж /сағ*м² град. [11].

Жылыту аспабының бетінің ауданы:

$$F_{\text{пр}} = 5 \cdot 0.254 = 1.27 \text{ м}^2.$$

Жылыту құрылғысының жылу беруі:

$$Q = k_{\text{пр}} \cdot F_{\text{р}} \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{ауа}}) = 26.14 \cdot 10^3 \cdot 1.27 \cdot 45 = 1493.9 \text{ кДж.}$$

Жылыту жүйесінің радиаторын басқару объектісі ретінде математикалық модельдеу.

Жұмыстағы модель А. Масляницын және т.б. [12] әдісі бойынша жасалған.

Жылу тасымалдағыш (су) радиаторға түседі, оның температурасы T_1 және G_1 массалық шығыны бар [12].

Қозғалыс процесінде жылытқыш радиатордың ішкі бетін T_p температурасымен жуады және конвективті жылу алмасу арқылы оны қыздырады, энергиясының бір бөлігін береді. Бұл жылытқыштың салқындауына әкеледі, ол радиатордан шыққан кезде T_{2m} температураға ие, жылытқыштың радиаторға берген энергия мөлшері:

$$\Delta Q_m = G_1 \cdot G_m \cdot (T_{1m} - T_{2m}). \quad (12)$$

ΔQ_m энергиясы радиатордың бетімен конвективті жылу алмасуға және оның ішкі энергиясын өзгертуге жұмсалады:

$$\Delta Q_m = (T_{m.c.p} - T_{p.c.p}) \cdot \alpha_1 \cdot F_{1p} + C_m \cdot m_m \frac{dT_{m.c.p}}{dt}. \quad (13)$$

$T_{m.c.p}$ және $T_{p.c.p}$ - жылу тасымалдағыштың және радиатор қабырғасының орташа температурасы, α_1 және F_{1p} - жылу беру коэффициенті және радиатордың ішкі бетінің ауданы.

Радиатордың сыртқы беті бөлменің ауасымен қатынасады, сондықтан конвективті жылу алмасу арқылы энергия радиатордан ауаға беріледі:

$$(T_{m.cp} - T_{p.cp}) * \alpha_1 * F_{1p} - Q_{on} = C_p * m_p \frac{dT_{p.cp}}{dt} \quad (14)$$

$$Q_{on} = (T_{p.cp} - T_B) * \alpha_2 * F_{2p}, \quad (15)$$

мұндағы α_2 және F_{2p} - жылу беру коэффициенті және радиатордың сыртқы бетінің ауданы; Q_{on} - жылыту құрылғысының жылу ағыны.

Орташа биіктіктегі радиатор температурасын радиатордың кірісі мен шығысындағы жылытқыш температурасының арифметикалық орташа мәні ретінде есептеуге болады.

$$T_{m.cp} = \frac{T_{1m} + T_{2m}}{2}. \quad (16)$$

(16) өрнегін (12) ауыстырайық, нәтижесінде аламыз:

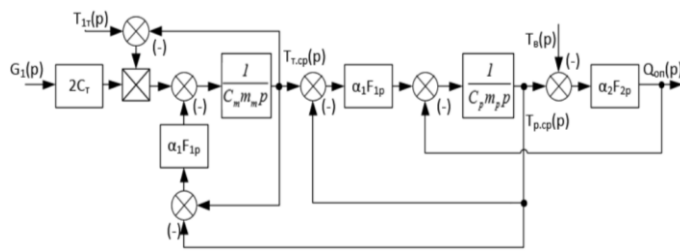
$$\Delta Q_m = 2 * G_1 * G_m * (T_{1m} - T_{m.cp}). \quad (17)$$

(13)–(15) және (17) өрнектерін оператор түрінде көрсетіп, олар жалпы жүйеге келтірілді:

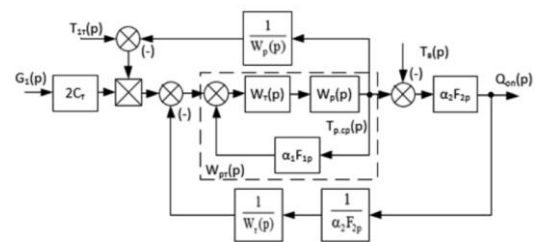
$$\begin{cases} 2G_1(p) * C_m * (T_{1m} - T_{m.cp}(p)) - (T_{m.cp}(p) - T_{p.cp}(p)) * \alpha_1 * F_{1p} = C_m * m_m * p * T_{m.cp}(p) \\ (T_{m.cp}(p) - T_{p.cp}(p)) * \alpha_1 * F_{1p} - Q_{on}(p) = C_p * m_p * p * T_{p.cp}(p) \\ Q_{on}(p) = (T_{p.cp}(p) - T_B) * \alpha_2 * F_{2p}. \end{cases} \quad (18)$$

(18) теңдеулер жүйесі негізінде жылу радиаторының математикалық моделінің құрылымдық схемасы жасалды (сурет. 1).

Құрылымдық схеманы жинақтау және неғұрлым жинақы математикалық модель алу мақсатында құрылымдық түрлендірулер жүргізілді, олардың нәтижелері 2-суретте көрсетілген.



1 сурет - Радиатор жылыту моделінің құрылымдық схемасы



2 сурет - Модельдің құрылымдық түрлендірулері

Нәтижесінде келесідей беріліс функциялары алынады:

$$W_m(p) = \frac{K_m}{\tau_m p + 1}, \quad (19)$$

$$W_p(p) = \frac{1}{\tau_p p + 1}, \quad (20)$$

$$W_{pm}(p) = \frac{K_m}{(\tau_{pm} p + 1)p}. \quad (21)$$

Көбінесе үй-жайлардың жылу режимін реттеу жылумен жабдықтау жүйесін басқару деңгейлерінің бірінде жылытқыштың температурасын өзгерту арқылы жүзеге

асырылады. Сондықтан біз жүйенің бірінші теңдеуін (18) шартты ескере отырып түрлендіреміз $G_1(p) = G_{10} = const$.

$$2G_{10} * C_m * (T_{1m} - T_{m.c.p}(p)) - (T_{m.c.p}(p) - T_{p.c.p}(p)) * \alpha_3 * F_{1p} = C_m * m_m * p * T_{m.c.p}(p). \quad (22)$$

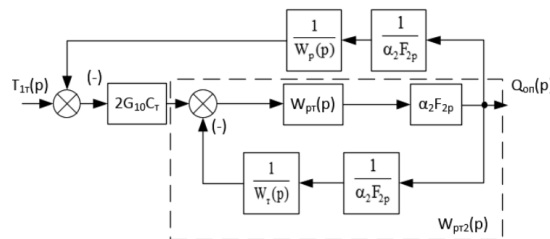
Теңдеу (22) сызықтық болып табылады, ол жүйенің екінші және үшінші теңдеулерімен бірге жылу радиаторының беріліс функциясын келесі түрде алуға мүмкіндік береді:

$$W_{p.o}(p) = \frac{Q_{on}(p)}{T_{1m}(p)}. \quad (23)$$

Қабылданған болжамдарды ескере отырып, жылу радиаторының сызықтық математикалық моделінің құрылымдық схемасы жасалды (сурет 3).

Алынған құрылымдық схема жинақталды және жылу радиаторының беріліс функциясы алынды [12].

$$W_{p.m.2}(p) = \frac{K_{p.m.2}}{\tau_m \tau_p p^2 + (2\tau_m + \tau_p)p + 1} \quad (24)$$



3 сурет – Сызықтық модельдің құрылымдық схемасы

3 суреттегі құрылымдық схеманы Matlab бағдарламалық ортасында құрылды.

$$2G_{10}C_T = 2 * 0.25 * 4.2 * 10^3 = 2.1 * 10^3.$$

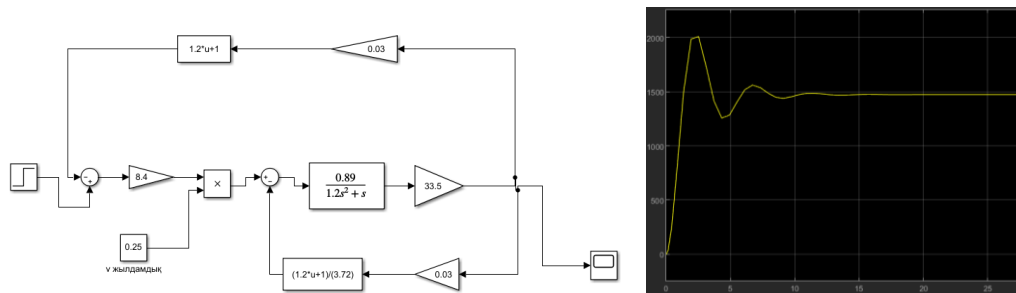
$$W_{p.m}(p) = \frac{K_{p.m}}{(\tau_{p.m}p + 1)p} = \frac{0.89}{(1.2p + 1)p}.$$

$$\alpha_2 * F_{2p} = 26.4 * 10^3 * 1.27 = 33.5.$$

$$W_T(p) = \frac{K_m}{\tau_m p + 1} = \frac{3.72 * 10^3}{1.2p + 1}.$$

$$\frac{1}{\alpha_2 * F_{2p}} = \frac{1}{33.5} = 0.03.$$

Matlab ортасында модельдеу нәтижесінде алынған сұлба мен графигі:

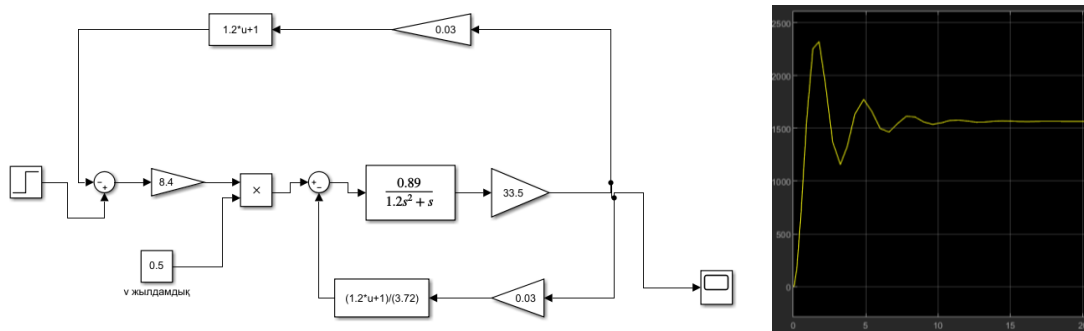


4 сурет – $G_{10}=0.25$ л/с болған кезде модельдеудің құрылымдық сұлбасы мен нәтижесі

Нәтижесінде $G_{10}=0.25$ л/с болған кезде, 1 бөлімдегі математикалық есептеу жолымен алынған жылыту құрылғысының жылу беруі мен математикалық модельдеу жолымен алынған жылу беру мөлшері тең болды:

$$Q = k_{пр} * F_p * (t_{пр} - t_{ауа}) = 26.14 * 10^3 * 1.27 * 45 = 1493.9 \text{кДж.}$$

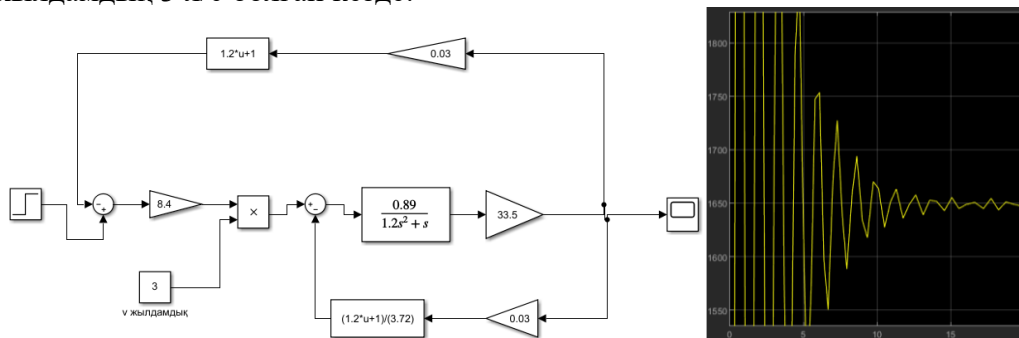
Нәтижесінде бұл жиналған сұлбаның дұрыстығын растайды.
 Жылдамдық 0.5 л/с болған кезде:



5 сурет – $G_{10}=0.5$ л/с болған кезде модельдеудің құрылымдық сұлбасы мен нәтижесі

Нәтижесінде $G_{10}=0.5$ л/с болған кезде, радиатордан шығатын жылу мөлшері $Q=1564.5$ кДж.

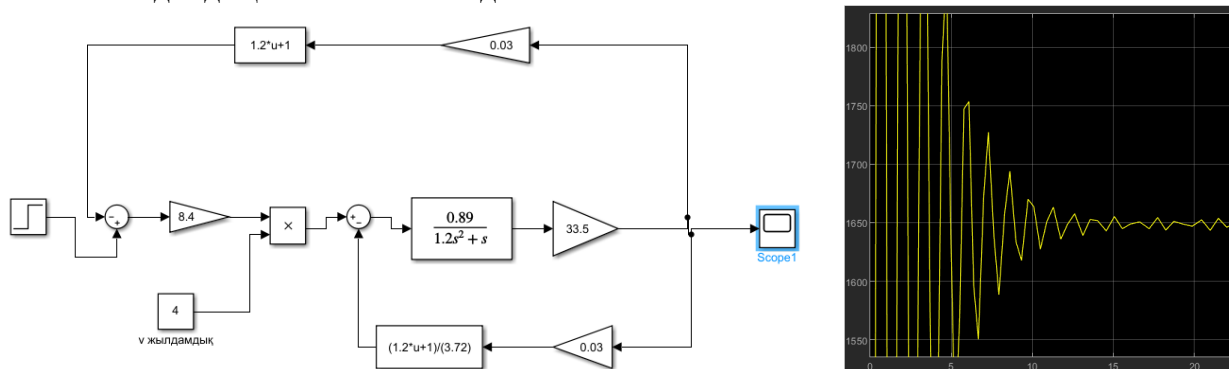
Жылдамдық 3 л/с болған кезде:



6 сурет – $G_{10}=3$ л/с болған кезде Matlab ортасында модельдеудің құрылымдық сұлбасы мен нәтижесі

Нәтижесінде $G_{10}=3$ л/с болған кезде жүйе біркелкі емес.

Жылдамдық 4 л/с болған кезде:



7 сурет – $G_{10}=4$ л/с болған кезде Matlab ортасында модельдеудің құрылымдық сұлбасы мен нәтижесі

Нәтижесінде $G_{10}=4$ л/с болған кезде жүйе біркелкі емес.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жылыту радиаторының динамикасын 2-ші ретті жүйе арқылы сипаттауға болады. Сонымен қатар, беріліс функциясының бөлгіш коэффициенттері G_{10} жылытқыш ағынының мөлшеріне кері пропорционалды түрде тәуелді екендігі көрсетілген. Жылыту радиаторларын жеке реттеу кезінде жылытқыштың шығынын шектейтін клапандардың көмегімен жүзеге асырылатын сандық реттеу принципі қолданылады. Теңдеуге сәйкес, G_{10} ағынының төмендеуі жылу радиаторының жылу инерциясының жоғарылауына әкеледі деп айтуға болады.

Жылу инерциясы белгілі бір уақыт ішінде температураның өзгеруіне қарсы тұру қабілетін сипаттайды.

Қорытынды.

Жылу алмастырғыштың математикалық моделін әзірлеу бойынша зерттеу жылу жүйелерінің тиімділігін арттыру мақсатында жүргізілді. Зерттеу барысында жылу алмасу процесіне әсер ететін факторлар талданды және осы факторларды ескеретін математикалық модель жасалды. Модельдің дәлдігін тексеру үшін эксперименттер де жүргізілді. Зерттеу нәтижелерін жылу алмастырғыштардың жұмысын оңтайландыру және жылу жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.

Сонымен қатар, жылу энергиясын тиімдірек пайдалануға және жылыту шығындарын азайтуға мүмкіндік беретін жылыту жүйелерін басқару және басқару жүйелерін әзірлеу бойынша зерттеулер жүргізілді. Зерттеу барысында сыртқы және ішкі ауа температурасы, ауа райы жағдайлары және т. б. сияқты әртүрлі факторларды ескеретін жаңа басқару алгоритмдері жасалды.

Жалпы алғанда, жүргізілген зерттеулердің нәтижелері жылу жүйелерінің тиімділігі мен үнемділігін жақсарту және олардың экологиялық қауіпсіздігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] А. Балашов. Теплообмен и гидравлическое сопротивление матричного теплообменника / Александр Балашов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 132 с.

[2] Владимир, Ежов и Наталья Семичева Коррозионностойкие теплообменники для энергосберегающих технологий / Владимир Ежов und Наталья Семичева. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 136 с.

[3] Бурков, В. В. Автотракторные радиаторы. Справочное пособие//В.В. Бурков, А.И. Индейкин. - М.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 2018. - 11 с.

[4] Рассел, Джесси Радиатор отопления//Джесси Рассел. - М.: VSD, 2021. - 13 с.

[5] Войтинская Ю.А. Моделирование управления режимами тепловых сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 224 С.

[6] В. В. Белоусов, Ф. С. Михайлов. Основы проектирования систем центрального отопления.-М., 2013. -402 С.

[7] Г. А. Максимов. Отопление и вентиляция. Отопление. – М.: Высшая школа, 2014.-352 С.

[8] В.Н. Ханнанова, Математическая модель системы регулирования температуры внутри помещения // Вестник Казан.технолог., ун-та., - Казань №16. -2013 С. 45-50.

[9] В. П. Туркин. Отопление гражданских зданий. - Челябинск: ЮжноУрал. кн. изд-во, 1975.-320 С.

[10] Отопительный график качественного регулирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoworld.ru/blog/otopitelnyj-grafikkachestvennogo-regulirovaniya-otpuska-tepla-po-srednesutochnoj-temperaturenaruzhnogo-vozduxa/>, свободный (20.04.2023).

[11] Еренчинов К.К. Джанарстанов Е.Т Исследование и разработка автоматизированного теплового пункта// НАО «АУЭС». Сборник научных трудов энергетика, радиотехника, электроника и связь. – Алматы, 2018. – С.

[12] А. П. Масляницын, Е. В. Масляницына, М. С. Краснова. Математическое моделирование радиатора системы отопления как объекта управления/ Градостроительство и архитектура. – 2021, Т. 11, № 3 – С. 38-43

REFERENCES*

[1] А. Balashov. Teploobmen i gidravlichesкое soprotivlenie matrichnogo teploobmennika / Aleksandr Balashov. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 132 с.

[2] Vladimir, Ezhov i Natal'ja Semicheva Korrozionnostojkie teploobmenniki dlja jenergosberegajushih tehnologij / Vladimir Ezhov und Natal'ja Semicheva. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 136 с.

[3] Burkov, V. V. Avtotraktornye radiatory. Spravochnoe posobie//V.V. Burkov, A.I. Indejkin. - М.: Mashinostroenie. Leningradskoe otdelenie, 2018. - 11 с.

[4] Rassel, Dzhessi Radiator otoplenija/Dzhessi Rassel. - М.: VSD, 2021. - 13 с.

[5] Vojtinskaja Ju.A. Modelirovanie upravlenija rezhimami teplovyh setej. – М.: Jenergoatomizdat, 1995. – 224 S.

[6] V. V. Belousov, F. S. Mihajlov. Osnovy proektirovanija sistem central'nogo otoplenija.-М., 2013. -402 S.

[7] G. A. Maksimov. Otoplenie i ventiljacija. Otoplenie. – М.: Vysshaja shkola, 2014.- 352 S.

[8] V.N. Hannanova, Matematicheskaja model' sistemy regulirovanija temperatury vnutri pomeshhenija // Vestnik Kazan.tehnolog., un-ta., - Kazan' №16. -2013 S. 45-50.

[9] V. P. Turkin. Otoplenie grazhdanskih zdaniij. - Cheljabinsk: JuzhnoUral. kn. izd-vo, 1975.-320 S.

[10] Otopitel'nyj grafik kachestvennogo regulirovanija [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://energoworld.ru/blog/otopitelnyj-grafikkachestvennogo-regulirovaniya-otpuska-tepla-po-srednesutochnoj-temperaturenaruzhnogo-vozduxa/>, svobodnyj (20.04.2023).

[11] Erenchinov K.K. Dzhanarstanov E.T Issledovanie i razrabotka avtomatizirovannogo teplovogo punkta// NAO «AUJeS». Sbornik nauchnyh trudov jenergetika, radiotehnika, jelektronika i svjaz'. – Алматы, 2018. – С.

[12] А. П. Masljanicyн, Е. В. Masljanicyна, М. S. Krasnova. Matematicheskoe modelirovanie radiatora sistemy otoplenija kak ob#ekta upravlenija/ Gradostroitel'stvo i arhitektura. – 2021, Т. 11, № 3 – S. 38-43

Gulmira Bazil, PhD, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, g.bazil@aes.kz

Anargul Yerbosynova, master, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, a.yerbosynova@stud.satbayev.university

Laulasyn Abzhanova, PhD, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, l.abzhanova@aes.kz

Shynar Adilova, master, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, sh.adilova@aes.kz

Gulmira Iskakova, master, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, g.iskakova@aes.kz

ABOUT ONE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING OF ROOM HEAT EXCHANGE PROCESS

Abstract. The research, modeling and creation of automatic control systems of heat exchange processes were considered in the work. The model of the room heating system was implemented in the Matlab programming environment. During modeling, the heat exchange coefficient and the fluid flow rate in the heat exchanger were taken as the main technological parameters. It is assumed that the obtained model will be used in the simulation of heat exchange processes using the data obtained in the «Modeling of heat exchange processes» laboratory stand.

Keywords. Heat exchange, heating system, mathematical modeling, control system.

Гульмира Базил, PhD, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, g.bazil@aes.kz

Анаркуль Ербосынова, магистр, Satbayev University, Алматы, Казахстан, a.yerbosynova@stud.satbayev.university

Лауласын Абжанова, PhD, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, l.abzhanova@aes.kz

Шынар Адилова, магистр, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, sh.adilova@aes.kz

Гульмира Искакова, магистр, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, g.iskakova@aes.kz

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА ПОМЕЩЕНИЯ

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы исследования, моделирования и создания систем автоматического управления теплообменными процессами. Модель системы отопления помещения была реализована в среде программирования Matlab. При моделировании в качестве основных технологических параметров принимались коэффициент теплообмена и расход жидкости в теплообменнике. Предполагается, что полученная модель будет использоваться при моделировании процессов теплообмена с использованием данных, полученных на лабораторном стенде «Моделирование процессов теплообмена».

Ключевые слова: теплообмен, система отопления, математическое моделирование, система управления
