

**Ж.Ж. Ермекбаева, А.Н. Омаров, К.С. Кулниязова, А.Ш. Төлеу**

*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан  
(E-mail: erjanar@mail.ru)*

**Жылыту жүйесінің геотермалдық әдісі негізінде автоматтандырылған басқару жүйесін сипаттау**

**Аннотация:** Қазіргі таңдағы жылу жүйелерінің алуан түрлілігі тұтынушылардың қажеттіліктерін қанағаттандырады. Осы тұрғыдан алып қарағанда тұтынушылардың таңдауы жылыту аумағының көлемі, орналасқан жерінің климаттық жағдайы және тағы басқа көптеген жағдайларға байланысты. Зерттеу аумағы ерекше конструкторлық шешімдерді іске асырудың практикалық негізін және қызметін қарастырады.

Берілген жұмыс геотермалдық жылыту жүйесінің ерекшеліктерін және оны автоматтандыру тапсырмасының ерекшеліктерін қарастыруға арналған. Осы жүйені қолдана отырып, жылу жүйесінің әмбебап және жоғары тиімді құралы ретінде практикалық қолдану тұрмыстың барлық салаларында кең көлемде қолданылу уақыт еншісінде. Аталған бағыттағы зерттеулер негізінде, жылытудың геотермалдық әдісін, нейрондық желіні қолдану арқылы жаңа белеске шығару заман талабы.

Теориялық зерттеулердің негізінде алынған нәтижелер сипатталды және ұсынылды. Қарапайым тұрғын үйді геотермалдық жылытудың моделі қарастырылып, автоматтандырылған басқару жүйесінің, нейрондық желіні қолдану негізінде, инженерлі техникалық тапсырма деңгейінде конструкторлық шешімдері ұсынылды.

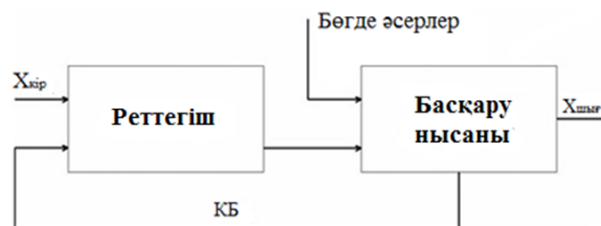
**Түйін сөздер:** жылыту жүйесі, жылу контуры, радиатор, су ағыны, геотермалдық энергия, регулятор, нейрондық желі.

**Кіріспе.** Геотермалдық энергетика — энергияны Жердің ішкі жылуынан алу. Геотермалды энергетика табиғи және жасанды болып бөлінеді. Алғашқысы табиғи жылы көздерден алынса, екіншісі жер қабатына суды және басқа сұйықсұйықтарды және газ тәрізді заттарды айдап сіңіруден алынады. Геотермалды энергетика тұрмыстық қажетте және жылыту қондырғыларында кең қолданылады. Геотермалдық энергетиканың басымдылығы қоршаған орта үшін оның толық қауіпсіздігі болып табылады. Жоғары температуралы геотермалдық көздерден 1 кВт электр энергиясын өндіру кезінде бөлінетін CO<sub>2</sub> саны 13-тен 380 г-ға дейін құрайды (мысалы, көмір үшін ол 1 кВт сағ. 1042 г. тең).

*Геотермалды жылу жүйесінің жылыту контурын автоматтандыру нысаны ретінде қарастыру*

Геотермалды жылу жүйесінің жылыту контурларын автоматтандыру көп қабатты ғимараттарды жылумен қамтамасыз етуде басты шешім болып саналады. Себебі, жылу пунктiнен шыққан температура басқарудың түпті нәтижесі [1].

Автоматты басқару сұлбаларын жасауда автоматтандыру құралдарын тиімді таңдау, бірінші кезекте, басқарудың параметрлерін дұрыс анықтау болып табылады. Бұл үшін жүйенің жылыту контурын басқару объектісі ретінде қарастырамыз (Сурет 1).



СУРЕТ 1 – Автоматты басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

мұндағы

$X_{kip}$  – жылу пунктiнен келген жылу шамасы;

$X_{шығ}$  – бөлмені жылытуға қажетті жылу шамасы;  
 Басқару объектісі – радиаторлар немесе басқа да жылыту құралдары;  
 Бөгде әсерлер – басқару объектісінің күйіне әсер ететін қоршаған ортаның параметрлері (мысалы, қысым, құбырлардың жылу сыйымдылығы, бөлме температуасы және т.б.);  
 КБ – жүйенің нәтижесін басқаратын кері байланыс.  
 Автоматты басқару жүйесін құру үшін келесі мәселелерді шешу керек:  
 – жылыту контурындағы жылу тасығыштың температуасын берілген деңгейде тұрақтандыру. Тұрақтандыру басқару жетегін ашып/жабатын басқару клапаны арқылы жүйеге асады;  
 – жылу контурындағы температураны оптималды мәніне дейін реттеу үшін контроллерге талдау жұмыстарын жүргізу.

Жылу жүйесінің қуатын есептеу үшін сыртқы ортаның температура мөлшерінің шығынын өтеуге кететін жылу мөлшері алынады. Сыртқы ортаның температуасы ғимараттың жылу жүйесіне қанша мөлшерде жылу қажет екенін анықтайтын басты фактор болып саналады. Сыртқы ортаның жылуына байланысты бөлмеге қанша мөлшерде жылу берілетінін анықтайтын формула (1) төменде берілген [2]:

$$Q_0 = q_0 * V * (t_{\text{іш}} - t_{\text{сырт}}) \quad (1)$$

мұндағы

- $q_0$  – ғимараттың жылу жоғалту коэффициенті,  $\text{Дж}/^3 * ^\circ\text{C}$ ;
- $V$  – сыртқы өлшемдер бойынша алынған ғимараттың көлемі, м;
- $t_{\text{іш}}$  – ғимараттың ішіндегі ауаның нақты температуасы,  $^\circ\text{C}$ ;
- $t_{\text{сырт}}$  – сыртқы ауаның температуасы,  $^\circ\text{C}$ .

Жылу бөлігіндегі басқаруды автоматтандырудың ең басты мақсаты бөлме ішіндегі температураны тұрақтандыру болып табылады. Егер ғимараттың барлық бөлігі бірдей жағдайларда қыздырылады және бірдей мөлшерде жылу жоғалтады деп есептесек, онда келесі математикалық моделді қарастыруға болады:

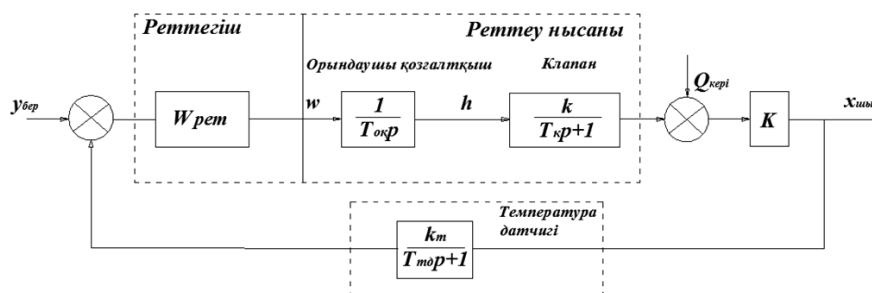
$$\tau \frac{dT_{\text{бөл}}}{dt} + (a + b) * T_{\text{бөл}} = \left( a \frac{T_{\text{бат}}}{T_{\text{сырт}}} + b \right) * T_{\text{сырт}} \quad (2)$$

мұндағы

- $a$  – жылу құрылғысының бөлме температуасына тиімділігін сипаттайтын коэффициент;
- $b$  – бөлменің жылу жоғалту мөлшерін сипаттайтын коэффициент;
- $T_{\text{бат}}$  – жылу батереясының температуасы;
- $T_{\text{сырт}}$  – сыртқы ауаның температуасы;
- $T_{\text{бөл}}$  – бөлменің ішіндегі ауаның температуасы;
- $\tau$  – бөлменің ішіндегі температураның салыстырмалы өзгеруінің тұрақты уақыты (инерция уақыты).

Геотермалды жылу контурының автоматты реттеу жүйесінің математикалық моделін құрастырамыз.

Температураны автоматты реттеу жүйесінің құрылымдық сұлбасы 2-суретте көрсетілген.



СУРЕТ 2 – Геотермалды жылу контурының құрылымдық сұлбасы

Көптеген эксперименттік және теориялық зерттеулер көрсеткендей радиаторға келетін ыстық су температурасының негізгі контурдың жылу жүйесінен тәуелді екенін анықтайтын басқару объектісінің беріліс функциясы келесі теңдікпен анықталады:

$$T_i = \frac{K}{(\tau s + 1)} Q_i(s) \quad (3)$$

мұндағы

$Q_i$  – радиаторға берілетін жылу мөлшері;

$K$  – жылытудың тиімділік коэффициенті.

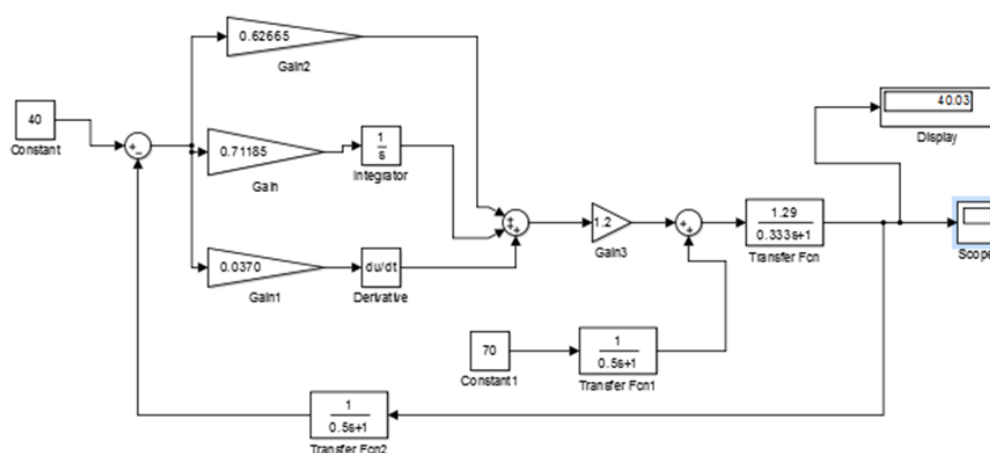
**Тапсырма қойылымы.** Геотермалды жылыту тізбектерінің автоматты басқару жүйесін моделдеу және ТП АБЖ жобалау

Жылу пунктін автоматтандыру жүйесінде қоршаған ортаның температурасына сәйкес жылыту жүйесіне берілетін температураның шамасын реттеу басты мәселе болып табылады. Негізгі реттелетін шама - геотермалды жылыту тізбегінен шығатын судың температурасы. Температураны берілген шамада ұстап тұру реттеу жүйесінің басты тапсырмасы болып табылады [3][4].

Жылу таратушының температурасын реттеу жүйесі сыртқы ортаның температурасына байланысты жүйе температурасының ауытқуын реттеумен қатар жылыту жүйесінің гидравликалық балансын сақтайды.

Жылыту тізбектерінің температурасын реттеудің (ПИД-регулятор арқылы) автоматты басқару жүйесін моделдеу

Жылумен қамтамасыз ету процестері параметрлерінің автоматты басқару жүйесін зерттеу үшін Simulink (MATLAB) бағдарламасында моделдеу жүргіземіз. Осыған сәйкес, жылыту тізбегіндегі температураның АБЖ-нің келесі моделін аламыз (3-сурет):



СУРЕТ 3 – Жүйені ПИД регулятор арқылы реттеудің құрылымдық сұлбасы

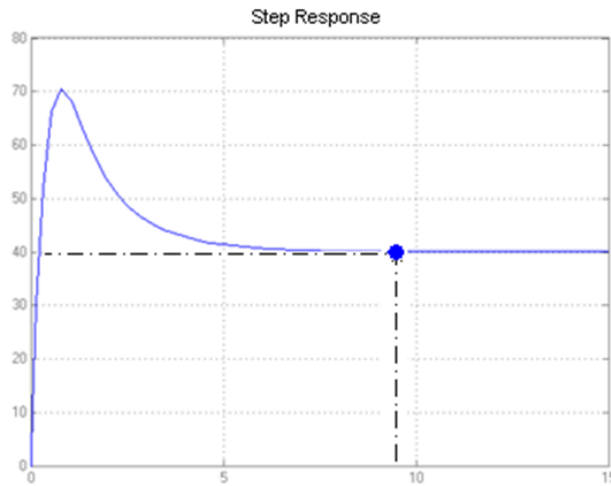
Жылу тасымалдағыштың берілген мәні 40 °С бойынша ПИД контроллердің басқарушы сигналы нәтижесінде АБЖ-нің шығысындағы температураның мәні 40,03 °С болды. Моделдеудің нәтижесінде жылу тізбегіндегі температураның өзгеріс графигі алынды (Сурет 4).

Зерттелініп отырған жүйенің сапа көрсеткіштері:

- реттеу уақыты:  $t_p = 9.85$  с;
- шығыс шамасының орнатылған мәні:  $y_{op} = 40.03$ ;
- реттеу қателігі:  $\varepsilon = 40.03 - 40 = 0.03$ ;
- қайта реттеу мәні:  $\sigma = 7,5\%$ ;

Қайта реттеу мәні  $\sigma$  – дәреже көрсеткіші арқылы берілетін басқарылатын шаманың берілген шамадан максималды ауытқуы, – өтпелі процесстің тербелісін сипаттайды:

$$\sigma = \frac{y_{max} - y_{op}}{y_{op}} * 100\% \quad (4)$$



Сурет 4 – ПИД регулятор арқылы АБЖ-нің шығысындағы температураның графигі

мұндағы

$U_{max}$  – шығыс сигналының максималды мәні;

$U_{op}$  – шығыс сигналының орнатылған мәні.

*Температураны тұрақтандыруға арналған ПИД-регуляторды синтездеуде нейрондық желіні пайдалану*

Осы модеудеу бөлімінің мақсаты: температураны тұрақтандыру клапандарын басқаратын ПИД-регуляторының параметрлерін баптауға арналған жасанды нейронды желі құру және зерттеу.

Нейронды желінің құрылымдық сұлбасын жасау үшін келесі әрекеттерді орындау қажет: берілген нысан мен регулятор үшін әрбір қабаттың нейрондарының санын және әрбір қабартың оңтайлы активация функциясын анықтау қажет.

*Нейрондық желіні ПИД-регуляторды синтездеуде пайдалану*

Нейрондық желі регулятордың құрылымдық және параметрлік синтезінде екі жағдайда қолданылады:

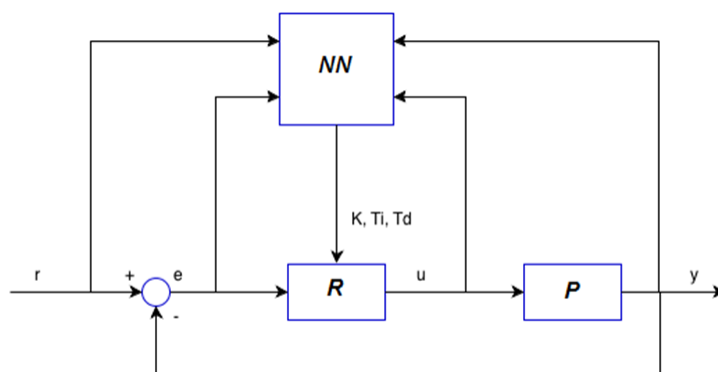
- өзі регулятор ретінде;
- регулятордың коэффициенттерін баптау блоктарын тұрғызу үшін.

Нейрондық желінің басты қасиетіне оның үйренуге қабілеттілігі жатады. Осы қасиетінің арқасында нейрондық жүйеге сарапшы тәжірибесін беруге болады. Регулятордың коэффициенттерін баптауға үйретілген нейрондық желі үшін ешқандай ереже берудің қажеті жоқ. Ол үшін сарапшы үйрету процесінде регуляторға бірнеше рет баптау жүргізсе жеткілікті [5].

Үлкен мөлшердегі баптаушы коэффициенттері мен нейронның активация функциясының арқысында нейрондық желі көптеген кіріс сигналдарын көптеген шығыс сигналдарына түрлендіре алады. ПИД-регулятор мен нейрондық желінің коэффициенттердің өздігінен баптау блогы ретіндегі автоматты реттеу жүйесінің құрылысы 5-суретте көрсетілген.

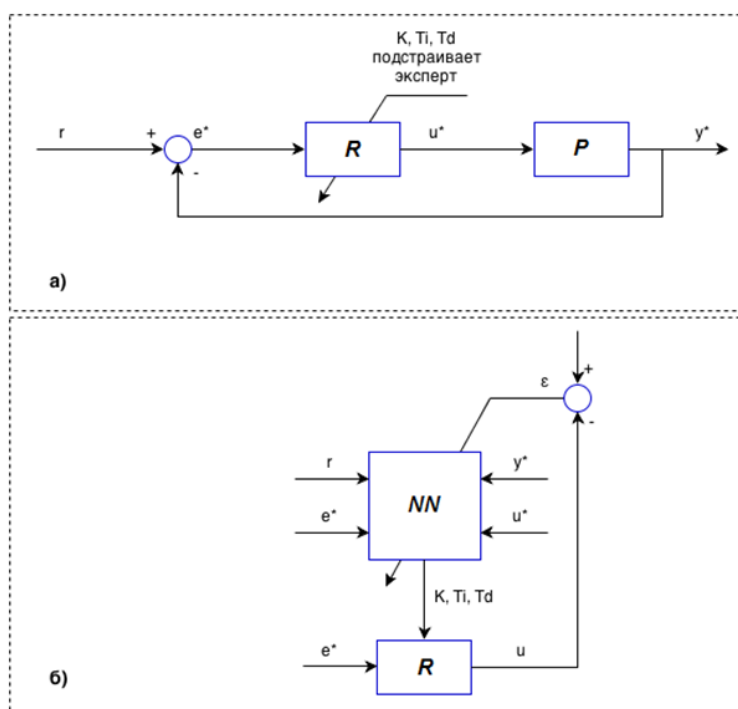
5 - суреттен көрініп тұрғандай нейрондық желі NN әрбір  $r, e, u, y$  сигналдары үшін ПИД-регулятордың коэффициенттерін ( $K_p, K_i, K_d, K_f$ ) таңдайтын функционалды түрлендіргіш ретінде қызмет атқарады.

Нейрондық желі арқылы регуляторды баптаудың маңызды бөлігі – үйрету тәртібі болып табылады. Нейронды желіні үйрету процесі үшін әдетте нейронның параметрлеріне тәуелді болатын  $\varepsilon = (u^* - u)^2$  функциясының минимум өлшемін іздейтін градиенттік алгоритмдері қолданылады. Іздеу нәтижесі қадаммен жүзеге асады: әрбір итерацияда желінің барлық коэффициенттері анықталады, алдымен, нейронның шығыс қабаты үшін, одан кейін келесі қабат осылайша бірінші қабатқа дейін жетеді (қателерді кері түрлендіру әдісі). Нейрондық желіні үйрету процесі 6-суретте көрсетілген. Автоматты басқарудың тұйық жүйесінде сарапшы әр түрлі кіріс  $r$  мәніне сәйкес  $K_p, K_i, K_d$  мәндерін беру қажет. Сарапшымен



СУРЕТ 5 – Нейрондық желі NN негізіндегі ПИД-регулятордың құрылымы

реттелген жүйе 6-суретте (а) көрсетілген. Кіріс мәндерінің шамасы жадыда сақталады да кейін ПИД-регуляторға қосылған (сурет 6 (б)) нейрондық желіге беріледі [6].



СУРЕТ 6 – Автобаптау блогындағы нейронды желені үйрету сұлбасы

а) сарапшының түзетулерімен басқару жүйесі; б) көрсетілген жүйеден алынған сигналдар көмегімен үйретілген нейронды желі

Нейрондық желіні сарапшының қатысумен алынған  $u^*$  сигналмен үйрену процесі кезінде алынған  $u$  сигналдардың айырымын  $\varepsilon = (u^* - u)^2$  минималдау арқылы баптау керек. Нейрондық желі үйретіліп болған соң нейрондық желінің параметрлері моделдеу бөліміне беріледі.

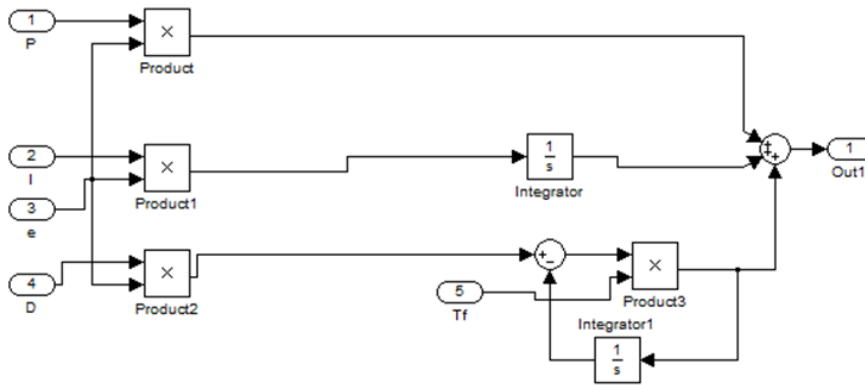
Нейрондық теорияларға сәйкес үйретілген нейрондық жүйе кірісіне үйрету кезіндегі параметрлер жиынына кірмеген сигналдарды беретін болсақ та ол сарапшы сияқты жұмыс арқаруы тиіс [7].

*Жылу тізбегінің температурасын тұрақтандыруға арналған нейрондық желіні үйрету және моделдеу*

Нейрондық желіні үйрету үшін ПИД-регулятордың параметрлерін келесі критериилер бойынша баптау қажет:

– өтпелі процесстің уақыты:  $T \leq 15c$ ;

- қайта реттеу шамасы:  $\sigma = 5\%$ .
- ПИД-регулятордың құрылысы келесі түрде (7-сурет) жиналады:

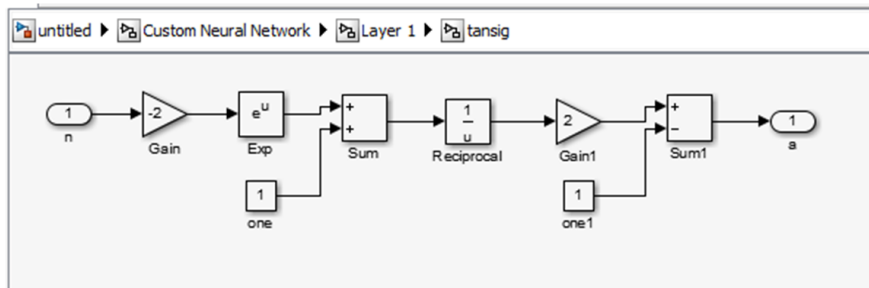


Сурет 7 – ПИД-регулятордың сұлбасы

$T_{\text{ш}}$  және  $T_{\text{сырт}}$  температураның 9 мәндерін біле отырып, pidtune функциясы арқылы регуляторды баптаймыз. Регулятордың коэффициенттері берілген шартты қанағаттандыратындай бапталуы тиіс.

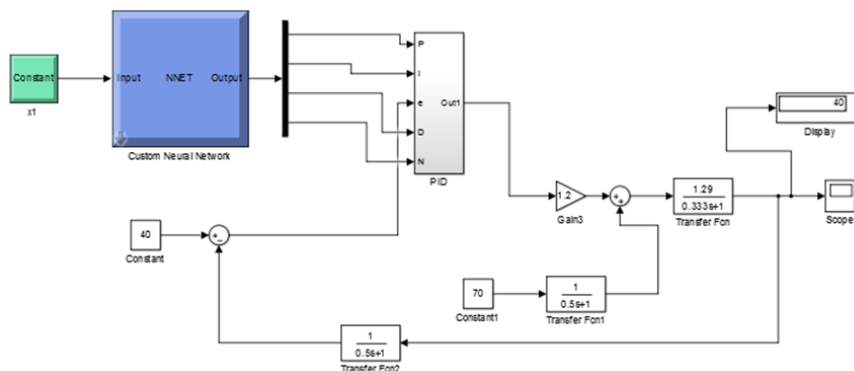
Ұсынылып отырған желі 2 қабаттан тұрады: бірінші қабатта 16 нейрон, ал шығыс қабатта 4 нейрон. Желіні үйрету Левенберг-Марквардтың қателіктің кері түрлендіру алгоритмі (trainlm) арқылы жүргізілді.

Нейронның активация функциясы - нейронның шығыс сигналдарын есептейтін функция. Функцияның кірісіне барлық сигналдармен және олардың салмақтарының қосындысы беріледі (Сурет 8).



Сурет 8 – Нейронның активация функциясы

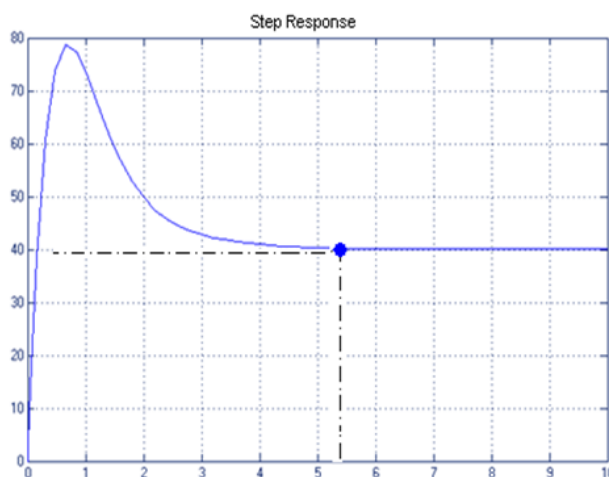
**Алынған нәтижелер.** Соңғы нәтижеде шыққын нейрондық желіні Simulink пакетіне импорттаймыз. Және келесі моделдеуді жүргіземіз (Сурет 8).



Сурет 9 – Нейрондық желі арқылы ПИД -регулятордың коэффициенттерін баптау моделі

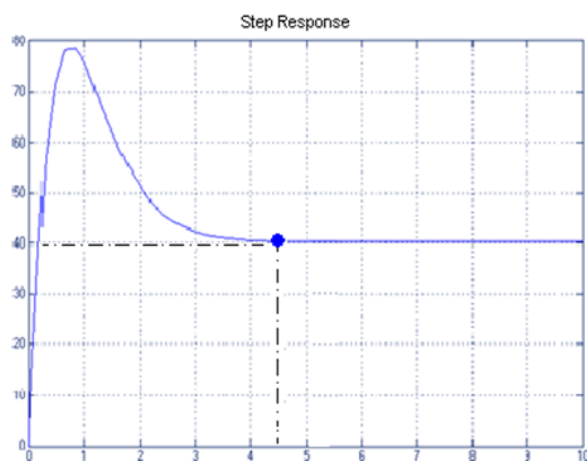
Келесі кезең – нейрондық желіні тестілеу кезеңі. Желіге анализ жасау үшін нейрондық желінің кірісіне  $T_{\text{іш}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  және  $T_{\text{сырт}} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$  мәндерін беріп, өтпелі процесін тұрғызамыз. Моделдеу уақыты [0 10] с аралығында өтеді.

Сонымен, нейрондық желі өтпелі процесстің уақыты 5,4 секунд, қайта реттеу 1,72% нәтижесін көрсетті (Сурет 10).



Сурет 10 – Өтпелі процессің 25/-40 °C параметріндегі графигі

Енді нейрондық желінің кірісіне белгісіз температураның мәндерін беріп зеттеу жүргіземіз (үйрету кезінде қолданбаған мәндерді беру арқылы).  $T_{\text{іш}} = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  және  $T_{\text{сырт}} = -50\text{ }^{\circ}\text{C}$  мәндерінің өтпелі процесінің графигі 38-суретте көрсетілген.



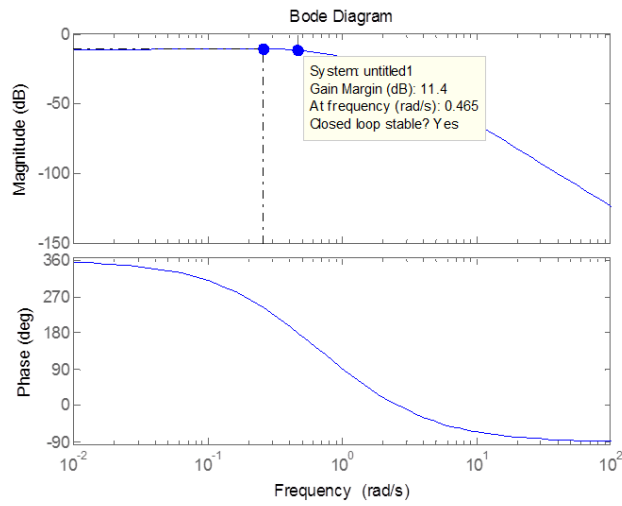
Сурет 11 – Өтпелі процессің 8/-50 °C параметріндегі графигі

Нәтижесінде, қайта реттеу – 2,87%, өтпелі процесс – 4,5 секундта тұрақталды. Осылайша, жасалған зерттеулер нәтижесінде келесі қортындыға келуге болады: табылған параметрлерінің арқасында (ПИД-регулятордың коэффициенттері) бұл нейрондық желі үйрету кезіндегі жиын құрамына кірмеген кіріс сигналдары үшін де жақсы нәтиже көрсете алады екен.

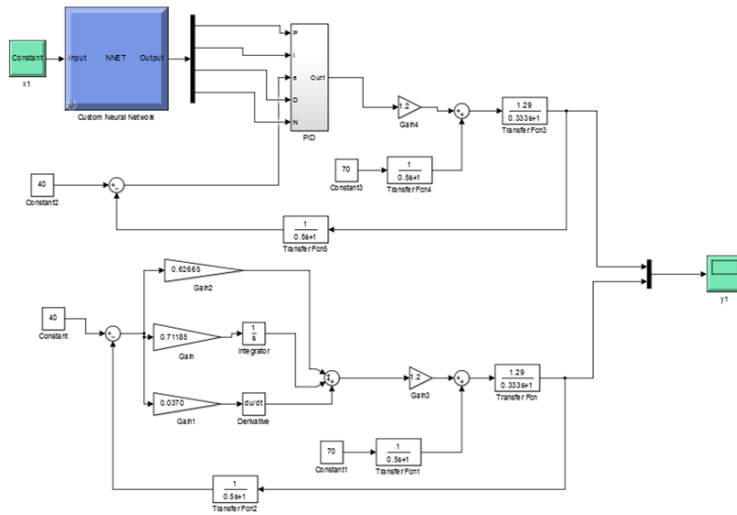
12 – суреттен көрініп тұрғандай фаза бойынша орнықтылық қоры  $\varphi = 125^{\circ}$ . Өтпелі процесің графигінен көрініп тұрғандай жүйе орнықты болып саналады.

*Моделдеуге салыстырмалы зерттеулер жүргізу*

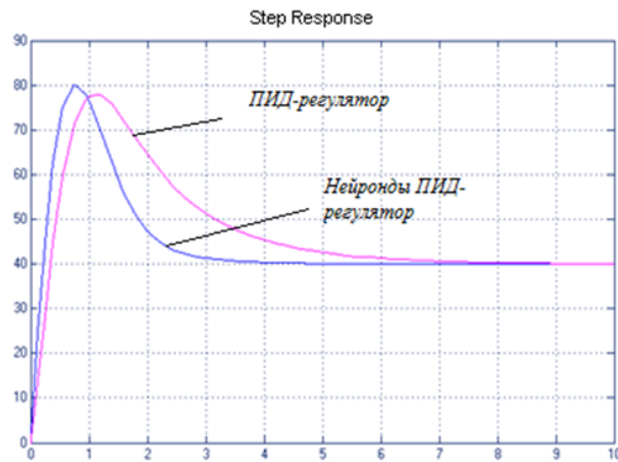
АБЖ-ның жылу тізбектеріндегі температураны тұрақтандыру үшін ПИД-регулятор және нейронды ПИД-регулятор арқылы моделдеу жүргізілді (Сурет 13).



Сурет 12 – Жүйенің амплитуда-жиілік сипаттамасының графигі



Сурет 13 – Бөлме температурасын тұрақтандырудың АБЖ моделі



Сурет 14 – Автоматты басқару жүйесінің температурасының өтпелі процесі



**Қорытынды.** Нейрондық желі негізінде жасалған зерттеулер, АБЖ моделдеуде жақсы нәтижелерге қол жеткіздік. Алайда, ПИД-регулятордың әрбір жүйе үшін коэффициенттерін баптау процесі ұзақ әрі күрделі мәселе болып табылады. Сондықтан, ПИД-регулятордың коэффициенттерін баптаудың тиімді және жаңашыл тәсілі нейрондық желіні үйрету жобасы жасалынды. Жасанды нейрондық желі өзінің үйрену қабілетінің арқасында АБЖ моделдеуде жақсы нәтижелер көрсетті. Яғни, ол қоршаған ортаның температурасының өзгерісіне қарай ПИД-регулятордың коэффициенттерін өзгертіп, реттеп отырады. Осылайша, жылу пунктін автоматтандыру жүйесінде қоршаған ортаның температурасына сәйкес жылыту жүйесіне берілетін температураның шамасын реттеудің моделі жобаланып, жақсы нәтижелер алынды.

## Әдебиеттер тізімі

- 1 Баева А.Г., Москвичёва В.Н. Геотермальная энергия. -М.:СО АН СССР, Институт теплофизики, 1979.-350 с.
- 2 Берман Э., Руденко О.Г. Геотермальная энергия: изд. -М.: Мир,- 1978. -416 с.
- 3 Дворов И.М. Геотермальное тепло Земли: изд. -М.: Наука,- 1972. -208 с.
- 4 Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. -М.: Высшая школа- 1982. – 511 с.
- 5 Мартыновский В.С. Тепловые насосы. -М.: Госэнергонздат, 1955. -192 с.
- 6 Руденко О.Г., Бодянский Е.В. Основы теории искусственных нейронных сетей. - Харьков: ТЕЛТЕХ, 2002. -317 с.
- 7 Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. -Харьков: Основа, 1997. -112 с.

**Ж.Ж. Ермекбаева, А.Н. Омаров, К.С. Кулнязова, А.Ш. Төлеу**

*Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан*

### Описание автоматизированной системы управления на основе геотермальных методов систем отопления

**Аннотация:** Современные системы отопления отвечают потребностям потребителей. С этой точки зрения выбор потребителей зависит от размера зоны нагрева, климатического местоположения участка и т. д. В исследовательской области рассматривается практическая основа и функционирование конкретных проектных решений.

Эта работа предназначена для решения особенностей геотермальной системы отопления и ее задачи автоматизации. Используя эту систему выявляем практическое применение в качестве универсального и высокоэффективного средства системы отопления широко используется во всех сферах жизни. Основываясь на исследовании в данном направлении, метод геотермического нагрева использования нейронной сети является современным требованием.

Получены результаты на основе теоретических исследований. Рассмотрена модель геотермального нагрева простого жилища и представлены проектные решения на инженерном уровне автоматизированной системы управления на основе нейронной сети.

**Ключевые слова:** система отопления, тепловой контур, радиатор, поток воды, геотермальная энергия, регулятор, нейронные сети.

**J.J. Yermekbaeva, A.N. Omarov, K.S. Kulnyazova, A.Sh. Toleu**

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

### Description of the automated control system based on geothermal methods of heating systems

**Abstract:** Modern heating systems meet the needs of consumers. From this point of view, the choice of consumers depends on the size of the heating zone, the climatic location of the site, etc. In the research area, the practical basis and functioning of specific design solutions are considered.

This work is designed to solve the peculiarities of the geothermal heating system and its automation tasks. Using this system to identify practical applications as a universal and highly effective means of heating system is widely used in all spheres of life. Based on research in this direction, the method of geothermal heating of the neural network is a modern requirement.

The results are obtained on the basis of theoretical studies. A model of geothermal heating of a simple dwelling is considered and design solutions are presented at the engineering level of an automated control system based on a neural network.

**Keywords:** heating system, heat circuit, radiator, water flow, geothermal energy, regulator, neural networks.

## References

- 1 Baeva A.G., Moskvichjova V.N. Geotepmal'naja jenepgija. [The geo-thermal power: the problems, pecuchs, use] (SO AN SSSP, Inctitut teplofiziki, Moscow 1979).
- 2 Bepman Je., Pudenko O.G. Geotepmal'naja jenepgija [The geo-thermal power] (mip.Moscow, 1978).
- 3 Dvopov I.M. Geotepmal'noe teplo Zemli [Geothermal heat Earth] (Nauka, Moscow 1972).
- 4 Maclov N.N. Ocnovy mexaniki gpuntov i inzhenejnoy geologii [The main sources of metals and engineering geology] (Vycshaja shkola, Moscow 1982).
- 5 Maptynovckij V.C. Teplovye nacocy [Heating pumps] (Gocjenepgonzdat, Moscow 1955).

- 6 Pudenko O.G., Bodjanckij E.V. Ocnovy teorii ickucctvennyx nejponnyx cetej [The main characteristics of the uninhabited neural networks] (Teletex, Хар'kov, 2002).
- 7 Voponovckij G.K., Maxotilo K.V., Petpashev C.N., Cepgeev SA. Geneticheskie algoritmy, ickucctvennye nejponnye ceti i pproblemy vidual'noj peal'nocti [Geneticheskie algoritmy, the completed neuronal ceti and the problems of virtual pealnosti] (Ocnova, Хар'kov, 1997).

**Сведения об авторах:**

*Ермекбаева Ж.Ж.* - PhD, жүйелік талдау және басқару кафедрасының доценті міндетін атқарушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Пушкин көш. 11, Астана, Қазақстан.

*Омаров А.Н.* - физика-математика ғылымдарының кандидаты, жүйелік талдау және басқару кафедрасының доценті міндетін атқарушы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Пушкин көш. 11, Астана, Қазақстан.

*Құлниязова К.С.* - жүйелік талдау және басқару кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Пушкин көш. 11, Астана, Қазақстан.

*Төлеу А.Ш.* - магистр, жүйелік талдау және басқару кафедрасының аға оқытушысы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Пушкин көш. 11, Астана, Қазақстан.

*Yermekbayeva J.J.* - PhD, Associate Professor of Department of system analyses and control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Pushkin str., Astana, Kazakhstan.

*Omarov A.N.*- candidate of physical and mathematical Sciences, acting associate Professor of the Department of system analysis and control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Pushkin str., Astana, Kazakhstan.

*Kulnyazova K.S.* - senior lecturer of the Department of system analysis and control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Pushkin str., Astana, Kazakhstan

*Toleu A.S.* - master, senior lecturer of the Department of system analysis and control, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Pushkin str., Astana, Kazakhstan.

*Редакцияға 28.03.2018 қабылданды*