

# Тұйықталған автоматты басқару жүйесіндегі су шығынын есепке алу және реттеу мәселесін зерттеу

<sup>1</sup>\*АСЕТ Асхат, докторант, аға оқытушы, aset.asxat@mail.ru,

<sup>1</sup>КОПЕСБАЕВА Акшолпан Ауельбековна, т.ғ.к., профессор, a.kopesbayeva@aues.kz,

<sup>2</sup>ЖМУДЬ Вадим Аркадьевич, т.ғ.д., профессор, oao\_nips@bk.ru,

<sup>1</sup>Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1,

<sup>2</sup>Ресей Ғылым академиясының Сібір бөлімшесінің лазерлік физика институты, Ресей, Новосібір, академик Лаврентьев даңғылы, 15Б,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Қазіргі мегаполистегі су ресурстарын есепке алу мен бөлуді автоматтандыру жүйесінің мәселелері қарастырылған. Мұндай автоматтандыру жүйелерінің құрылымын қолдану қарастырылады, автоматтандырудың қолданылатын аппараттық құралдарына талдау жүргізіледі. Тұйықталған автоматты басқару жүйесіндегі су шығынын есепке алу және реттеу мәселесі бөлек көрсетілген. Су ағынын реттеу нысанының үлгісі салынды. Шығындарды есепке алу және реттеу жүйесінің құрылымы ұсынылды, VisSim ортасында реттеу жүйесін зерттеу нәтижелері ұсынылды. Суды ресурстарына арналған өлшеу құралдары мен түрлендіргіштер қолданылды. Судың сапасына әсер ететін факторлар қарастырылды, объектідегі дискретті жүйеге талдау жасалынды.

**Кілт сөздер:** су ресурстары, бақылау және басқару жүйесі, автоматика, сенсорлар, модель, микропроцессор, радиомодем, SISO жүйесі, бағдарламалау, VisSim.

## Кіріспе

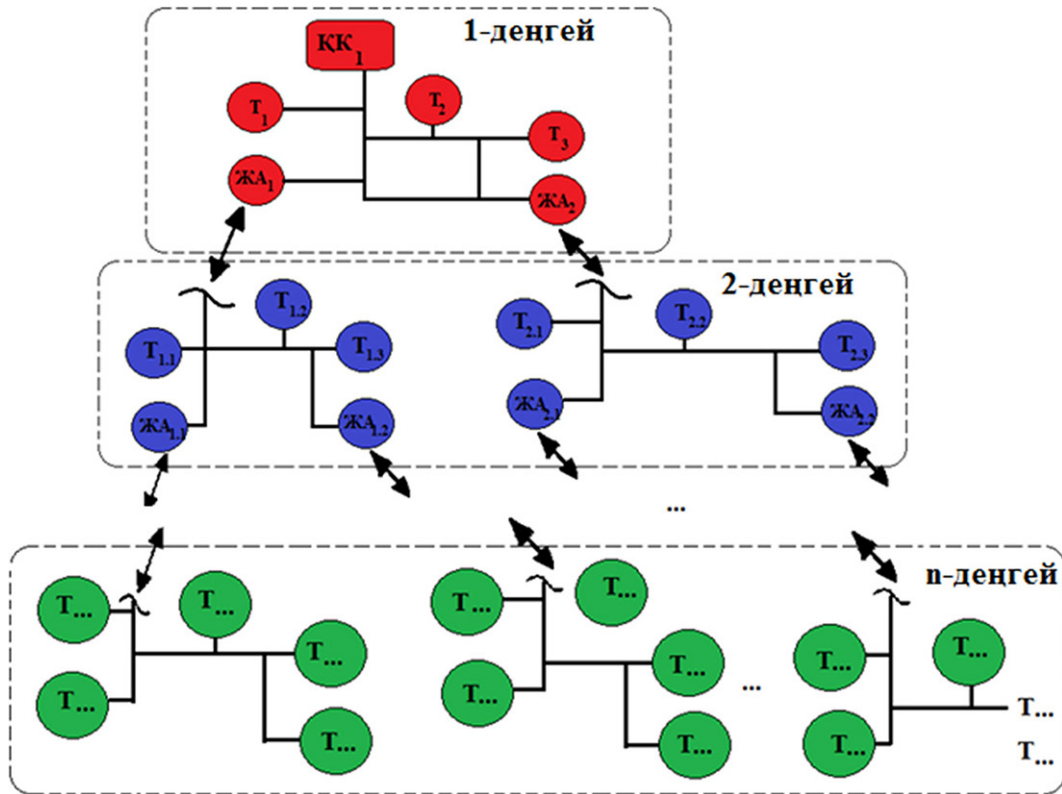
Су ресурстарындағы автоматтандыру жүйелерінде экономиканың дамуын қамтамасыз ететін негізгі факторлардың бірі – су ресурстарын ұтымды пайдалану. Суды өлшеуді автоматтандыру үшін бастапқы өлшеу құралдары мен түрлендіргіштер қолданылған [3, 4]. Су ресурстарындағы тұтынушылардың қолданғын су мөлшерін математикалық есептеулерде жүргізуге мүкіндік беретін желілік модельдер динамикалық режимдерге негізделген [5]. Сумен жабдықтау жүйесінің макро моделін құруда желілік қосылыстардың күрделі схемасы бар желілік аймақтар (ЖА<sub>і</sub>) бірыңғай баламалы тұтынушы ретінде қарастырылды [9]. Магистральдық желіге тікелей қосылған тұтынушылар (Т<sub>і</sub>), желі аймағының қорек көзінің (ҚК) көмегімен әрекеттесуі, автоматтандырылған басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасында 256 басқару түйініне дейін қосылуға мүмкіндік беретін радио модем ретінде Nevod радио модемі үлгі ретінде таңдап алынды [6, 7, 8].

**Автоматтандырылған көп деңгейлі сумен жабдықтау жүйесі және судың сапасына әсер ететін факторларға талдау жасау**

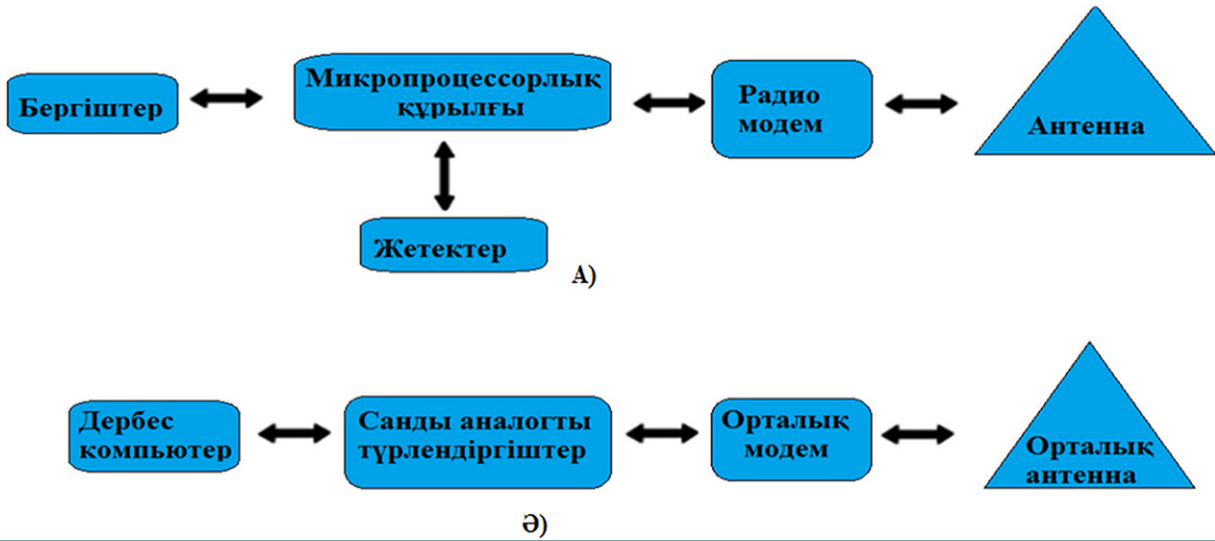
Автоматты басқару жүйесінің құрылымын қарастырсақ Екінші өлшеу және бақылау құрылғысы ретінде 2 арналы MB110224-2A микропроцессоры

және 4 арналы дискретті кіріс / шығыс модулі МК110 220-4R, ал сенсор ретінде жаңартылған «айналмалы үстел» мен судың шығынын өлшеуге арналған ультрадыбыстық сенсор «Sensus» пайдалануға ұсынылды. Бірінші сенсордың дискретті шығысы бар, ол импульстерді су ағынының жылдамдығына пропорционалды түрде шығарылып автоматтандырылған көп деңгейлі сумен жабдықтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы сызылды [8].

Микропроцессорлық құрылғылардың көмегімен автоматты басқаруға арналған жүйесінің құрылымдық сұлбасы сызылды [7], мұнда ультрадыбыстық деңгей сенсорында 4-20 мА аналогтық шығысы бар. Vis sim бағдарламалық жасақтама-сының негізінде бағдарламаланған және ультрадыбыстық түрлендіргіш қолданылған және судың сапасына әсер ететін факторларға талдау жасалынды [12, 13, 14]. Бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, су ресурстарын басқару үшін Nevod радио модемі қолданылады. Басқару орталығында орнатылған бағдарламаның көмегімен су шығыны есептеледі, ал нақты уақыт жүйелерінде су арналарының демпферлері бақыланады. Жүйелік жабдықтың аз қуат шығынын ескере отырып (MV және МК – 8 Вт, модем – 5 Вт, бергіштердің әрқайсысы 5 Вт), күн панелін қолданып, автономды қуат беруді ұйымдастыруға болады.



1-сурет – Автоматтандырылған көп деңгейлі сумен жабдықтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы



А) микропроцессорлық құрылғы және радио модемнің көмегімен басқаруға арналған жүйесінің құрылымдық сұлбасы; Б) санды аналогты түрлендіргіштер және орталық модемнің көмегімен басқаруға арналған жүйесінің құрылымдық сұлбасы

2-сурет – Құрылғылардың көмегімен автоматты басқаруға арналған жүйесінің құрылымдық сұлбасы

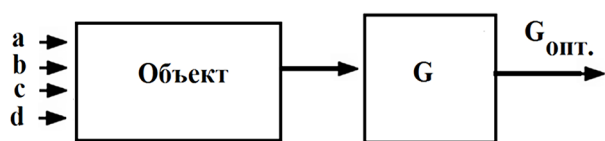
Суды есептеу мен оның шығыны бойынша шешімін шығару кезінде маңызды мәселелердің бірі ол аппараттық бағдарламамен қамтамасыз ету, егер біз осындай шешімді қарастыратын болсақ, басқару объектісі ретінде судың шығынын зерттеу бойынша сұрақ туындайды, сондықтан судың шығынына әсер ететін су құбырындағы үстеме қысым, су құбырындағы тесіктер, су құбырының материалдары, судың (сұйықтықтың)

тұтқырлығы сияқты факторларды қарастырамыз, су құбырындағы үстеме қысымды бақыланатын сызықты реттеуіш кірісіндегі фактор ретінде қарастырдық [10, 11].

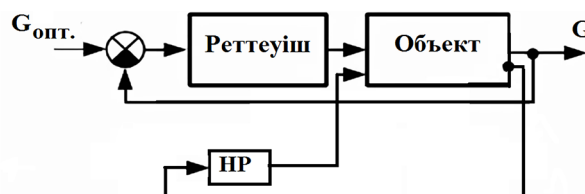
4-суретте әсер етуші фактор реттеуіш кірісіндегі фактор арқылы  $G_{\text{онт}}$  мәні шығады. Одан соң  $G_{\text{онт}}$  келесі жүйенің кіріс мәні ретінде қарастырамыз. Диспетчерлік басқару орталығынан басқаруға арналған автоматты реттеу жүйесінің



3-сурет – Судың сапасына әсер ететін факторлар



а) Әсер етуші факторлар негізінде сызылған құрылымдық сұлба



ә) Су шығынын есепке алуға арналған автоматты реттеу жүйесінің құрылымдық сұлбасы

4-сурет – Су шығынына арналған автоматты басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

құрылымдық схемасы көрсетілген. Бұл мақалада бейсызықты әсер етуші факторларды (НР) есепке алмай, ағынды бақылау және шығындарды есепке алу мәселесін қарастырамыз [1].

**Су шығыны бойынша қарастырылған объектідегі дискретті жүйені зерттеу**

Диспетчерлік басқару орталығындағы су жүйесінде қарастырылған объектідегі кездейсоқ қобалжыту әсерінің (a, b, c, d)  $\Delta G$  өзгерісі, шығыстық  $G(t)$  сигналдың  $\Delta G$  ауытқуына әсер етеді, егер күшею коэффициентінің мәні жоқ болса, тұйық жүйе болып есептеліп өтпелі функция мен импульсті функция төмендегі өрнектермен бейнеленеді.

Қобалжыту әсеріне сәйкес жүйенің беріліс функциясын анықтасақ төмендегі өрнектегідей:

$$\Phi(p) = \frac{W_2(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)}. \quad (1)$$

Бірінші жуықтауда объектіні апериодты буын

деп қарастырсақ, оның беріліс функциясы төмендегі өрнектегідей:

$$W_1(p) = \frac{k_2}{T_2 p + 1}, \quad (2)$$

мұндағы  $T_2$  – объектінің уақыт тұрақтысы,  $k_2$  – нысанның беріліс коэффициенті.

Егер нысанның уақыт тұрақтысы реттеуіштің уақыт тұрақтысынан әлдеқайда үлкен деп қарастырсақ, онда реттеуішті беріліс функциясы

$W_1(p) = k_2$  инерциясыз күшейткіш буын талдап алуға болады. Олай болса (1), (2) өрнектерден

$$\Phi(p) = \frac{k}{T_p + 1} \quad (3)$$

аламыз. Келесі белгілеуді енгізе отыра

$$k = \frac{k_2}{T_{p+1}} \text{ және } T = \frac{T_2}{1 + k_1 k_2}$$

жүйені беріліс коэффициенті  $k$ , уақыт тұрақтысы  $T$  эквивалентті апериодты буынмен алмастыруға болады:

$$\Phi(p) = \frac{k}{T_{p+1}}. \quad (4)$$

Онда жүйенің өтпелі функциясы

$$h(t) = k(1 - e^{-\frac{t}{T}}),$$

ал импульстік өтпелі функциясы

$$W(t) = \frac{d}{dt}h(t) = \frac{k}{T}e^{-\frac{t}{T}}.$$

Импульстік өтпелі функциясының автокорреляциялық функциясы мынаған тең

$$R_g(\tau) = \int_0^{\infty} W(t+\tau) dt = \frac{k_2}{2T}e^{-\frac{\tau}{T}}. \quad (5)$$

Егер шығыстық сигналдың өзгеруі норма (қалыпты) үлестірімдік заңына сәйкес болса, бірінші жуықтауда автокорреляция функциясын экспонента түрінде алуға болады:

$$R_g(\tau) = R_g(0)e^{-\frac{|\tau|}{T}}, \quad (6)$$

мұндағы  $T_g$  – қобалжыту әсерінің орташа периоды, ол  $R_g(\tau)$  қобалжудың автокорреляциялық функциясына  $\tau=0$  нүктесінен жүргізілген жанама астымен анықталады.

Реттелетін шама дисперсиясы мынаған тең:

$$\begin{aligned} \Delta G^2 &= 2 \int_0^{\infty} R_g(\tau)R_g(0) dt = \\ &= \frac{k_2}{T}R_g(0) \int_0^{\infty} e^{-\tau} \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_g}\right) d\tau = \frac{k^2 T_g}{T+T_g} R_g(0). \end{aligned} \quad (7)$$

Кездейсоқ қобалжыту әсерінің дисперсиясы  $\tau=0$  болғандағы корреляциялық функцияның екі еселенген мәніне тең:

$$\overline{\Delta G^2} = 2R_g(0). \quad (8)$$

Реттеу дәлдігін реттелетін шама дисперсиясының қобалжыту әсері дисперсиясына қатынасын төмендегідей өрнекпен анықтауға болады

$$\frac{\Delta g^2}{\Delta g^2} = \frac{k^2 T_g}{2(T_1 + T_g)}. \quad (9)$$

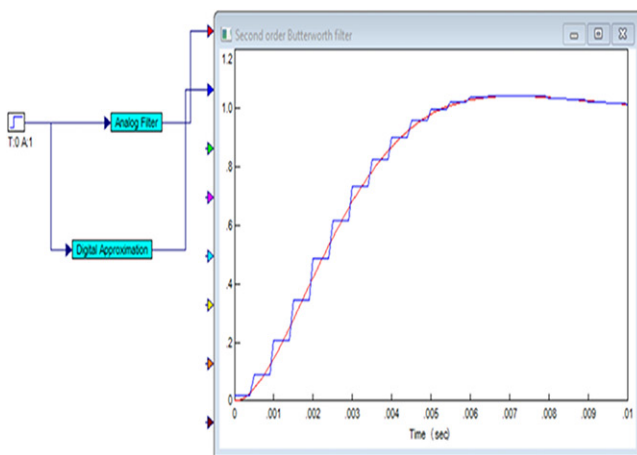
Алынған (9) өрнектен, сыртқы қобалжыту әсерін басу үшін ( $T_g$  берілген), объектінің  $T_2$  уақыт тұрақтысын пайдалы түрде көбейтуге мүмкіндік туғызады. Автоматтыреттеу жүйесі (АРЖ) тез әрекетті және оның статикалық қателігі аз болуы керек (соңғысы реттеуіштің  $k_1$  күшейту коэффициентін үлкейту арқылы қамтамасыз етіледі). АРЖ-ның бұл схемасында изодромды реттеуішті қолданар болсақ, онда оның тиімді (оптимал) параметрлерін  $\Delta G^2$  реттелетін шама дисперсиясының  $S_g(\omega)$  қобалжыту әсері және жиіліктік сипаттамасы  $S_g(\omega)$  спектрлік тығыздықтары арасын байланыстыратын өрнекпен анықталады:

$$\overline{\Delta G^2} = \int_0^{\infty} S_g(\omega) d\omega, \quad (10)$$

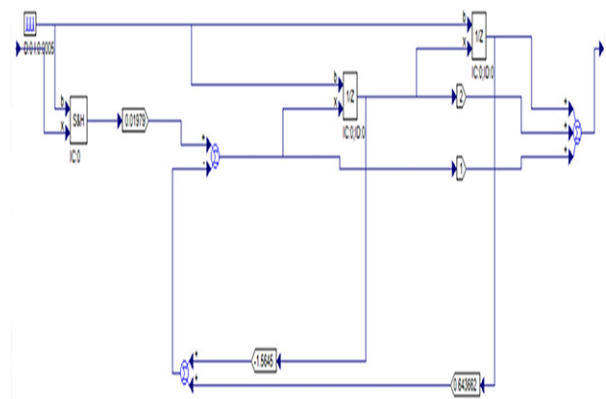
жоғарыда көрсетілген (7...10) өрнектерге негізделіп дискреттік жүйенің кеңейтілген моделінде екінші рет түрленуін анықтаймыз [2]. (5-суретте көрсетілген).

5-суреттегі (а-суретте) Step block – қадамдық блок, бұл функция сигналдардың өсуі немесе төмендеуін көрсетіп отырады, жалпы жағдайда «Plot»-тағы графикалық сызық ретінде бейнелейді. Analog Filter – аналогтық фильтр. Digital Approximation – сандық масштабтау. Plot – графикалық экран (бір уақытта 4 графикке дейін көрсете алады) көрсетілген. Белгілі уақыт аралығындағы сатылы түрдегі өзгерісіне талдау жасалынған. 5ә-суретте дискреттік жүйенің кеңейтілген моделінде екінші рет түрленуі, онда қосу блогы, кірістер саны кез келген болуы мүмкін екендігі қарастырылған су құбырындағы үстеме қысымды бақыланатын сызықты реттеуіш кірісіндегі факторды қарастыру үшін пропорционалды интегралды дифференциалды (ПИД) реттеуіш таңдап алынып өтпелі үдерістің графигіне талдау жасалынды.

7-суретте су құбырында бірнеше орынға әртүрлі бергішті орнату арқылы құбыр желісінде-



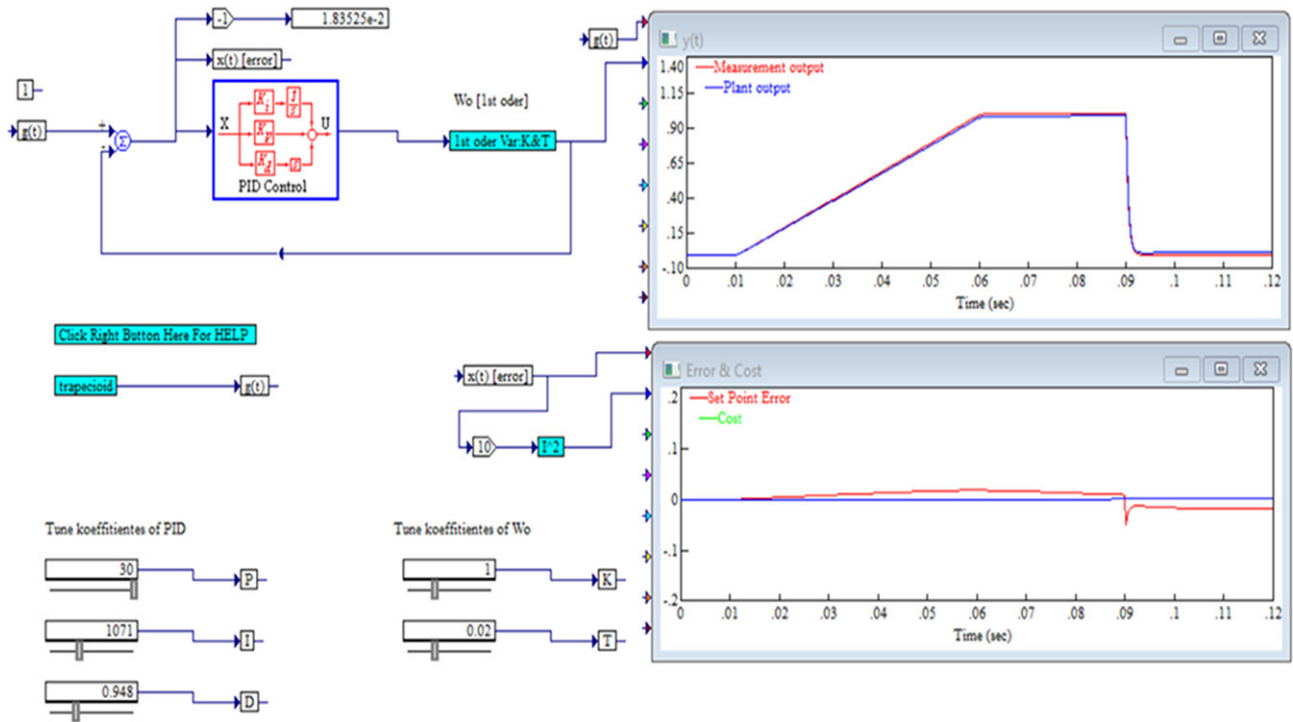
а)



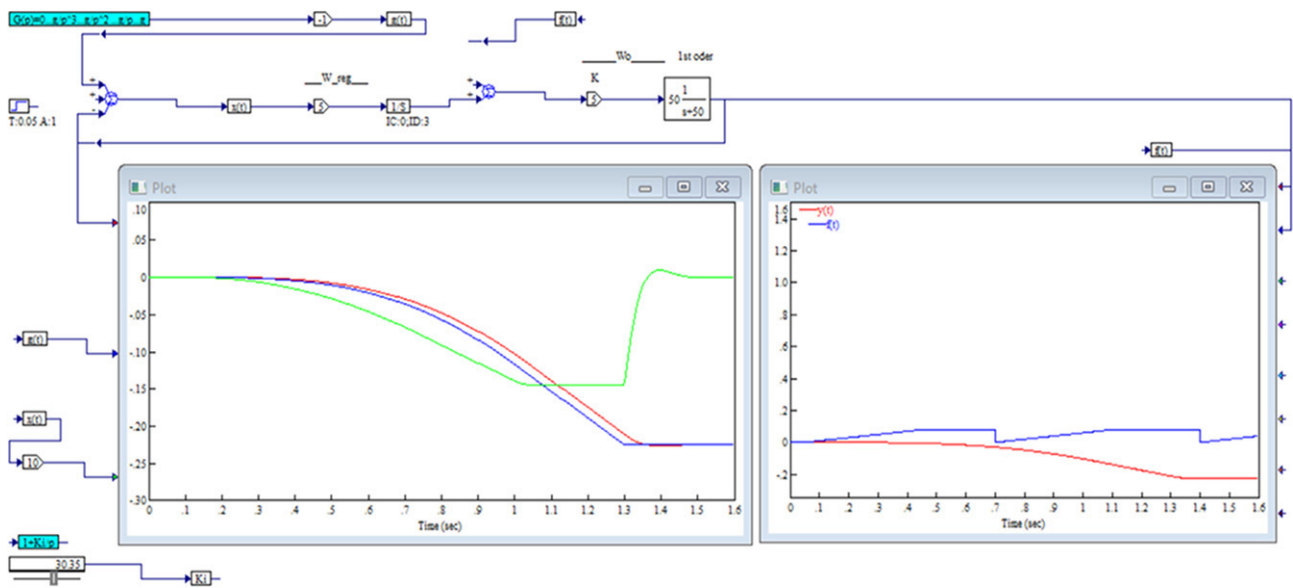
ә)

Қызыл сызық – үздіксіз модель; көк сызық – дискретті модель

5-сурет – Дискреттік жүйенің кеңейтілген моделі



Const – тұрақты мән. Indicator – скалярлық және матрицалық мәндерді санмен көрсетеді  
 6-сурет – Пропорционалды интегралды дифференциалды реттеуіштің көмегімен тұрғызылған өтпелі үдерістің графигі



7-сурет – Кіріс мәнін тұрақты коэффициентке көбейту бойынша тұрғызылған сатылы функцияның графигі

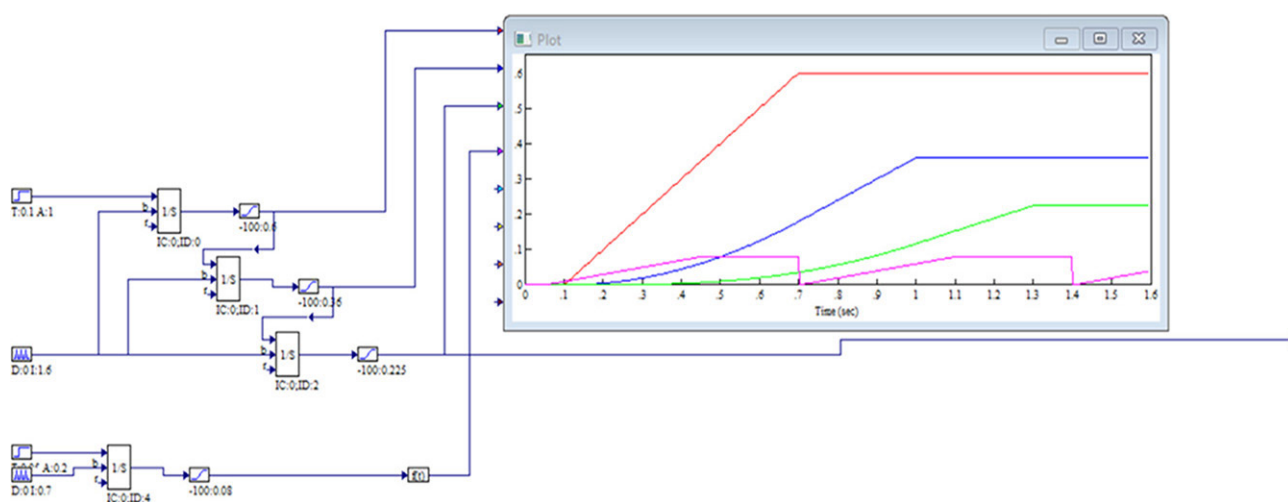
гі әр орындағы қысымның әр түрлі болатындығы сатылы функцияның графигі көрсетілген, онда кіріс сигналының берілген, кіріс мәнін тұрақты коэффициентке көбейту, сатылы функцияны жасау(тудыру), сигналдарды бір-біріне қосу және шығыс сигнал ретінде жіберу, SISO жүйесінің берілу функциясына келтірілген теңдеулер жүйесін сандық түрде шешу жолдары көрсетілген.

8-суретте су құбырындағы насос интегралдаушы буын, ал бергіш пропорционалды буын

ретінде қарастырылып, судың шығынын уақыт бойынша синхрондау импульстері енгізіліп,  $R > 1$  кірісі кезінде қалпына келтірілетін интегратор бойынша сатылы функцияны жасау (тудыру). Егер, сигнал белгіленген деңгейден асып кетсе, оны шектелетіндігі ескерілген.

**Қорытынды**

Су ресурстарындағы автоматтандыру жүйесінде RS-232 интерфейс түрлендіргішінің орнына



8-сурет – Синхрондау импульстері енгізілу арқылы тұрғызылған сатылы функцияның графигі

RS-485 интерфейс түрлендіргіштерін қолданылуы қарастырылып, құбыр желісінде бірнеше орынға бергіштерді орнатып, судың сапасына әсер ететін факторларға талдау жасалынып, су құбырындағы үстеме қысымды бақыланатын сызықты реттеуіш кірісіндегі фактор ретінде қарастырсақ, судың (сұйықтықтың) тұтқырлығын бақыланбайтын бейсызықты реттеуіш кірісіндегі фактор ретін-

де қарастырдық. Автоматты басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы негізінде Vis Sim бағдарламасының көмегімен өтпелі үдерістің графиктері тұрғызылды. Дискреттік жүйенің кеңейтілген моделінде екінші рет түрленуі мен пропорционалды интегралды дифференциалды (ПИД) реттеуіш таңдап алынып өтпелі үдерістің графигіне талдау жасалынды.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бекбаев А., Сүлеев Д., Хисаров Б., Сызықты және бейсызықты автоматты реттеу теориясы. Оқулық. Алматы, 2005. 218-220 б.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П., Теория автоматического управления. – Санкт-Петербург: Изд-во «Профессия», 2003.
3. Гойтина, Е.В. Подход к автоматизированному анализу эффективности режимов теплоснабжения на основе макро моделирования / Е.В. Гойтина, Д.А. Шнайдер // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2007. – Вып. 5. – № 7 (79). – С. 9-11.
4. Гойтина, Е.В. Методика идентификации параметров модели тепловой сети по данным эксплуатации / Е.В. Гойтина, Д.А. Шнайдер// Автоматизация и современные технологии. 2007. – № 9. – С. 20-22.
5. Духовный В.А., Соколов В.И., Мантритулак Х., Су ресурстарын кешенді басқару: теориядан нақты тәжірибеге дейін. Орталық Азияның тәжірибесі. – Ташкент: SIC ICWC, 2008. – 364 б.
6. Рухани В.А. Орталық Азияның су секторына қашықтықтан зондау әдістерін енгізу нәтижелері. Шығыс Еуропа, Кавказ және Орталық Азия су ресурстарын басқару ұйымдары желісінің халықаралық конференциясы (NWO EESSA) «Ғылым және инновациялық технологиялар су қауіпсіздігі қызметінде» 2019 жылғы 23-24 қыркүйек, Екатеринбург, Ресей.
7. Пахомов А.А., Колобанов Н.А., Гидравликалық бақылау құрылғыларын қолдана отырып, сумен жабдықтау процесін автоматтандырылған басқару. Ресейдің Мелиорация проблемалары ғылыми-зерттеу институтының ғылыми журналы. 2013. № 4 (13). 168-178 б.
8. Каганович, Б.М. Расчет сложных тепловых сетей / Каганович Б.М., Такайшвили М.К., Сумароков С.В. и др. // Водоснабжение и сан. техника. 1974. – № 4. – С. 18-19.
9. Уринов Э. Абдурахмонов С.М. Автоматизированная система управления водными ресурсами: Международная конференция «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении / Андижан. машиностроительный институт. Андижан, 2016. С. 446-449.
10. Юрченко И.Ф., Бандурин М.А., Волосухин В.А., Ванжа В.В., Волосухин Я.В. Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 7. С. 66-71.
11. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures / N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. 2017. 11. No. 3. pp. 53-57.
12. Fisher D.K., Sui R., An inexpensive open-source ultrasonic sensing system for monitoring liquid levels, Agricul. Eng. Int.: CIGR J. 15 (2013) 328-334.
13. Jeswin C., Marimuthu B., Chithra K., Ultrasonic water level indicator and controller using AVR microcontroller, in: 2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems 2017, ICICES, 2017.
14. Shah P.P., Patil A.A., S.S. Ingleshwar, IoT based smart water tank with Android application, in: Proceedings of the International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, I-SMAC 2017, 2017, pp. 600-603.

**Исследование проблемы учета и регулирования расхода воды в замкнутой системе автоматического управления**

<sup>1</sup>\*АСЕТ Асхат, докторант, старший преподаватель, aset.asxat@mail.ru,

<sup>1</sup>КОПЕСБАЕВА Акшолпан Ауельбековна, к.т.н., профессор, a.kopesbayeva@aes.kz,

<sup>2</sup>ЖМУДЬ Вадим Аркадьевич, д.т.н., профессор, oao\_nips@bk.ru,

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Казахстан, Алматы, ул. А. Байтурсынова, 126/1,

<sup>2</sup>Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, 15Б,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы системы автоматизации учета и распределения водных ресурсов в современном мегаполисе. Рассматривается применение структуры таких систем автоматизации, проводится анализ применяемых аппаратных средств автоматизации. Отдельно обозначен вопрос учета и регулирования расхода воды в замкнутой системе автоматического управления. Построена модель объекта регулирования стока воды. Предложена структура системы учета и регулирования расхода, представлены результаты исследования системы регулирования в среде VisSim. Применены измерительные приборы и преобразователи для водоснабжения. Рассмотрены факторы, влияющие на качество воды, проведен анализ дискретной системы на объекте.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, система контроля и управления, автоматика, датчики, модель, микропроцессор, радиомодем, система SISO, программирование, VisSim.

**Investigation of the Problem of Accounting and Regulation of Water Flow in a Closed Automatic Control System**

<sup>1</sup>\*ASSET Askhat, doctoral student, Senior Lecturer, aset.asxat@mail.ru,

<sup>1</sup>KOPESBAEVA Aksholpan, Cand. of Tech. Sci., Professor, a.kopesbayeva@aes.kz,

<sup>2</sup>ZHMUD Vadim, Dr. of Tech. Sci., Professor, oao\_nips@bk.ru,

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Kazakhstan, Almaty, A. Baitursynova Street, 126/1,

<sup>2</sup>Institute of Laser Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk, Academic Lavrentiev Avenue, 15B,

\*corresponding author.

**Abstract.** Deals with the problems of the automation system of accounting and distribution of water resources in a modern metropolis. The application of the structure of such automation systems is considered, the analysis of the applied automation hardware is carried out. Separately, the issue of accounting and regulation of water flow in a closed automatic control system is indicated. A model of the water flow control facility is constructed. The structure of the metering and flow control system is proposed. The results of a study of the control system in the VisSim environment are presented. Measuring instruments and converters for water supply are used. Factors affecting water quality are considered, and a discrete system at the facility is analyzed.

**Keywords:** water resources, monitoring and control system, automation, sensors, model, microprocessor, radio modem, SISO system, programming, VisSim.

## REFERENCES

1. Bekbaev A., Syleev D., Hisarov B., Syzyqty jáne beisyzyqty avtomatty retteý teoriiasy. Oqýlyq. Almaty, 2005. pp. 218-220.
2. Besekerskiy V.A., Popov E.P., Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. – Saint Petersburg: Publ. «Professiya», 2003.
3. Gojtina, E.V. Podhod k avtomatizirovannomu analizu effektivnosti rezhimov teplosnabzheniya na osnove makromodelirovaniya / E.V. Gojtina, D.A. SHnajder // Vestnik YUUrGU. Seriya «Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika». 2007. – Vyp. 5. – No. 7 (79). – pp. 9-11.
4. Gojtina, E.V. Metodika identifikatsii parametrov modeli teplovoj seti po dannym ekspluatatsii / E.V. Gojtina, D.A. SHnajder // Avtomatizatsiya i sovremennye tekhnologii. 2007. – No. 9. – pp. 20-22.
5. Duhovnyj V.A., Sokolov V.I., Mantritolak H., Sý resýrstaryn keshendi basqarý: teoriadan naqty tájiribege deiin. Ortalyq Aziyanýn tájiribesi. – Tashkent: SIC ICWC, 2008. – 364 p.
6. Ruhani V.A. Ortalyq Aziyanýn sý sektoryna qashyqyqtan zondtaý ádisterin engizý nátijeleri. Shygys Eýropa, Kavkaz jáne Ortalyq Azia sý resýrstaryn basqarý uymdary jelisiniń halyqaralyq konferentsiasy (NWO EECCA) «Gýlym jáne innovatsiialyq tekhnologialar sý qaýipsizdigi qyzmetinde» 2019 jylgy 23-24 qyrkúiek, Ekaterinbýrg, Resei.
7. Pahomov A.A., Kolobanov N.A., Gidravlikalyq baqylaý qurylyglaryn qoldana otyryp, sýmen jabdyqtaý protsesin avtomattandyrylǵan basqarý. Reseidiń Melioratsiia problemalary gýlymi-zertteý institýtinyń gýlymi jýrnaly. 2013. No. 4 (13). pp. 168-178.
8. Kaganovich, B.M. Raschet slozhnyh teplovyh setej / Kaganovich B.M., Takajshvili M.K., Sumarokov S.V. i dr. // Vodospabzhenie i san. tekhnika. 1974. – № 4. – pp. 18-19.
9. Urinov E. Abdurahmonov S.M., Avtomatizirovannaya sistema upravleniya vodyanyimi resursami: Mezhdunarodnaya konferentsiya «Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii v mashinostroenii / Andizhan. mashinostroitel'nyj institut. Andizhan, 2016. pp. 446-449.
10. YUrchenko I.F., Bandurin M.A., Volosuhin V.A., Vanzha V.V., Volosuhin YA.V. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya vodoprovodyashchih sooruzhenij orositel'nyh sistem // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2018. T. 22. No 7. pp. 66-71.
11. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures / N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. 2017. 11. No. 3. pp. 53-57.
12. Fisher D.K., Sui R., An inexpensive open-source ultrasonic sensing system for monitoring liquid levels, Agricul. Eng. Int.: CIGR J. 15 (2013) 328-334.
13. Jeswin C., Marimuthu B., Chithra K., Ultrasonic water level indicator and controller using AVR microcontroller, in: 2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems 2017, ICICES, 2017.
14. Shah P.P., Patil A.A., S.S. Ingleshwar, IoT based smart water tank with Android application, in: Proceedings of the International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, I-SMAC 2017, 2017, pp. 600-603.