

UO‘K 532.595.2:532.529

BOSIM ORTISHIDAN SODIR BO‘LADIGAN SUV ZARBI SO‘NDIRGICHI HISOBI

Jonqobilov Ulugmurad Umbarovich¹ – texnika fanlari doktori, professor,
ORCID: 0000-0003-0871-0317, E-mail: ulugmurad@inbox.ru

Rajabov Ulug‘bek Mamashoyevich¹ – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),
ORCID: 0009-0007-6110-1111, E-mail: 020267@mail.ru

Jonqobilov Sobir Ulug‘murodovich² – texnika fanlari falsafa doktori, PhD,
ORCID: 0000-0002-0619-936X, E-mail: jonkobilovsobir@gmail.com

¹Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

²Qarshi irrigatsiya va agrotexnologiyalar instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqola bosim quvurining oxirida o‘rnatilgan diafragma suvli zarba so‘ndirgichni hisoblashga bag‘ishlangan. Politropik jarayon ($n=1,20$) uchun giperbolik tipdagi to‘lqin tenglamalarining nazariy yechimlari taklif qilingan.

Naporli tizimlarda ijobiy suvli zarb kuchini yumshatish uchun diafragma suvli zarb so‘ndirgichning samarali konstruksiyasi taklif etilmoqda.

Maqolada zarba so‘ndirgich mavjudligi hisobiga suvli zarbning nazariy va tajriba tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Suvli zarb so‘ndirgichni hisoblash uchun tavsiya etilgan usulning natijalari eksperimental ma‘lumotlarga yaxshi mos keladi. Bu suvli zarbni hisoblash uchun taklif qilingan nazariy metodikaning ishonchliligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: suv zarbi, naporli quvur, suv zarb so‘ndirgichi, naporli tizim, diafragma suvli zarb, ijobiy suv zarbi.

УДК 532.595.2:532.529

РАСЧЕТ ГАСИТЕЛЯ ГИДРОУДАРА ОТ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Жонкobilов Улугмурад Умбарович¹ – доктор технических наук, профессор

Ражабов Улугбек Мамашоевич¹ – доктор философии по техническим наукам (PhD)

Жонкobilов Собир Улугмуродович² – доктор философии по техническим наукам (PhD)

¹Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

²Каршинский ирригационный и агротехнологический институт, г. Карши, Узбекистан

Статья посвящена вопросам расчета гасителя гидроудара с диафрагмой, установленной в конце напорного трубопровода. Предложены теоретические решения волновых уравнений гиперболического типа для политропного процесса ($n=1,20$).

Для гашения силы положительного гидроудара в напорных системах предложена эффективная конструкция гасителя гидроудара с диафрагмой.

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований гидроудара при наличии гасителя. Результаты предлагаемой методики расчета гасителя гидроудара хорошо согласуются с опытными данными. Это подтверждает достоверность предлагаемой теоретической методики расчета гидроудара.

Ключевые слова: гидроудар, напорный трубопровод, гаситель гидроудара, напорная система, гаситель с диафрагмой, положительный гидроудар

UDC 532.595.2:532.529

CALCULATION OF A WATER HAMMER ABSORBER WITH PRESSURE INCREASE

Jonkobilov, Ulugmurad Umbarovich¹ – Doctor of Technical Sciences

Rajabov, Ulug‘bek Mamashoyevich¹ – Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD),
associate professor

Jonkobilov, Sobir Ulug‘murodovich² – Doctor of Philosophy in Technical sciences, PhD

¹Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

²Karshi Institute of Irrigation and Agricultural Technologies, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *The article is devoted to the calculation of a hydraulic shock absorber with a diaphragm installed at the end of a pressure pipeline. Theoretical solutions of hyperbolic type wave equations for a polytropic process ($n = 1.20$) are proposed.*

To dampen the intensity of hydraulic shock from increasing pressure in pressure-hydraulic systems, an effective design of a hydraulic shock absorber with a diaphragm is proposed.

The article presents the results of analytical and experimental studies of water hammer in the presence of a damper. The results of the proposed method for calculating the water hammer are in good agreement with the experimental data. This confirms the reliability of the proposed analytical method for calculating the water hammer.

Keywords: *hydraulic shock, pressure pipeline, hydraulic shock absorber, pressure-hydraulic system, damper with a diaphragm, positive hydraulic shock.*

Kirish

Naporli quvurlar tizimlarini suv zarbi ta'siridan himoya qilish uchun turli so'ndirgichlar [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8], xususan, silindr shaklidagi havoli-suvli idishlar ishlatiladi [9, 10, 11, 12, 13, 14].

N.E.Jukovskiy [1] quvurlar tizimiga o'rnatilgan havoli-suvli idishlarda suv zarbini hisoblash usulini taklif qildi. Shu bilan birga, muallif havoli-suvli idishdagi havo hajmini aniqlash uchun taxminiy formulani taklif qiladi va havoli-suvli idishlardagi havoning siqilish va kengayish adiabatik qonunini qabul qiladi, chunki muallifning fikriga ko'ra, suv zarbi jarayoni tez sodir bo'ladi [1].

I.A.Charniy [2] havoli-suvli idishlarni hisoblash uchun suv zarbining chiziqli tenglamalaridan foydalanadi. Bunda muallif havoli-suvli idishda havoning siqilishi va kengayishi uchun izotermik qonunni ($n=1,0$) qabul qiladi.

Amalda, G.Evangelisti tomonidan taklif qilingan hisoblash usuli eng keng tarqalgan [3]. Ushbu usul G.Evangelisti tomonidan cheklangan farqlar usuli bilan suv zarbi to'liqini differensial tenglamalarining taxminiy integrali natijasida tuzilgan maxsus grafiklarni qo'llashga asoslangan [3].

Ushbu grafiklarning kamchiliklari dastlabki parametrlardagi o'zgarishlarning cheklangan diapazonidir va shuning uchun ko'p hollarda G.Evangelisti usuli qo'llanilmaydi.

V.S.Dikarevskiy [4] ishida G.Evangelisti usulining kamchiligini bartaraf etishga urinib, σ va \bar{h}_{mp0} parametrlarining keng diapazonida izotermik qonun ($n=1,0$) uchun $\bar{Z}_{\max} = f(\sigma, \bar{h}_{mp0})$ va $\bar{Z}_{\min} = f(\sigma, \bar{h}_{mp0})$ diagrammalarini tuzdi. Biroq, muallif asosiy tenglamalarni yechishda noaniqliklarni tan oladi [4].

F.M.Darson va A.A.Kaliske [5] qulfak oldidagi naporli quvurning oxirida joylashgan havoli-suvli idishning o'lchamini aniqlashning analitik usulini taqdim etadi. Bunday holda, muallif [5] havoli-suvli idishdagi gaz hajmining o'zgarishi uchun izotermik qonunni ($n=1,0$) qabul qiladi va napor yo'qotishlarining naporli quvurdagi ishqalanishga ta'sirini hisobga olmaydi. Havoli-suvli idishni hisoblashning bu usuli ham taxminiy hisoblanadi.

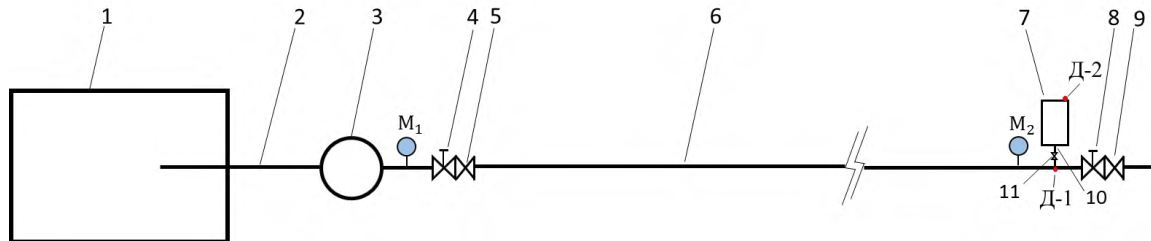
B.F.Lyamaev [6] ishida havoli-suvli idishni kompyuterda hisoblash usuli ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan usul, suv zarbi tenglamalarini birgalikda hal qilishga, idishning quvurlar tizimiga tutashgan joyidagi uzluksizlikka va havoli-suvli idishdagi gaz holatiga asoslangan. Hisoblash muallif tomonidan iteratsiya usulidan foydalangan holda amalga oshiriladi [6].

D.A.Foksning ishi [7], havoli-suvli idishni hisoblashning raqamli usulini taqdim etadi. Muallif doimiy qadamlari Δx va Δt bo'lgan muntazam to'g'ri to'rtburchakli panjara usuli bilan ishlashni qo'llaydi. Muallif uzluksizlik tenglamalarini, havo (gaz) holatini va xarakteristiklardagi munosabatlar tenglamalarini birgalikda yechish bilan hal qiladi. Hisob-kitoblar kompyuterda amalga oshirildi. Muallif [7] hisob-kitoblarda politropa koeffitsiyentining qiymatini $n=1,20$ ga tenglashtirishni taklif qiladi va kvazistatsionarlik gipotezasiga muvofiq uzunlik bo'ylab bosim yo'qotilishini hisobga oladi.

Tajribalarni o'tkazish uchun naporli quvurning oxirida o'rnatilgan diafragmali so'ndirgich mavjud bo'lganda bosimning oshishi bilan suv zarbini o'rganish uchun mo'ljallangan tajriba qurilma ishlab chiqilgan va qurilgan [8].

Suv zarbining asosiy parametrlarini politropik jarayon ($n=1,20$) uchun hisoblaganda izotermik va adiabatik jarayonlarga nisbatan tajriba ma'lumotlari bilan yaxshi mos keladi [8, 15]. Shuning uchun bu ishda barcha tadqiqotlar va hisob-kitoblar $n=1,20$ da amalga oshirildi.

Bosimli quvurlarda yuzaga keladigan suv zarbi kuchini susaytirish uchun boshqa zarb kuchini so'ndirgichlardan farqli o'laroq demferli havoli-suvli idish ishlatiladi (1-rasm), tavsiya etilayotgan so'ndirgich parametrlari nasos agregatlarini ishga tushirish va to'xtatish shartlarini inobatga olib aniqlanadi [2, 3, 4, 6, 7, 8].



1-rasm. Nasos qurilmasi sxemasi:

1-rezervuar; 2-so'rish quvuri; 3-3K-6 markali nasos; 4,8-qulfaklar; 5,9-tezkor ishlaydigan propkali kranlar; 6-naporli quvur; 7-suv zarbi so'ndirgichi; 10-birlashtiruvchi quvur; 11-diafragma; D1, D2-bosim sensorlari; M1, M2-manometrlar.

Bu ishda va 1-rasmda biz avval [8, 15] da batafsil bayon qilgan belgidan foydalanamiz.

Usullar va materiallar

Ushbu maqolada naporli quvur tizimining oxiriga o'rnatilgan diafragmali havoli-suvli idishni hisoblashning analitik usuli keltirilgan [8, 15] (1-rasm).

Manba [8, 15] da metodikani tuzishda tez ishlaydigan propkali qulfak 9 ning yopilish vaqti nolga teng degan qabul qilingan.

Quvurning oxiriga o'rnatilgan yuqori bosimli suv zarbi so'ndirgichini hisoblash uchun quyidagi tenglamalar tizimi qo'llaniladi [4, 8]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\bar{g}}{dt} &= \frac{2\pi}{\sqrt{2\pi \cdot \sigma}} \cdot \left[1 - h - (\bar{h}_{mp} + \bar{h}_d) \cdot \bar{g} \sqrt{\bar{g}} \right] \\ \frac{dh}{dt} &= 2 \cdot n \cdot h^{\frac{1+n}{n}} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma}{n}} \cdot \bar{g} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) tenglamalar tizimi quyidagi dastlabki shartlarda yechiladi [4, 8]:

$$\left. \begin{aligned} \bar{g} &= \bar{g}_0 = 1; \\ h_0 &= 1 - \bar{h}_{mp0} \end{aligned} \right\}, \text{ pri } \bar{t} = 0. \quad (2)$$

Natijalar

Diafragmali havoli-suvli idish naporli tizimda H_{amin} va H_{amax} ni aniqlash uchun (1) tenglamalar tizimini nazariy hal qilish natijasida quyidagi bog'liqliklar olingan. h_{max} ni aniqlash uchun

1. $\chi \neq 1$ bo'lganda

$$\left\{ e^{-\xi_0} (1 - \aleph \sigma) + \aleph^\chi \left[\frac{\xi_0^{1-\chi}}{1-\chi} - \frac{\xi_0^{2-\chi}}{(2-\chi)!} + \frac{\xi_0^{3-\chi}}{(3-\chi)2!} - \frac{\xi_0^{4-\chi}}{(4-\chi)3!} + \dots + \frac{\xi_0^{n+1-\chi}}{(n+1-\chi)n!} - \dots \right] \right\} =$$

$$= \left\{ e^{-\xi_m} + \aleph^\chi \left[\frac{\xi_m^{1-\chi}}{1-\chi} - \frac{\xi_m^{2-\chi}}{(2-\chi)!} + \frac{\xi_m^{3-\chi}}{(3-\chi)2!} - \frac{\xi_m^{4-\chi}}{(4-\chi)3!} + \dots + \frac{\xi_m^{n+1-\chi}}{(n+1-\chi)n!} - \dots \right] \right\}. \quad (3)$$

2. $\chi=1$ bo'lganda

$$\left\{ e^{-\xi_0} (1 - \aleph \sigma) + \aleph \left[\ln|\xi_0| - \frac{\xi_0}{1 \cdot 1!} + \frac{\xi_0^2}{2 \cdot 2!} - \frac{\xi_0^3}{3 \cdot 3!} + \dots + \frac{\xi_0^n}{n \cdot n!} - \dots \right] \right\} =$$

$$= \left\{ e^{-\xi_m} + \aleph \left[\ln|\xi_m| - \frac{\xi_m}{1 \cdot 1!} + \frac{\xi_m^2}{2 \cdot 2!} - \frac{\xi_m^3}{3 \cdot 3!} + \dots + \frac{\xi_m^n}{n \cdot n!} - \dots \right] \right\}, \quad (4)$$

bu yerda ξ_0 va $\kappa - \xi_0 = \frac{\aleph}{\frac{1}{h_0^\chi}}$ formula bo'yicha topiladi; $\aleph = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{d0}}{\sigma}$, bunda $\xi_m - \xi_m = \frac{\aleph}{\frac{1}{h_{\max}^\chi}}$ formula bo'yicha.

H_{\min} ni aniqlash uchun

1. $\chi \neq 1$ bo'lganda

$$\left\{ \aleph^\chi \left[\frac{\xi_m^{1-\chi}}{1-\chi} + \frac{\xi_m^{2-\chi}}{(2-\chi)!} + \frac{\xi_m^{3-\chi}}{(3-\chi)2!} + \frac{\xi_m^{4-\chi}}{(4-\chi)3!} + \dots + \frac{\xi_m^{n+1-\chi}}{(n+1-\chi)n!} + \dots \right] - e^{\xi_m} \right\} =$$

$$= \left\{ \aleph^\chi \left[\frac{\xi_{\max}^{1-\chi}}{1-\chi} + \frac{\xi_{\max}^{2-\chi}}{(2-\chi)!} + \frac{\xi_{\max}^{3-\chi}}{(3-\chi)2!} + \frac{\xi_{\max}^{4-\chi}}{(4-\chi)3!} + \dots + \frac{\xi_{\max}^{n+1-\chi}}{(n+1-\chi)n!} + \dots \right] - e^{\xi_{\max}} \right\}. \quad (5)$$

2. $\chi=1$ bo'lganda

$$\left\{ \aleph \left[\ln|\xi_m| + \frac{\xi_m}{1 \cdot 1!} + \frac{\xi_m^2}{2 \cdot 2!} + \frac{\xi_m^3}{3 \cdot 3!} + \dots + \frac{\xi_m^n}{n \cdot n!} + \dots \right] - e^{\xi_m} \right\} =$$

$$= \left\{ \aleph \left[\ln|\xi_{\max}| + \frac{\xi_{\max}}{1 \cdot 1!} + \frac{\xi_{\max}^2}{2 \cdot 2!} + \frac{\xi_{\max}^3}{3 \cdot 3!} + \dots + \frac{\xi_{\max}^n}{n \cdot n!} + \dots \right] - e^{\xi_{\max}} \right\}, \quad (6)$$

bu yerda ξ_{\max} quyidagi formula bilan aniqlanadi $\xi_{\max} = \frac{\aleph}{\frac{1}{h_{\min}^\chi}}$.

(3) yoki (4) tenglamadan ma'lum bo'lgan κ , σ , χ va ξ_0 uchun ketma-ket yaqinlashish usuli bilan ξ_m qiymatini aniqlash mumkin, so'ngra formulalar yordamida h_{\max} va H_{\max} ni hisoblash mumkin

$$h_{\max} = \left(\frac{m_2}{\xi_{\max}} \right)^n \text{ va } H_{\max} = h_{\max} H_{za}. \quad (7)$$

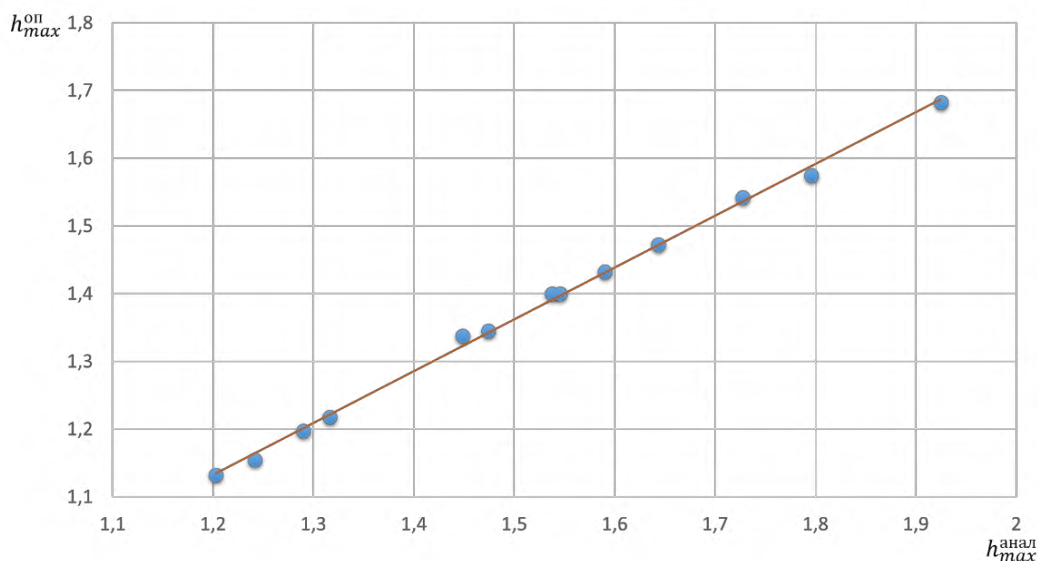
(5) yoki (6) tenglamadan ma'lum bo'lgan κ , σ , χ va ξ_m (h_{\max}) uchun ketma-ket yaqinlashishlar usuli bilan ξ_{\max} qiymatini aniqlash mumkin, so'ngra formulalar yordamida h_{\min} va H_{\min} ni hisoblash mumkin

$$h_{\min} = \left(\frac{m_1}{\xi_m} \right)^n \text{ i } H_{\min} = h_{\min} H_{za}. \quad (8)$$

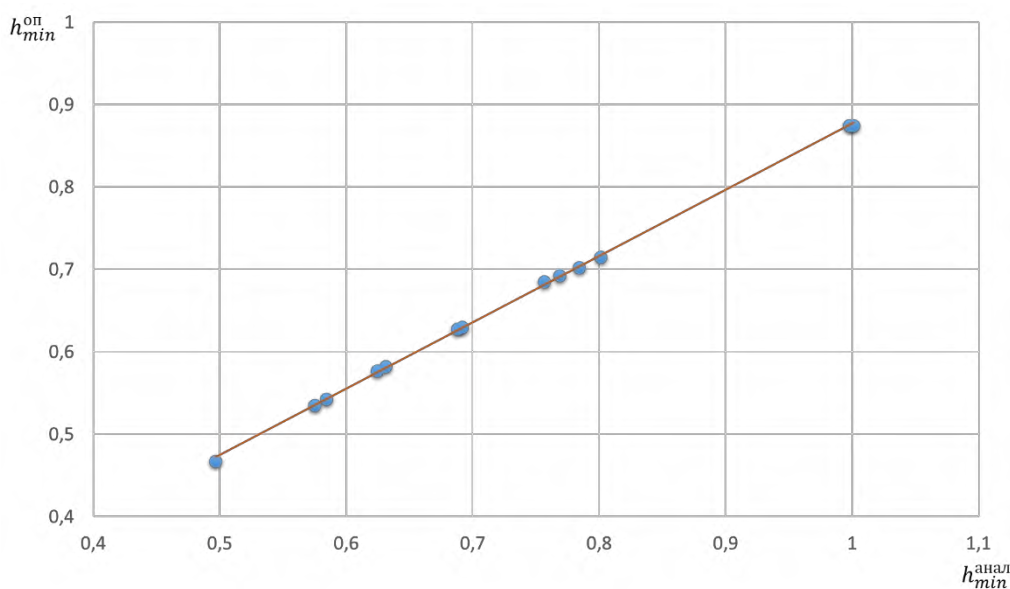
(3)-(6) tenglamalar yordamida h_{\min} va h_{\max} ni aniqlash vazifasi kompyuterda amalga oshiriladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, (3), (4), (5) va (6) taxminiy formulalardan foydalanish diafragmali havoli-suvli idishning o'lchamlarini 0÷14,5% chegara bilan aniqlash imkonini beradi [8].

Diafragmali havoli-suvli idishni hisoblash uchun yuqorida tavsiya etilgan analitik bog‘liqliklarning ishonchliligini tekshirish maqsadida eksperimental tadqiqotlar o‘tkazildi. $n=1,20$ bo‘lganda (3) va (5) formulalar yordamida diafragmali havoli-suvli idish o‘lchamlarini hisoblash natijalari tajriba ma’lumotlari [8] bilan taqqoslash natijalari 2 va 3-rasmda keltirilgan.



2-rasm. (3) formula bo‘yicha diafragmali havoli-suvli idish mavjudligida suv zarbining nazariy hisob-kitoblari natijalarini tajriba ma’lumotlari bilan taqqoslash [8].



3-rasm. (5) formula bo‘yicha diafragmali havoli-suvli idish mavjudligida suv zarbining nazariy hisob-kitoblari natijalarini tajriba ma’lumotlari bilan taqqoslash [8].

Muhokama

Adabiyot manbalarining tahlili shuni ko‘rsatadiki, ijobiy suv zarbi bilan uzun naporli quvur tizimida beqaror jarayon sodir bo‘ladi. Ushbu hodisaning oldini olish uchun naporli quvur tizimining oxirida o‘rnatilgan diafragmali havoli-suvli idishning mavjudligida gidravlik zarbani hisoblashning yangi usulini ishlab chiqish juda muhimdir.

Haydash quvurlarida suv zarbi kuchini susaytirish uchun ulanish quvurchasiga o‘rnatilgan dempferdagi mahalliy qarshilik o‘zgarishini va taklif qilingan idish ichidagi havoning siqilish va kengayish qonunini hisobga olish muhim hisoblanadi. Tavsiya etilgan so‘ndirgich dizaynining

optimal o'Ichamlarini aniqlash uchun chekli farqlar usulidan foydalangan holda gidravlik zarbaning differentsial to'liq tenglamalarini integrallashda ushbu omillarni ham hisobga olish kerak.

Xulosa

Shunday qilib, to'liqlik differentsial tenglamalarning nazariy yechimi natijasida suv zarbi so'ndirgichi mavjud bo'lganda bosimning oshishi bilan, suv zarbining maksimal va minimal naporini hisoblash uchun bog'liqliklar taklif etilgan.

Taklif etilayotgan (3) va (5) formulalarning ishonchliligi, suv zarbining maksimal va minimal naporlarining hisoblangan qiymatlari ularning tajriba qiymatlari bilan taqqoslash orqali isbotlangan [8].

Adabiyotlar

- [1] Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М., Гостехиздат, 1949. – 104 с.
- [2] Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. – М., Недра, 1975. – 296 с.
- [3] Evangelisti G. Il colpo d'aviete nelle condotte elevatorie munite di camera d'avia. – L'Energia, Elektrica. - Milano, 1938, № 9, p.600-615.
- [4] Дикаревский В.С. Водоводы. Монография. Труды РААСН. Строительные науки.т.3 – М.: РААСН, 1997. – 200 с.
- [5] Darson F.M., Kalinske A.A. Methods of calculating Water – hammer, pressures. – Journal of the AWWA, 1939, v.31, № 11, p.1835-1864.
- [6] Лямаев Б. Ф., Нелюбов Г. П., Неболсин В. А. Стационарные и переходные процессы в сложных гидросистемах. – Л.: Машиностроение, 1978. – 192 с.
- [7] Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося в трубопроводах. – М.: Энергоиздат, 1981. – 247 с.
- [8] Арифжонов А.М., Жонкobilov У.У., Л.Н. Самиев, Л.Н., Ибрагимова З.И., Апахужаева Т.У. Методика расчета воздушно – гидравлического колпака с диафрагмой. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании» - Пенза, 20.10.2018 г.- С.29-32.
- [9] Jonkobilov U., Jonkobilov S., Rajabov U., Bekjonov R., Norchayev, A. Shock wave velocity in two-phase pressure flow. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1030. Pp. 012129. DOI:10.1088/1757-899X/1030/1/012129.
- [10] Arifjanov A., Jonqobilov U., Jonqobilov S., Khushiev Sh., and Xusanova J. The influence of hydraulic friction on the maximum pressure of water hammer. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. 614. Pp. 012092. DOI:10.1088/1755-1315/614/1/012092.
- [11] Al-Khomairi A.M., Plastic water hammer damper, Aust. J. Civ. Eng. 8 (1) (2010) 73–81.
- [12] Kim S.G., Lee K.B., Kim K.Y., Water hammer in the pump-rising pipeline system with an air chamber, J. Hydrodyn. Ser. B 26 (6) (2015) 960–964.
- [13] Moghaddas S., The steady-transient optimization of water transmission pipelines with consideration of water-hammer control devices: a case study, J. Water Supply Res. Technol. - Aqua 67 (6) (2018) 556–565.
- [14] Kim S. Impulse response method for pipeline systems equipped with water hammer protection devices [J]. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 2008, 134(7): 961-969.
- [15] Жонкobilov У.У., Жонкobilov С.У., Ражабов У.М., Хушиев Ш.П. Учет влияния коэффициента политропы на гидравлический удар с двухкомпонентным потоком// Ж. Инновационные технологии. Спец. выпуск, Карши 2021, С. 43-47.