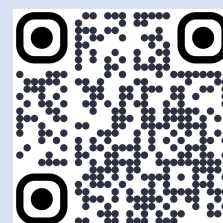




24-25-november 2023
International Conference journal on
“Climate Change Effects on Hydrology and Water Resources”

2023 yil 24-25-noyabr
“Iqlim o'zgarishi va suv resurslari gidrologiyasi”
xalqaro ilmiy-texnik anjuman jurnali

2023 год 24-25-ноябрь
“Изменение климата и гидрология водных ресурсов”
журнал международной научно-технической
конференции



This scientific collection was prepared based on the materials of the international conference on "Climate change effect on hydrology of water resources" held at Tashkent University of Architecture and civil engineering on November 24-25, 2023.

This collection is intended for international higher education institutions, institutes of the Academy of Sciences, experts of scientific research and design institutes, scientific staff, senior research staff candidates, independent researchers, graduate students and students on the impact of climate change on water resources, modern hydrology in water resources solutions, modern research in the hydraulics of structures, innovative technologies in hydrotechnical construction, modern problems of geotechnics, water supply, use of water resources and their protection, scientific results related to the topics of digital technologies in engineering infrastructure are highlighted.

Organising committee:	Ercan Kahya, TAQU/ITU, Uzbekistan/Türkiye (Rector) Nermin Şarlak, TAQU/KTUN, Uzbekistan/Türkiye Toshxo'jayev Alisher Ulxo'jayevich, TAQU, Uzbekistan Juraev Komil, TAQU, Uzbekistan Burkhanov Begzod, TAQU, Uzbekistan
International scientific committee	Prof. Dr. Ercan Kahya, TAQU/ITU, Uzbekistan/Türkiye Prof. Dr. Fayziev Xomitxon, TAQU, Uzbekistan Prof. Dr. Xusanxo'jayev O'lmas Imamovich, TAQU, Uzbekistan Prof. Dr. Rasulov Rustam Xayotovich, TAQU, Uzbekistan Prof. Dr. Buriyev Eshmurod Sattorovich, TAQU, Uzbekistan Prof. Dr. Arifjanov Aybek, TIQXMMI, Uzbekistan Prof. Dr. Nermin Şarlak, TAQU/KTUN, Uzbekistan/Türkiye Prof. Dr. Şahnaz Tiğrek, ISTE, Türkiye Prof. Dr. M. Cüneyt Demirel, ITU, Türkiye Prof. Dr. Eun Chul Shin, INU, South Korea Prof. Dr. M. Ali Ghorbani, University of Tabriz, Iran Assoc. Prof. Dr. Kuchkarova Dilafruz Xurramovna, TAQU, Uzbekistan Assoc. Prof. Dr. Mirzaev Askar Akramovich, TAQU, Uzbekistan Assoc. Prof. Dr. Sadykov Adkham Khamdamovich, TAQU, Uzbekistan Assoc. Prof. Dr. Baymatov Shaxriddin Xushvaqtovich, TAQU, Uzbekistan Assoc. Prof. Dr. Ibragimov Kudaybergen Ibragimovich, AEZOV, Kazakhstan Prof. Dr. Tursunova Elza Akramovna TAQU, Uzbekistan Assoc. Prof. Dr. Maxmudova Dildora Ernazarovna, TAQU, Uzbekistan Dr. Artykbaev Darxan Jaksylykovich, AEZOV, Kazakhstan Dr. Agnieszka Dabska, WUT, Poland Dr. Sarita Gajbhiye Meshram, WRAM, India Dr. Kharytonchyk Sergei BNTU, Belarus Ass.prof. Livanski Dzmityry BNTU, Belarus
Editors:	Burkhanov Begzod, TAQU, Uzbekistan Nishanova Iroda TAQU, Uzbekistan Galiyeva Dinara TAQU, Uzbekistan Umarov Dilshod TAQU, Uzbekistan

The authors are responsible for the content and quality of scientific articles and information included in this collection.

	ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД УЗБЕКИСТАНА	
18	<i>Марамов М.Б., Муродов П.Х.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ МУТНЫХ И ВЫСОКОМУТНЫХ ВОД НЕКОТОРЫХ ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ РЕКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	77
19	<i>Насиров Н.К., Курбонов Н.Б.</i> ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ЗЕМЛЕДЕЛИИ	83
3-SECTION HYDRAULICS		
20	<i>Solijonov M.V., Mirzoakbarov S.I.</i> QUYOSH HAVO QIZDIRGICHLARINING BOTIQ QUVURLI HAVO KANALLARIDAGI GIDRAVLIK QARSHILIK JARAYONLARINI ANIQLASH	89
21	<i>Matkaziyeu D.A., Vaxromova D., Xamdamboyeua A.</i> QUVURLARDA NAPOR YO'QOLISHI	93
22	<i>Апакхужаева Т.У., Фаффорова М.Ф., Арифжанов С.Р., Джумабоева Р.</i> КАНАЛЛАРИНИГ ФОЙДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ АНИҚЛАШ	96
23	<i>Abdulkhayev Z., Abdujalilova Sh., Abdumalikov R. R., Usmonaliyeva Sh. E.</i> KENGAYTIRUVCHI MEMBRANALI IDISH HAJMINI ANIQLASH	100
24	<i>Karimov I.T., Askarov X.A.</i> REKTIFIKARSION KOLONA APPARATININGNING GIDRAVLIK QARSHILIGINI XISOBLASH METODIKASI	106
25	<i>Abdulxayev Z.</i> SUV TA'MINOTI TIZIMIDA MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING ISHGA TUSHURISHDAGI GIDRAVLIK ZARB HODISASI	109
26	ENERGIYA TEJAMKOR OQIMCHALI NOSOSLARNI GIDRAVLIK HISOBLARI <i>Madraximov M.M., Zokirov F.Sh.</i>	112
27	<i>Gürol Yildirim</i> NEW ANALYTICAL ENERGY-GRADIENT RATIO APPROACH FOR MANIFOLD FLOW HYDRAULICS-I: METHODOLOGY	115
28	<i>Gürol Yildirim</i> NEW ANALYTICAL ENERGY-GRADIENT RATIO APPROACH FOR MANIFOLD FLOW HYDRAULICS-II: IMPLEMENTATION	129
29	<i>Maxsitaliyev B.I., Nazirqulov N.O.</i> TO'SATDAN KENGAYGAN KANALDA LAMINAR OQIM MUAMMOSINI YECHISH UCHUN ODDIY USULIDAN FOYDALANIB SONLI USULDA HISOBLASH	139
30	<i>Bekmamadova G. A., Toshxojayev A. U., Narbayev S.M., Asmandiyorava R.B</i> ISSUES OF ENSURING THE SAFETY OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES AND ENVIRONMENTAL FACTORS IN THEIR OPERATION	142
31	<i>Atakulov D. Y., Sotiboldiyeva Z.</i> KANALLARNI GIDRAVLIK HISOBLASH USULLARI	150
32	<i>Жонкобилов У., Жонкобилов С., Хушиев Ш., Жонкобилов Б.</i> ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБОПРОВОДЕ С ВОЗДУШНОЙ КАМЕРОЙ	155
33	<i>Жонкобилов У., Жонкобилов Б., Хушиев Ш., Баходиров Ш.,</i> МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫЙ НАПОР В ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ ПРЯМОМ ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ УДАРЕ	162
34	<i>Жонкобилов У., Ражабов У., Жонкобилов Б., Улугмурадов М.</i> ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР С РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ ПОТОКА	169

6. Блохин В.И. К вопросу о практических расчетах гидравлического удара в напорных оросительных сетях. Автоматизация закрытых оросительных систем, том XV, выпуск 9, сборник Новочеркасского инженерно – мелиоративного института, 1976. с.29-34.
7. Смирнов Д.Н., Зубов Л.Б. Гидравлический удар в напорных водоводах. – М., Стройиздат, 1975. – 125 с.
8. Зубов Л.Б. Максимально возможное повышение давления в трубопроводе. – Строительство трубопроводов, 1974, № 9, с.23-26.
9. P.F. Boulos, B.W. Karney, D.J. Wood, S. Lingireddy, Hydraulic transient guidelines for protecting water distribution systems, Am. Water Works Assoc. 97 (5) (2005) 111–124.
10. Ghidaoui M.S., Zhao M., Duncan A.M., David H.A. A review of water-hammer theory and practice, Appl. Mech. Rev. 58 (2005) 49–76.
11. Adamkowski A., Henclik S., Janicki W., Lewandowski M. The influence of pipeline support stiffness onto the water hammer run, Eur. J. Mech. B Fluids 61(part 2) (Jan./Feb. 2017) 297–303.
12. Alberto J., Conejero, Lizama C., Rodenas F. Dynamics of the solutions of the water hammer equations [J]. Journal of Topology and its Applications, 2016, (203): 67–83.
13. Besharat M., Tarinejad R., Aalami M.T., Ramos H. Study of a compressed air vessel for controlling the pressure surge in water networks: CFD and experimental analysis, Water Resour. Manag. 30 (8) (2016) 2687–2702.
14. Bojan Ivljanin, Vladimir D. Stevanovic, Aleksandar Gajic. Water hammer with non-equilibrium gas release. - International Journal of Pressure Vessels and Piping, 165 (2018) 229 – 240.
15. Daude F., Tijsseling A.S., Galon P., Numerical investigations of water-hammer with column-separation induced by vaporous cavitation using a one-dimensional Finite Volume approach, J. Fluid Struct. 83 (2018) 91–118.
16. A. Triki, Further investigation on water-hammer control inline strategy in watersupply systems, J. Water Supply Res. Technol. Aqua 67 (1) (2018) 30–43.

УДК 532.595.2:532.529

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР С РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ ПОТОКА

Жонкобилов Улугмурад, д.т.н., проф., ВВАУ РУ зав. кафедры

Ражабов Улугбек, PhD, доц., КарИЭИ

*Жонкобилов Бектемир, ст. преподаватель кафедры «Экология и охрана окружающей среды»
КарИЭИ*

Улугмурадов Муродилла, студент, КарИАИ НИУ «ТИИИМСХ»,

Аннотация. Статья посвящена к исследованию максимального напора при гидроударе с понижения давления с учетом без перелома и с переломом профиля по длине напорного трубопровода. В статье представлен анализ научных работ, посвященных определению основных параметров гидроудара, влияющих на прочностные показатели напорных трубопроводов при наличии вышеперечисленных условий. В статье проведены аналитические и экспериментальные исследования по определению основных параметров гидроудара, обеспечивающих нормальную работу напорных систем. В статье получены зависимости для расчета максимального давления отрицательного гидроудара с учетом без перелома и с переломом профиля напорного трубопровода, которые повышают

надежность напорной системы и обеспечивают ресурсосбережение в условиях эксплуатации и при проектировании напорных трубопроводов.

Ключевые слова: гидроудар с понижения давления, максимальный напор гидроудара, насос, нарушение сплошности потока, прочность трубопровода, реальная жидкость.

Введение. В настоящее время важное значение имеют расчеты напорных трубопроводов насосных станций на гидравлический удар с понижения давления. Более точный расчет позволяет применять трубы без излишних запасов прочности, более правильно подбирать для них средства защиты [1,2,3,4].

Задача уточнения существующих и разработки новых методов расчета гидравлического удара требует проведения новых теоретических и экспериментальных исследований гидравлического удара в реальной жидкости [5,6,7,8].

Целью исследований настоящей работы является теоретическое и экспериментальное исследование отрицательного гидравлического удара с разрывом сплошности потока в длинных напорных трубопроводах с учетом сил трения и разработку достаточно простого для практического применения способа его расчета [4,5,6].

В настоящее время можно считать, что теория гидравлического удара без разрыва неразрывности идеального потока разработана достаточно полно [1,2,3,4]. Развитой в достаточной степени теорией гидравлического удара реальной жидкости в настоящее время мы еще не располагаем. Последнее объясняется определенными трудностями математического порядка, которые возникают при решении различных задач по гидравлическому удару после введения в исходные дифференциальные уравнения неустановившегося движения жидкости сил вязкости. Нерешенными до сих пор остаются, такие вопросы, как учет потерь энергии при “восстановлении” давления трения в фазе удара, затухание ударных колебаний во времени и т.д. [5,6,7].

Гидравлический удар с разрывом сплошности потока является одной из наиболее сложных задач в теории неустановившегося движения реальной жидкости в трубах [1,2,3,5]. Анализ исследований гидравлического удара с разрывом сплошности потока А.Ф.Мостовского, Д.Н.Смирнова, Л.Ф.Мошникова и ряда других авторов показывает, что до сих пор еще нет единого мнения не только о величине, но даже о возможности повышения ударного давления сверх значения, определяемого по формуле Н.Е.Жуковского [1,2,3,5,8,9].

Методика исследований. В работе решением дифференциальных уравнений неустановившегося движения маловязкой реальной жидкости при квадратичном законе трения решается задача учета потерь энергии при “восстановлении” давления трения в фазе ударе [5,8,9]. Рассматривается вопрос о максимально возможном давлении при гидравлическом ударе с разрывом сплошности потока [3,4,5]. Для оценка точности полученных решений их результаты сопоставляется с данными экспериментов, произведенных на напорных трубопроводах.

В работе рассматривается теоретическое решение задачи учета потерь напора на трение при прямом гидравлическом ударе, который вызывается мгновенным закрытием затвора, установленного после насоса начинается с понижения давления [3,4,5]. Анализ имеющихся решений показывает, что они математически не достаточно корректны, а окончательные результаты разноречивы [5,6,7].

За исходные принимаются уравнения гидромеханики реальной жидкости [1,2,6,9]:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial H}{\partial x} &= \frac{1}{g} \left(\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial t} + \frac{\lambda}{2d} \mathcal{G}^2 \right) \\ -\frac{\partial H}{\partial t} &= \frac{c^2}{g} \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где H – напор; \mathcal{G} – скорость движения воды; λ – коэффициент гидравлического сопротивления; g – ускорение силы тяжести; d – диаметр трубопровода; c – скорость распространения ударной волны; x – продольная координата; t – время.

Уравнения (1) интегрируются при начальном условии

$$0 < x \leq l \quad \mathcal{G} = \mathcal{G}_0, \quad H = H_0 \quad \text{при } t \leq 0$$

и граничных условиях [2,3]

$$x=0 \quad H = H_0 = \text{const} \quad \text{при любом } t;$$

$$x = |l - ct| \mathcal{G} = \frac{g}{c} h_m \left(\frac{l - x}{l} \right) \quad \text{при } 0 \leq t \leq 2l/c, \quad (2)$$

где \mathcal{G}_0 – начальная скорость движения воды; H_0 – статический напор; h_m – потери напора на трение по всей длине трубопровода при начальной скорости движения воды, определяемые по формуле Дарси-Вейсбаха.

Граничное условие (2) получено из равенства живой силы, обуславливающей скорость движения воды при неустановившемся движении, и работы, которая затрачивается на деформацию трубопровода и воды разностью давлений, возникающей при гидравлическом ударе в двух смежных сечениях трубопровода из-за потерь напора на трение до удара [2,3].

В результате решения определили, что

$$H = H_0 + \frac{c \mathcal{G}_0}{g} - \frac{\alpha^2}{3} h_m, \quad (3)$$

где $\alpha = h_m g (c \mathcal{G}_0)^{-1}$ – отношение потерь напора на трение при установившемся режиме течения к величине повышения давления при ударе по формуле Н.Е.Жуковского[1].

В зависимости (3) последний член выражает потерю энергии на трение за фазу удара. Из этой зависимости не трудно установить, что для значений $0 < \alpha \leq 0,5$ с практически приемлемой точностью максимально возможное давление при ударе можно определять с некоторым запасом по формуле Н.Е.Жуковского[1]

$$H = H_0 + \frac{c \mathcal{G}_0}{g}.$$

Таким образом, при расчете прямого гидравлического удара, начинающегося с повышения давления, когда относительные потери на трение (α) не превышают 0,5, ударное давление с практически приемлемой точностью можно определять по формуле Н.Е.Жуковского, т.е. потерями энергии при “восстановлении” давления трения в фазе удара можно пренебречь.

Следует отметить, что условия $\alpha \leq 0,5$ отвечают многие водоводы систем водоснабжения. Данные опытов различных авторов и проведенных нами (расхождение до 5 %) подтверждают правильность полученного решению.

В работе также излагаются результаты теоретического и экспериментального исследования вопроса о максимально возможном давлении при гидравлическом ударе с разрывом неразрывности потока.

Гидравлический удар, сопровождаемый кавитацией потока [7], следует рассматривать как один из видов неустановившегося движения двухфазной среды (жидкость-газ). Однако в

настоящее время гидравлика не располагает какой-либо замкнутой системой дифференциальных управлений, описывающих данный режим течения жидкости [7]. Поэтому при выводе аналитических зависимостей для расчета гидравлического удара с разрывом неразрывности потока приходится прибегать к упрощениям и схематизации этого сложного явления.

При решении задачи сначала были приняты следующие условия

$$\begin{aligned} 0 \leq x \leq l \quad g = g_0 \quad H = H_0 \quad \text{при } t \leq 0; \\ x = l \quad H = H_0 = \text{const} \quad \text{при любом } t; \\ x = 0 \quad V \leq |V_0|, \quad H \geq h_v = \text{const} \quad \text{при } t \geq 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где h_v – величина вакуума в трубопроводе при гидравлическом ударе в фазе понижения давления.

Физический смысл условия (4) заключается в том, что при гидравлическом ударе скорость движения воды в обратном направлении, которая достигается за счет заполнения пустот в зоны разрыва, на границе с этой зоной может быть только равна или меньше скорости движения воды в прямом направлении. Это ограничение следует из закона сохранения энергии и физического условия, заключающегося в том, что при ударе давления в трубопроводе не может упасть ниже некоторого предела [2,3].

На основании общего интеграла Н.Е. Жуковского дается решение рассматриваемой задачей для случая напорного волнового движения упругой идеальной жидкости [1]. При этом принимается, что граница раздела зоны разрыва неразрывности и сплошного потока представляет собой вертикальную плоскость, а переходная кавитационная область отсутствует.

Согласно этому решению максимально возможное давление при гидравлическом ударе с разрывом неразрывности потока составляет, отсчитывая от атмосферного, величину [7].

$$H = H_0 + \frac{c g_0}{g} + \Delta h, \quad (5)$$

где, $0 \leq \Delta h \leq H_0$ – добавка давления благодаря упругости воды и трубопровода сверх величины, определяемой по формуле Н.Е.Жуковского [1].

В реальных условиях за счет потерь напора на трение в трубопроводы ударное движение снижается по сравнению со значением, исчисляемым по (5). Учитывая потери напора на трение по А.Ф.Мостовскому [2], граничное условие (4) представляется как

$$x=0 \quad g \leq \left| g_0 \sqrt{\frac{H_0 + h_g}{H_0 + h_m + h_g}} \right|, \quad H \geq h_g = \text{const} \quad \text{при } t > 0. \quad (6)$$

Результаты исследований. В процессе эксплуатации меняется гидравлическая характеристика водовода, может меняться и режим подачи воды. Так как давление при гидравлическом ударе пульсирующего характера и может как увеличиваться, так и уменьшаться при изменении скорости движения воды, в зависимости (5) значение Δh принимается максимально возможное и равное H_0 . В этом случае, пренебрегая потерями энергии, имеющими место при восстановлении статического напора и при увеличении обратной скорости в трубопроводе сверх определяемой по (6) величины, из (5) получили [4,6]:

$$H = (H_0 - h_g) + \frac{c g_0}{g} \sqrt{\frac{H_0 + h_g}{H_0 + h_m + h_g}} + (H_0 + h_g) \frac{H_0 + h_g}{H_0 + h_m + h_g}. \quad (7)$$

Зависимость (7) учитывает упругость воды, трубопровода и силы вязкости и дает возможность определить максимально возможное давление при гидравлическом ударе с разрывом неразрывности потока.

Результаты расчетов по зависимости (7) сопоставлены с опытами [2,3]. Совпадение опытных данных с теоретическими имеет достаточную сходимость.

Экспериментальное изучение гидравлического удара с разрывом неразрывности потока вышеперечисленными исследователями [2,3] проводилось на установках с горизонтальными трубопроводами. Для исследования рассматриваемого удара в наклонном трубопроводе было смонтировано опытная установка, которая представлена стальным трубопроводом $d=70$ мм, длиной 445 м и со статическими напорами соответственно 51,8 м. и 35,9 м. На расстоянии 2,5 м от насоса стеклянный трубопровод через трехходовой пробковый кран подключался к стальному трубопроводу, что давало возможность переключать подачу воды насосом на один из двух трубопроводов. Начальный участок стального трубопровода длиной 171 м без ярко выраженных переломов проложен с крутым подъемом до отметки +40,6 м, остальная часть без переломов имело сравнительно небольшой подъем +11,2 м. На установке предусматривалась возможность создавать гидравлический удар как с понижением, так и с повышением давления. Коэффициенты гидравлического сопротивления трубопроводов определялись опытным путем [4,7].

Исследования проводились при скоростях установившегося движения воды в стальном трубопроводе в пределах от 0,1 м/с до 2,2 м/с, в стеклянном – от 0,1 м/с до 2,6 м/с. Гидравлический удар создавался путем практически мгновенного (0,02 – 0,05 сек.) закрытия пробкового крана. Запись колебаний давлений при гидравлическом ударе осуществлялась с помощью специально созданного прибора с подачей сигнала на компьютер. В процессе проведения опытов разрывы неразрывности потока в трубопроводе наблюдались визуально (в стальном трубопроводе через прозрачные вставки у пробкового крана и на переломе). Методика проведения экспериментов и обработки опытных данных приводится в [4,6].

Всего было выполнено три серий опытов. В опытах воспроизводился гидравлический удар, начинающийся с понижения давления. Гидравлический удар, начинающийся с понижения давления, исследовался на стальном трубопроводе.

Данные опытов показали, что во всех сериях, в некотором диапазоне скоростей, при котором наблюдался разрыв сплошности потока, имеет место превышение ударного давления над величиной, определяемой по формуле Н.Е.Жуковского [1]. При этом данный диапазон скоростей в зависимости от гидравлической характеристики трубопроводе и высоты колонны воды над местом разрыва меняется в пределах от 0,1 м/с до 1,8 м/с. Максимальное превышение ударного давления над значением, вычисленным по формуле Н.Е.Жуковского [1], на трубопроводах без переломов равно статическому напору. На трубопроводах с переломом это превышение равно разности отметок точки перелома (места верхнего разрыва неразрывности потока) и уровня воды в баке. С увеличением скорости движения воды до удара за счет действия сил вязкости ударное давление становится меньше величины по формуле Н.Е.Жуковского [1].

Превышение ударного давления над величиной по решению А.Ф.Мостовского [2] имеет место во всем диапазоне скоростей, при котором наблюдался разрыв неразрывности потока. При этом максимальное значение этого превышения на трубопроводах без переломов равно статическому напору, а на трубопроводах с переломом – высоте колонны воды над местом верхнего разрыва, т.е. разности отметок точки перелома и уровня воды в баке. С увеличением

скорости движения воды до удара под влиянием сил трения прибавка ударного давления, возникающая благодаря упругости воды и трубопровода, (в формуле (5) величина Δh), уменьшается [4].

Расчетные кривые по зависимости (7) вполне удовлетворительно охватывают сверху данные опытов на трубопроводах без переломов.

В опытах на трубопроводах с переломом напор, возникающий в результате удара оседающей нижней колонны о закрытый пробковый кран, всегда был меньше давления, определяемого по Н.Е.Жуковскому [1]. Максимальное колебание давления всегда было следствием соударения верхней колонны о нижнюю. Поэтому по аналогии с зависимостью (7) для трубопроводов с переломом получили [4,6]:

$$H = (H_0 - h_e) + \frac{c g_0}{g} \sqrt{\frac{h + h_e}{h + h'_m + h_e}} + (h + h_e) \frac{h + h_e}{h + h'_m + h_e}, \quad (8)$$

где h – высота верхней колонны (разность отметок точки перелома и уровня воды в баке);

$$h'_m = \frac{\lambda l' g_0^2}{d 2g},$$

l' - длина трубопровода от места перелома до конца трубопровода.

Расчетные кривые по зависимости (8) удовлетворительно охватывают данные опытов на трубопроводах с переломом. Расчетные данные по зависимостям (7) и (8) удовлетворительно согласуются с опытными данными гидравлического удара, начинающегося с повышения давления (табл. 1).

Поскольку на трубопроводе длиной 265 м верхняя часть после перелома была практически горизонтальна, т.е. высота колонны воды над верхним разрывом равнялась 3,4 м, то в опытах этой серии превышение ударного давления значения по решению А.Ф.Мостовского [2] практически не наблюдалось. Опытные точки легли по решению А.Ф.Мостовского [2], что и следует из теоретической зависимости (8) при $h \rightarrow 0$.

В некоторых опытах на трубопроводах с небольшими гидравлическими сопротивлениями интересен факт увеличения ударного колебания в последующей фазе повышения давления по сравнению с предыдущей, что может быть объяснено пульсирующим характером прибавки давления благодаря упругости трубопровода и воды при гидравлическом ударе с разрывом неразрывности потока [4]. Так как гидравлическое сопротивление сравнительно невелико, то потери напора на трение за фазу удара также небольшие. Уменьшение за счет трения скорости движения воды в обратном направлении в последующей фазе в некоторых случаях приводит к увеличению прибавки давления благодаря упругости трубопровода и воды. В результате увеличения этой прибавки не только покрывается потеря энергии на трение, но и увеличивается ударное колебание. Визуальное наблюдение и анализ экспериментальных данных позволили установить некоторые положения, характеризующие с качественной стороны сложный процесс образования и развития кавитационной полости в трубопроводе при гидравлическом ударе [4,6].

Таблица 1.

Сопоставление расчетных данных с характерными опытами гидравлического удара, начинающегося с понижения давления и сопровождающегося разрывом сплошности потока

					Максимальный напор
--	--	--	--	--	--------------------

Скорость движения воды, м/сек.	Статический напор, м	Разность отметок конца трубопровода и точки его перелома, м	Потери напора на трение, м	Напор по формуле Н.Е.Жуковского, м	Опытный, м	по зависимости (7), м	по зависимости (8), м
Наклонный трубопровод без переломов							
0,60	40,6	-	0,9	122,9	159,0	161,8	-
1,00	40,6	-	2,5	178,3	212,0	212,0	-
1,40	40,6	-	4,9	232,9	253,0	260,4	-
1,80	40,6	-	8,1	288,4	306,0	314,1	-
2,20	40,6	-	12,1	343,6	334,0	342,1	-
Наклонный трубопровод с переломом							
0,20	51,8	11,2	0,3	79,3	90,0	-	90,2
0,90	51,8	11,2	5,4	175,8	173,0	-	174,6
2,10	51,8	11,2	29,4	340,8	264,0	-	260,0
0,50	44,0	3,4	1,0	112,8	114,0	-	114,4
1,20	44,0	3,4	5,5	209,0	200,0	-	197,7
2,00	44,0	3,4	15,2	319,4	270,0	-	270,2

Таким образом, при гидравлическом ударе с разрывом неразрывности потока как в горизонтальном трубопроводе, так и в наклонном без переломов, наибольшее полное давление можно определять по зависимости (7) [4,6].

В наклонном трубопроводе с переломом при разрыве в процессе удара столба воды в переломной точке полное давление от соударения верхней колонны жидкости о нижнюю, находящуюся в состоянии покоя, можно определять по зависимости (8) [4,6].

Величина добавки давления, возникающая благодаря упругости трубопровода и воды, при гидравлическом ударе с разрывом столба жидкости при всех прочих равных условиях зависит от геометрических и гидравлических параметров трубопровода [6].

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В результате теоретического решения получено граничное условие (2) и решением дифференциальных уравнений неустановившегося движения реальной жидкости при квадратичном законе трения получена расчетная зависимость (3). Последняя позволяет учитывать потерю энергии, которая обуславливается дополнительными местными передвижками воды при «восстановлении» давления трения в фазе удара.

2. Исследованием решения (3) и сопоставлением его с данными экспериментов установлено, что при расчете прямого гидравлического удара, начинающегося с понижения давления и ударное давление с практически приемлемой точностью можно определять по формуле Н.Е.Жуковского, когда относительные потери на трение не превышает 0,5. Этому условию отвечают многие трубопроводы напорных систем.

3. Получена расчетная зависимость (7) для определения наибольшего полного давления при гидравлическом ударе с разрывом неразрывности потока как в горизонтальном трубопроводе, так и в наклонном без переломов.

4. Получена расчетная зависимость (8) для определения наибольшего полного давления при гидравлическом ударе с разрывом сплошности потока как в горизонтальном трубопроводе, так и в наклонном с переломов.

5. Сопоставление расчетных данных по зависимостям (7) и (8) и экспериментальных максимальных значений ударных давлений показывает их хорошее совпадение.

Литература

1. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М., Гостехиздат, 1949. – 104 с.
2. Мостовский А.Ф. Исследования гидравлического удара в трубах при малых напорах. – Труды МИИТа, М., 1929, вып.11, с.263-304.
3. Мошнин Л.Ф., Тимофеева Е.Т. Указания по защите водоводов от гидравлического удара. – М., Стройиздат, 1961, - 227 с.
4. Жонкобиллов У.У. Определение максимального давления при гидравлическом ударе в трубах. Инновационное развитие. Международный научный журнал. г. Пермь, №4, 2018, с. 25-27.
5. Жонкобиллов У.У. Исследование гидравлического удара с разрывом сплошности потока в трубопроводах. Қайта тикланувчи энергетиканинг замонавий муаммолари. Республика илмий – амалий анжумани. Қарши, 2018 йил 18-19 май, 505-507 б.
6. Жонкобиллов У.У. Исследование максимальных напоров при гидравлическом ударе с разрывом сплошности в газожидкостном напорном патокe. // журнал «Вестник ТашГТУ», №4, Ташкент, 2018. –137-141.
7. Jonkobilov U.U. About calculation of a hydraulic hitting absorber - ir-hydraulic cap with diaphragm.//European Science review Scientific journal Austria, Vienna. № 9-10. 2018-P.192-194.
8. P.F. Boulos, B.W. Karney, D.J. Wood, S. Lingireddy, Hydraulic transient guidelines for protecting water distribution systems, Am. Water Works Assoc. 97 (5) (2005) 111–124.
9. A. Triki, Further investigation on water-hammer control inline strategy in watersupply systems, J. Water Supply Res. Technol. Aqua 67 (1) (2018) 30–43.

КАНАЛЛАРНИНГ ФойДАЛИ ИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ АНИҚЛАШ

Т.У.Анакхужаева, “ТИҚХММИ” МТУ доценти
М.Ф.Ғаффорова, “ТИҚХММИ” МТУ ассистенти
Д.Матказиев, ТАҚУ катта ўқитувчиси
Р. Джумабоева, “ТИҚХММИ” МТУ магистранти

Аннотация: Республикамизда фойдаланиладиган сув ресурслари асосан трансчегаравий бўлганлиги туфайли кундан кунга ортиб бораётган сув тақчиллиги шароитида қишлоқ хўжалиги майдонларидан кафолатли ҳосил олиш, пировардида мамлакат аҳолисини озик-овқат маҳсулотлари, шу жумладан қишлоқ хўжалик маҳсулотлари билан етарли даражада таъминлаш учун мавжуд сув ресурсларидан самарали фойдаланиш ва суғоришнинг сув тежовчи технологияларини кенг жорий қилиш мақсадга мувофиқ саналади. Сув ресурсларидан самарали фойдаланиш учун сув етказиб берувчи тизимларнинг фойдали иш коэффициенти