



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIV HARBIY AVIATSIYA BILIM



SAMO QALQONLARI

ILMIY-AXBOROT JURNALI



3 (7)
2023

SAMO QALQONLARI



O'zbekiston Respublikasi Oliy
harbiy aviatsiya bilim yurti

Высшее военное авиационное
училище Республики
Узбекистан

The Higher Military Aviation
School the Republic of Uzbekistan

TAHRIRIYAT MANZILI:

180117, Qarshi shahri, Jayxun
ko'chasi 54 uy O'R OHABYu

Ilmiy - uslubiy bo'limi

Tel: (+998 75) 221-20- 12

(+998 75) 221-21- 92

Faks: (+998 75) 221-21-54

E-mail-airforce@umail.uz

E-xat:konselyariyavvauru@exat.uz

Jurnal O'zbekiston Respublikasi
Vazirlar Mahkamasining Oliy
Attestatsiya Komissiyasining
2022 yil 30-apreldagi 315/1 sonli
rayosatidan o'tgan.

**O'zbekiston Respublikasi Oliy harbiy aviatsiya bilim
yurti Ilmiy-uslubiy kengashi**

Tahrir hay'ati

Tahrir kengashi raisi: Burxonov A.J., general-
mayor, O'zbekiston Respublikasi Mudofaa vazirining
o'rinbosari - Havo Hujumidan Mudofaa Qo'shinlari va
Harbiy Havo Kuchlari Qo'mondoni

Tahrir kengashi raisi o'rinbosarlari:

Xamraev A.A., polkovnik, O'zbekiston
Respublikasi Oliy harbiy aviatsiya bilim yurti boshlig'i

Ummataliev K.A., polkovnik HHMQ va HHK
qo'mondonining o'rinbosari - bosh muhandisi

Suvanov A.U., polkovnik Chirchiq aviatsiya
ta'mirlash zavodi davlat korxonasi direktori

Bosh muharrir: S.X. Yakubov t.f.d., (DCs)
professor, O'zbekiston Respublikasi Oliy harbiy
aviatsiya bilim yurti Umumtexnika fanlari kafedrasini
professori

Bosh muharrir o'rinbosari: Dusmatov X.A.,
dotsent, polkovnik O'R OHABYB O'IBO'

Hay'at a'zolari:

Abdurayimov S.S., h.f.d., professor, polkovnik
CHOTQMBY boshlig'ining o'quv va ilmiy ishlar
bo'yicha birinchi o'rinbosari

Raximov B.N., t.f.d., (DSc) professor O'R MV
AKT va AHI boshlig'i o'quv va ilmiy ishlar bo'yicha
birinchi o'rinbosari

Elmuradova L.N., f.f.n., dotsent, Qurolli kuchlar
xizmatchisi, O'R OHABY Tillar kafedrasini professori

Saatova L.E., i.f.f.d., (PhD), Qurolli Kuchlar
xizmatchisi, O'R OHABY Axborot texnologiyalari
kafedrasini o'qituvchisi

Alikulov Y.A., t.f.d., (PhD), podpolkovnik, O'R
OHABY O'quv bo'limi boshlig'i

Jonkobilov U., t.f.d., (DCs) professor, O'R
OHABY Umumtexnika fanlari kafedra boshlig'i

Tajiev J.A., mayor t.f.n., (PhD), O'R MV AKT
va AHI Ilmiy - tadqiqotlar laboratoriyasi boshlig'i

Ergasheva R.T., f.f.f.d., (PhD), Qurolli Kuchlar
xizmatchisi, O'R OHABY Tillar kafedrasini dotsenti

Maxmanova X.N., t.f.f.d., (PhD), Qurolli
Kuchlar xizmatchisi, O'R OHABY ijtimoiy-iqtisodiy
va gumanitar fanlar kafedrasini professori

Eshtemirov J.S., t.f.f.d., (PhD), Qurolli Kuchlar
xizmatchisi, O'R OHABY ijtimoiy-iqtisodiy va
gumanitar fanlar kafedrasini dotsenti

Ma'sul kotib:

Tuganov G.Sh., dotsent, podpolkovnik O'R
OHABY Aviatsiya jihozlari kafedra boshlig'i

I. QUROLLI KUCHLAR TIZIMIDA AVIATSIYA, MUHANDISLIK, KONSTRUKTORLIK, AVIATSIYA TEXNIKALARINI QO'LLASHDA ASOSIY MUAMMOLAR VA RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI

1. Рахмонов В.Н. Современные состояния и перспективы развития радиосветотехнических средств обеспечения полетов.....	4
2. Мекамбаев Б.А. Порядок вычисления вектора движения с использованием инерциальной навигационной системы.....	10
3. Матмуродов Ф.М., Ибрагимов С.И Научно-технологический прогресс конструкции беспилотников и их разработке и производства мировыми лидерами.....	18
4. Эшқувватов Ш.Н., Умаров А.В., Махмудов Н.А. Ўта-ўтказувчан материалларнинг химик-физик хоссаларини диагностикаси ва уларнинг ҳарбий соҳоларда қўлланилиши.....	24
5. Мекамбаев Б.А. О возможностях мультисистемных модулей навигации беспилотных летательных аппаратов.....	27
6. Нопқуллов Э.О., Ахмадалиев А.А. Выбор алгоритмов диагностирования гтд по функциональным параметрам.....	34
7. Қобилов А.С., Соатов Б.Т. Вертолётнинг бошқарув тизимлари ва механизмлари.....	39
8. Спрожев Х.Х. Зирҳли танк ва техникаларининг ички ёнув двигателларинг мойлаш тизими учун БРОФ-10-1 бронза қукунларидан яратилган фильтрловчи элементларини синаш ахборот моделини яратиш.....	44
9. Ummatqulov F.M., Shamudinov Sh.K. Tankka qarshi mudofaa tizimini mavjud holati, tashkil etishdagi muammolar, ularni yechimi.....	51
10. Zaporov A., Mullaionov R., Zafarov A The development of anti-corrosion heterocomposite coatings for machine parts by using local raw materials.....	60
11. Спрожев Х.Х. Анализ методов исследование пористости фильтрующих элементов изготовленных из металлических порошковых материалов.....	67
12. Соттаров Ф.Д. К вопросу эксплуатации автомобильной техники в условиях жаркого климата и запыленности.....	71
13. Жонқобилов У.У., Дусматов Х.А., Эгамназаров Т.Р., Жонқобилов С.У. Исследование гидравлического удара на низконапорной насосной установке.....	77
14. Жонқобилов У.У., Дусматов Х.А., Жонқобилов С.У., Жонқобилов Б.У. Максимальное давление гидравлического удара в напорных трубопроводах.....	80
15. Хуррамов Ж.А., Райимов А., Эшбобоев Э.Э. Метод представления априорной плотности вероятности траекторных признаков селекции прр на основе модификации обобщенного распределения Гаусса.....	85
16. Гофуров Ё.К. Пути модернизации радиолокационной станции П-18 «ТЕРЕК».....	90
II. HARBIIY TA'LIMDA IJTIMOIIY-GUMANITAR FANLARNING ISTIQBOLLARI	
17. Шевелёв А.А., Хужаназаров Ш.А. Исследование существующих подходов к имитационному моделированию воздушной тактической обстановки в автоматизированных информационных системах.....	95
18. Shaxobidinov V.E., Diabborov Sh.X. Havo yo'llari transportlarida amalga oshiriladigan harbiy tashishlar.....	102
19. Oobulov S.M. Amir Temur davlatida Kengash – demokratik boshqaruv instituti.....	109
20. Тилъев А.Н. Современные проблемы тактики военно-воздушных сил и пути их решения.....	113
21. Oobulov S.M. Milliy istiqlolchilik harakati namoyondalarining harbiy rahbar	

sifatida shaxsiyatiga chizgilar.....	121
22. Амонов Н.А. Булажак ҳарбий хизматчилар касбий компетентлигини такомиллаштиришнинг илмий- назарий таҳлили.....	128
23. Xolmatov E.E O'rta Osiyoning bronza davri migratsion jarayonlari.....	135
24. Jo'raboev Sh.Y. Pedagogika fanining mazmun va mohiyati.....	141
25. Санчик Д.В. Особенности занятий оздоровительным бегом в работе по безопасному снижению веса.....	147
26. Қаримов Д.С. Оператив санъатнинг шаклланиши ва замонавий қуролли низоларда ривожланиши.....	151
27. Ахмедов Ж.А. Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигидаги мавжуд ички имкониятлар ҳисобига озиқ-овқат хавфсизлиги муаммоларини бартараф этиш йўллари.....	156
28. Buranov J.Sh. Milliy gvardiya bo'linmalarining Ichki ishlar vazirligi bilan hamkorligini joriy holati va ahamiyati. (Rossiya Federatsiyasi Ros gvardiyasi tajribasi misolida)	160
29. Қучқаров Б.Т. Ҳарбий хизматчиларнинг умуммаданий компетентлигини ривожлантириш тенденциялари.....	164
30. Savdullayev U.U. Yosh avlodni vatanparvarlik ruhida tarbiyalashda bobur hayoti va ruhiyatini o'rganilishi va hozirgi zamon talqinida.....	167
31. Xalilov Sh.E. Kursantlar va tinglochilarni yengil atletika mashg'uloti yuklamalarini nazorat qilish texnologiyasi.....	171
32. Тошова Ф. Содержание учебника русского языка в методике преподавания русского языка как иностранного.....	177
33. Джаббаров Ш.Х., Сапаров Б.Х Ёшларда ватанпарварлик кўникмаларини шакллантиришда ривожланган давлатлар тажрибаси.....	180
34. Xudovnazarov S.X., Muxtorjonov I.R. Ta'lim muassasasi rahbarlarining boshqaruv faoliyatini baholashda xalqaro mezonlar xorijiy tajriba.....	184
35. Ашуров Ф.Р. Методы использования ЭРА-ГЛОНАСС в наземном мониторинге.....	189
36. Запаров А., Муллажонов Р., Зафаров А., Туганова Л.Д. Техник фанларга модулли ўқитиш технологиясини қўллаш методикаси.....	194
37. Mamanazarov R.A. Problem educational technologies, their specific characteristics.....	200
38. Свлаймонов С. Ёшларни касбга йўналтириш ишида қўлланиладиган метод ва воситалар.....	204
39. Parmonov B. Zamonaviy ta'limda (o'qitishda) pedagogik texnologiyalarning o' mi va vazifalari.....	206
40. Raxmonov K.V. Mudofaa vazirligi qo'shinlarida texnik va maxsus tayyorgarlik mashg'ulotlarini tashkillashtirish va o'tkazish uchun mashg'ulot rahbarligiga tavsiyalar.....	210
41. Абдурахманов А.А. Булажак офицерларни тайёрлашда жисмоний машғулотларни ташкил қилишнинг педагогик механизмларини такомиллаштириш.....	215
42. Maxmudov O'R. Innovation texnologiyalarni harbiy ta'lim samaradorligini oshirishda qo'llashning o'ziga xosligi.....	221
III. AXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA TABIIY ILMIY FANLAR RIVOJI	
43. Maxmudov N.A., Saburov F.J., Shomonov B.SH. Oliy harbiy ta'lim muassasalarida kursantlarning axborot xavfsizlik kasbiy kompetentligini matematik statistika usulida tahlil qilish.....	225
44. Saitakhmadov M.B. Unlocking the potential of artificial intelligence.....	231
45. Xazratov S.X., Sodiqov A.A. Aloqa texnik vositalaridan foydalanilganda maxfiylik tartibini ta'minlash.....	237

МАКСИМАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В НАПОРНЫХ ТРУБАПРОВОДАХ

Жонкобилов Улугмурад Умбарович

д.т.н., профессор, зав. кафедры «ОТД» ВВАУ РУ

Дусматов Хикматилло Ахмаджонович

доцент, заместитель начальника по учебной работе ВВАУ РУ, полковник

Жонкобилов Собир Улугмурадович

PhD, и.о., доц. каф. «Ирригация и мелиорация» Кар ИАИ НТУ ТИИИМСХ

Жонкобилов Бектемир Улугмурадович

глав. спец. управления экологии, охраны окружающей среды и изменении климата
Кашкадарьинской области

В данной работе приведено определение максимального давления при гидравлическом ударе в трубах с учетом продольной деформации. С помощью полученных формул можно определить максимальное давление при гидроударе в трубах, в осевом и радиальном направлениях.

***Ключевые слова:** гидравлический удар, максимальное давление, труба, плотность жидкости, модуль упругости, скорость распространения ударной волны.*

MAXIMUM HYDRAULIC SHOCK PRESSURE IN PRESSURE PIPING

In this paper, the determination of the maximum pressure during hydraulic shock in pipes is given, taking into account the longitudinal deformation. Using the obtained formulas, it is possible to determine the maximum pressure during hydraulic shock in pipes, in axial and radial directions.

***Key words:** hydraulic shock, maximum pressure, pipe, fluid density, modulus of elasticity, velocity of shock wave propagation.*

1. Введение

В настоящее время во многих отраслях народного хозяйства, в том числе в авиации, в железнодорожном транспорте, в гидроэнергетике, в водоснабжении, в орошении получили большое распространение различные гидравлические системы, которые должны удовлетворять и обеспечить условиям прочности [1,2,3,6,7,8].

В некоторых случаях таким условием будет прочность при гидравлическом ударе.

Н.Е.Жуковский в своей работе [1] устанавливает простую зависимость максимального значения давления в простом трубопроводе от плотности жидкости, скорости течения ее в трубе и от свойств материала и параметров трубы.

В дальнейшем многие авторы как отечественные, так и иностранные, посвящали свои работы изучению гидравлического удара в сложных системах, разработке различных методов расчета гидравлических систем, анализу нестационарных процессов. Среди них следует упомянуть работы И.А.Чарного [5], Д.А.Фокса [2], Н.А.Картвелишвили [4] и др.

2. Методика и результаты исследований

В настоящей работе сделана попытка уточнить теоретическое значение давления гидравлического удара, учитывая продольные силы упругости, возникающие в поперечных сечениях трубы.

Вводя дополнительные функции \mathcal{A} и \mathcal{B} , зависящие от материала трубы, можно определить давление гидравлического удара для трубы, имеющей различные модули упругости E и коэффициенты Пуассона μ в осевом и окружном направлениях.

Рассмотрим движение жидкости в трубе вблизи задвижки. Вследствие быстрого закрытия задвижки жидкость в этом сечении останавливается, находящаяся вблизи жидкости сжимается, стенки трубы расширяются, давление возрастает. Зона повышенного давления распространяется с определенной скоростью вдоль трубы.

Уравнение движения массы жидкости, заключенной между сечениями A и B , будет иметь вид

$$\pi R_A^2 p_A - \pi R_B^2 p_B + 2\pi \int p \frac{\partial R}{\partial x} R dx = -M \frac{d\mathcal{G}}{dt}, \quad (1)$$

где R_A и R_B - внутренние радиусы трубы в сечениях A и B ; p_A и p_B , \mathcal{G}_A и \mathcal{G}_B - давления и скорость в этих же сечениях; M - масса жидкости; \mathcal{G} - скорость движения центра тяжести выделенной жидкости.

Если принять, что сечения A и B бесконечно близки и что плотность жидкости ρ_0 не изменяется вследствие малой сжимаемости последней, то из (1) вытекает:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho_0 \frac{dv}{dt}. \quad (2)$$

Определяя количество жидкости, вошедшей в объем между сечениями A и B , получим

$$\pi R_B^2 \rho_B \mathcal{G}_B - \pi R_A^2 \rho_A \mathcal{G}_A - 2\pi \int \rho \frac{\partial R}{\partial t} R dx = \frac{M}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (3)$$

или переходя к бесконечно близким сечениям,

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dt} + \frac{2}{R_0} \frac{dR}{dt}. \quad (4)$$

Вводя модуль упругости K (отношение увеличения давления к уменьшению объема, отнесенное к единице объема), получим следующее выражение [2, 7]:

$$p - p_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) K, \quad (5)$$

или, вследствие малой изменяемости плотности,

$$p - p_0 = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} K. \quad (6)$$

Здесь можно было бы рассмотреть и другие зависимости p от ρ , например, адиабатическое сжатие жидкости.

Вырежем мысленно из кольца трубы двумя радиальными плоскостями элемент и рассмотрим равновесие этого элемента под действием сил.

Из условий равновесия элемента

$$\sigma_\theta = \frac{(p - p_0) R}{e}, \quad (7)$$

где e - толщина стенки трубы; R - среднее значение радиуса рассматриваемого элемента трубы.

σ_x получим из соотношения

$$\frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} = - \frac{p - p_0}{e} \frac{\partial R}{\partial x}. \quad (8)$$

В предположении, что $\frac{\partial R}{\partial x}$ мало, получим

$$\sigma_x = \text{const}. \quad (9)$$

Эта константа определяется из соотношения

$$(p - p_0) \pi R^2 = \sigma_x 2\pi R e$$

или

$$\sigma_x = \frac{(p - p_0)R}{2e}. \quad (10)$$

Для плоского напряженного состояния:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E}(\sigma_x - \mu\sigma_\theta) \\ \varepsilon_\theta &= \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \mu\sigma_x) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Кроме того,

$$\varepsilon_\theta = \frac{2\pi(R - R_0)}{2\pi R_0} = \frac{R - R_0}{R_0}, \quad (12)$$

где R_0 - первоначальный радиус трубы.

Отсюда

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \frac{R}{Ee}(p - p_0) \left[1 - \frac{\mu}{2} \right]$$

или

$$R - R_0 = \frac{R^2}{eE}(p - p_0) \mathcal{G}_1, \quad (13)$$

где \mathcal{G}_1 - функция, зависящая от μ , т. е. от материала трубы.

Из уравнений (4) и (6) получаем

$$\frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} = \left(\frac{1}{K} + \frac{2R_0}{eE} \mathcal{G}_1 \right) \frac{dp}{dt}. \quad (14)$$

Обозначив

$$\lambda^2 = \frac{1}{\rho_0 \left(\frac{1}{K} + \frac{2R_0}{eE} \mathcal{G}_1 \right)}, \quad (15)$$

получим для решения задачи о распространении ударной волны в трубе систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial x} &= \rho_0 \frac{d\mathcal{G}}{dt}, \\ \lambda^2 \rho_0 \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} &= \frac{dp}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

По Риману решением системы будет:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{G} &= F(x - \lambda t) - F(x + \lambda t), \\ p - p_0 &= [\mathcal{G} - F(x - \lambda t) - F_1(x + \lambda t)] \rho_0 \lambda. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

При $E = \infty$ получим из (15) скорость ударной волны

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K}{\rho}}. \quad (18)$$

Для несжимаемой жидкости ($\hat{E} = \infty$) скорость распространения возмущения вдоль трубы

$$\lambda'_2 = \sqrt{\frac{eE}{2\rho_0 R_0 \mathcal{G}_1}}. \quad (19)$$

В общем случае с учетом функции \mathcal{G}_1

$$\lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2'}{\sqrt{\lambda_1^2 + (\lambda_2')^2}} \quad (20)$$

При мгновенной остановке жидкости фаза, соответствующая нулевой скорости, будет двигаться вправо от сечения 0 со скоростью λ , при этом давление в жидкости увеличивается до максимума [1,3]:

$$\Delta p_{\max} = p - p_0 \quad (21)$$

За время dt через сечение пройдет количество жидкости $\pi R_0^2 g_0 dt$. За это время сечение, где начинаются деформация трубы и изменение плотности, подвинется вправо по трубе на расстояние λdt .

Объем жидкости увеличится и будет равен

$$\pi(R^2 - R_0^2)\lambda dt + \pi R_0^2 \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) \lambda dt + \pi R_0^2 \varepsilon_x \lambda dt \quad (22)$$

Сравнивая этот объем с объемом вошедшей жидкости и учитывая соотношения (6) и (13), получим

$$\Delta p_{\max} = \frac{\rho_0 g_0 \lambda}{1 + \frac{\rho \lambda^2 R_0 g_2}{2eE}} = \frac{\rho_0 g_0 \lambda}{1 + \frac{1}{4} g_2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_2'} \right)^2} \quad (23)$$

Проведенные расчеты показывают, что максимальное давление гидравлического удара, полученное по уточненной формуле (23), может значительно отличаться от Δp_{\max} , полученного по формуле Н.Е. Жуковского.

Так, для стальной трубы диаметром $D=50$ мм, наполненной водой, по уточненной формуле на 3 % меньше того, что дает формула Н.Е. Жуковского.

3. Заключение

1. При расчетах принималось, что материалы, из которых изготовлены трубы, при малых перемещениях, имеющих место при гидравлическом ударе, подчиняются закону Гука и что их модули упругости при динамическом действии нагрузки те же, что и при статическом нагрузке.

2. Физически уменьшение давления объясняется различным соотношением скорости звука в жидкости и скорости распространения возмущений в трубе.

Список литературы

1. Жуковский Н. Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М. – Л. 1949.-104 с.
2. Арифжонов А.М., Жонкобилов У.У. Гидравлический удар в однородных и газожидкостных напорных трубопроводах. Монография. Тошкент, ТИИМСХ, 2018. - 142 с.
3. Жонкобилов У.У. Исследование максимальных напоров при гидравлическом ударе с разрывом сплошности в газожидкостной напорной патке. // журнал «Вестник ТашГТУ», №4, Ташкент, 2018. - с.132-138.
4. Жонкобилов У.У., Самиев Л., Исаков Х., Бабаев А.Р. Неустановившееся напорное движение газожидкостной смеси в напорных трубопроводах насосных станций. //Научно-технический журнал ФерПИ, Фергана, 2018 (спец. вып). – с.172-175.
5. 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.
6. Мостовский А. Ф. Исследования гидравлического удара в трубах при малых напорах. – Труды МИИТа, - М., 1929, вып. 2, с.263-304.
7. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах. Учебник. М.: ЭКОЛИТ, 2011. -368 с.

8. Jonkobilov U. U., Jonkobilov S. U. Anti-shock pneumohydraulic damper. E3S Web of Conferences Volume 401 (2023) V International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO -2023) Tashkent, Uzbekistan, April 26-28, 2023, pages 12, DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101024>.