

6-30-2018

MODELING OF THE HYDRAULIC BLOW IN BUILDING COMPLEX

F X. Nishonov

S I. Xudaykulov

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Nishonov, F X. and Xudaykulov, S I. (2018) "MODELING OF THE HYDRAULIC BLOW IN BUILDING COMPLEX," *Scientific-technical journal*: Vol. 22 : Iss. 2 , Article 21.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol22/iss2/21>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

UDC 532.031

14. MODELING OF THE HYDRAULIC BLOW IN BUILDING COMPLEXF.X. Nishonov¹, S.I. Xudaykulov¹¹ Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

Abstract. The technique of determining the hydraulic impact in complex pipelines of building complexes is considered in the article. Analytical and graphical methods for calculating the hydraulic impact when opening and closing the gate valve are given.

Key words: the hydraulic blow, complex pipe line, factor Koriolisa, pressure pulse, gidroturbina.

Аннотация. В данной статье рассматривается методика определения гидравлического удара в сложных трубопроводах строительных комплексах. Приводятся аналитические и графические методы расчётов гидравлического удара при открытии и закрытии вентиля задвижки.

Ключевые слова: гидравлический удар, сложные трубопроводы, коэффициент Кориолиса, напорный импульс, гидротурбина.

Аннотация. Қурилиш комплексларидаги мураккаб қувурларда вужудга келадиган гидравлик зарбани аниқлаш усуллари берилди. Қувур вентилярининг ётилиши ва очилишида вужудга келувчи гидравлик зарбани аниқлашнинг аналитик ва график усуллари келтирилди.

Таянч сўзлар: гидравлик зарба, мураккаб қувурлар, Кориолис коэффициентлари, босим импульси, сув турбинаси.

Величина гидравлического удара при явлениях разрыва сплошности массы воды может увеличиваться на 40% по сравнению с основным гидравлическим ударом. Из-за высокой стоимости создания физической модели для исследования актуальных гидравлических явлений, вводящих трактов гидроузла возникает необходимость создания и использование аппарата математического моделирования.

Как известно простые трубопроводы выстроены из постоянного диаметра, труб одного материала и из одного сортамента труб, в отличие от сложных трубопроводов.

Одновременно значительное распространение получили графические методы, возникли они сравнительно давно. По расчёту сложных трубопроводов графическим методом в настоящее время наиболее известны работы Шпидера [4]; Л. Бержерона [5] и Р. Ангуса [6].

Основная схема явления гидравлического удара по теории Н.Е. Жуковского основывается на мгновенном ударе жидкости. При этом жидкость считается не вязкой, но сжимаемой и подчиняющейся закону Гука, трубопровод – абсолютно жестким. Скорость H напорного движения определяется по формуле [8]

$$V_H = \sqrt{2gH}.$$

С дополнительным изменением давлений напор во всех сечениях нагнетательного трубопровода мгновенно меняется и удар распространяется как упругая волна с большой скоростью и в трубопроводе создаётся перепад давления Δp , который определяется в виде разницы давлений [1,2]:

$$\Delta p = p_H - p_a = \rho \frac{\alpha V_H^2}{2}, \quad (1)$$

где V – средняя скорость потока, $V = ui + \mathcal{J}j$; α – коэффициент кинетической энергии, или коэффициент Кориолиса. Скорость мгновенного удара во всех точках поперечного сечения равна средней скорости ($u=V$) и при $\alpha \approx 1.04$ [2,3]:

$$\alpha = \frac{1}{\omega_0} \int_{\omega} \left(\frac{u}{V} \right)^3 d\omega.$$

Учитывая формулы (1) и (2), будем иметь следующее равенство для определения разниц давления Δp :

$$\Delta p = \alpha \rho \frac{V_H^2}{2} = \alpha \rho \frac{2gH}{2} = \alpha \gamma H, \tag{2}$$

где γ – удельный вес жидкости.

Из-за внезапного удара в нагнетательном трубопроводе диаметром D_0 происходит гидравлический удар о (задвижку) мембрану с диаметром щели d_0 . Вследствие гидравлического удара в нагнетательном трубопроводе возникает напорное истечение из щели мембраны. Как отмечалось, мгновенный удар сопровождается возникновением напорного импульса I_0^* в трубопроводе [2]:

$$I_0 = P_0 + \gamma H. \tag{3}$$

Необходимо отметить, что в сложных водоводах, состоящих из труб разных диаметров, скорость течения воды меняется при переходе от одного диаметра к другому; поэтому решение соответствующих задач приходится делать или в относительных координатах β^2 и \mathcal{S} или переходить от скорости к расходу воды, что совсем несложно. Действительно, уравнения прямой волны [1] могут быть представлены в следующем общем виде:

$$h_{At_i} - h_{Et_m} = \frac{a}{g\omega} (\omega \mathcal{S}_{At_i} - \omega \mathcal{S}_{Et_m}) = s(q_{At_i} - q_{Et_m}) \tag{4}$$

Откуда

$$h_{At_i} - sq_{At_i} = h_{Et_m} - sq_{Et_m} = C \tag{5}$$

и соответственно

$$h_{Et_m} - h_{At_i} = -\frac{a}{g\omega} (\omega \mathcal{S}_{Et_m} - \omega \mathcal{S}_{At_i}) = -s(q_{Et_m} - q_{At_i}) \tag{6}$$

откуда

$$h_{At_i} + sq_{At_i} = h_{Et_m} + sq_{Et_m} = C, \tag{7}$$

где $s = \frac{a}{g\omega}$ – составной множитель (ω – поперечное сечение трубы); q – расход, равный $\omega \mathcal{S}$,

C — постоянная величина. Буквы, помещённые внизу координат h и q , обозначают тот конец трубы, к которому h и q , относятся (рис.1.); эти буквы, кроме того, снабжаются внизу цифровыми значками (в общем виде (t_i, t_m, t_n)), обозначающими момент времени, к которому



Рис.1. Водопровод, питающейся из силового насоса придержающий постоянный горизонт воды

относится то или иное давление или тот или иной расход воды; момент времени относится к концу секунды, считая последнюю от момента начала закрытия (или открытия) затвора; так,

h_{Et_m} , обозначает давление на конце E трубы AE по истечению t_m сек. от начала закрытия затвора; q_{At_n} означает расход на конце A трубы AE по истечению t_n сек. от момента начала закрытия затвора. При этом t_m и t_n связаны между собой зависимостью $L_{AE} = a(t_n - t_m)$ где

L_{AE} - длина участка трубопровода. Каждое из уравнений (4) и (6) является одним из общих совместных уравнений, дающих зависимость между h и q ; другим уравнением будет уравнение истечения воды через выпускное отверстие водовода в точке A , т. е.

$$q = \alpha \omega_n \mathcal{G} = \alpha \varphi \omega_n \sqrt{2gh} = k\sqrt{h} \quad ,$$

где k — коэффициент, являющийся функцией времени (в зависимости от закона изменения площади отверстия ω_n в сечении A). Как видно из формул (5) и (7), знак при s будет + (плюс) в том случае; если перемещение наблюдателя вдоль трубопровода и движение воды будут направлены к точке A , т. е. в одну сторону, и - (минус) при обратном направлении наблюдателя.

Приведённые выше уравнения позволяют решать вопросы, связанные с расчётом сложных трубопроводов [7, 8].

Представим себе сложный трубопровод в виде одной нитки, имеющий общую длину L , и состоящий из нескольких участков длиной $l_1, l_2, l_3, \dots, l_k$ с соответственными сечениями $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_k$, в которых вода движется со скоростями $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_k$ скорость распространения ударной волны в которых. $a_1, a_2, a_3, \dots, a_k$

Живая сила движущейся воды в любом участке этого трубопровода будет

$$\frac{m_i \cdot \mathcal{G}_i^2}{2} = \frac{\gamma}{g} f_i l_i \frac{\mathcal{G}_i^2}{2} = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{q_i}{\mathcal{G}_i} l_i \frac{\mathcal{G}_i^2}{2} = \frac{\gamma q}{2g} l_i \mathcal{G}_i,$$

а во всём трубопроводе

$$\frac{\gamma q}{2g} (l_1 \mathcal{G}_1 + l_2 \mathcal{G}_2 + l_3 \mathcal{G}_3 + \dots + l_k \mathcal{G}_k) = \frac{\gamma q}{2g} \sum_{i=1}^{i=k} l_i \mathcal{G}_i$$

В заменяющем простом трубопроводе длиной L и сечением S со скоростью течения в нём \mathcal{G} живая сила движущейся в нём воды будет

$$\frac{\gamma SL \mathcal{G}^2}{2} = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{q}{\mathcal{G}} L \frac{\mathcal{G}^2}{2} = \frac{\gamma q}{2g} L \mathcal{G}$$

Так как по условию живая сила в обоих трубопроводах одинакова, то

$$L \cdot \mathcal{G} = \sum_{i=1}^{i=k} l_i \mathcal{G}_i \quad , \quad \mathcal{G} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} l_i \mathcal{G}_i}{L}$$

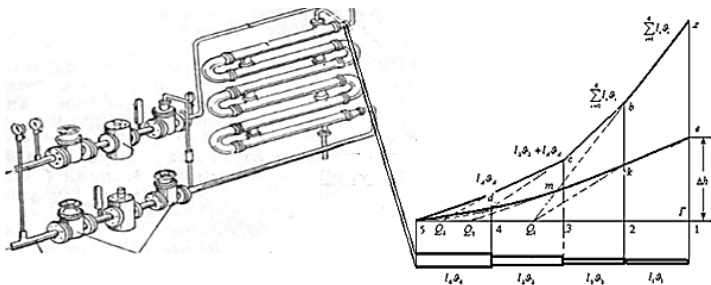


Рис.2. Распределение общего ударного давления по участкам

сложного трубопровода пропорционально $\sum_{i=1}^{i=k} l_i \mathcal{G}_i$

Скорость распространения ударной волны в заменяющем трубопроводе a_0 по предложению

Аллиеви определится из равенства

времени прохождения ударной волной рассматриваемого и заменяющего трубопроводов, т. е. из равенств

$$\frac{l_1}{a_1} + \frac{l_2}{a_2} + \frac{l_3}{a_3} + \dots + \frac{l_k}{a_k} = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{l_i}{a_i} \frac{L}{a_0}$$

Откуда

$$a_0 = L / \sum_{i=1}^{i=k} \frac{l_i}{a_i}$$

В дальнейшем задача сводится к расчёту заменяющего простого трубопровода длиной L , пропускающего тот же расход q со скоростью \mathcal{G} и в которой ударная волна распространяется со скоростью a_0 . Для этого трубопровода определяется места повышения давления при

ударе Δh у задвижки; затем строится линия распределения давления при ударе вдоль трубопровода. Один из приёмов состоит в распределении общего ударного давления Δh по участкам сложного трубопровода пропорционально $\sum \frac{l_i}{a_i}$. Так, если имеем сложный

трубопровод (рис.2.), состоящий из четырёх участков длиной l_1, l_2, l_3, l_4 со скоростями в них g_1, g_2, g_3, g_4 , в точке 1 общее ударно давление будет Δh , а в точке 5 оно будет равно нулю. В точке 2 ударное давление определится по формуле

$$\Delta h_2 = \Delta h \frac{\sum_{i=2}^{i=4} l_i g_i}{\sum_{i=1}^{i=4} l_i g_i}$$

и в точках 3 и 4 по формулам:

$$\Delta h_3 = \Delta h_2 \frac{l_3 g_3 + l_4 g_4}{l_2 g_2 + l_3 g_3 + l_4 g_4}; \quad \Delta h_4 = \Delta h_3 \frac{l_4 \cdot g_4}{l_3 g_3 + l_4 g_4}.$$

Вместо вычислений можно применить графическое определение (рис.1.); для этого над сечениями 1,2,3, и 4 в которых соприкасаются отдельные участки трубопровода, по ординатам от статического горизонта $z-z$ откладываются соответствующие значения $\sum l_i g_i$ например, над точкой 1 откладывается $l_1 g_1 + l_2 g_2 + l_3 g_3 + l_4 g_4$ над точкой 3- соответственно $l_3 g_3 + l_4 g_4$ и. т. д.; соединение верхних точек отложенных сумм отрезков даст ломаную линию $a-b-c-d-5$. Затем линии rb, bc и cd продолжаютя до пересечения с линией статического горизонта $z-z$ в точках O_1, O_2 и O_3 . По ординате $1-r$ от статического горизонта откладывается исчисленная для заменяющего водопровода сила удара в его конечной точке Δh ; полученная точка e соединяется прямой с точкой O_1 ; пересечение прямой eO_1 с ординатой $2-b$ даст точку k ; лежащую на линии ударного давления. Соединив точку k прямой с точкой O_2 , получают на ординате $3-c$ следующую точку ударного давления m и т.д. В результате получается линия ударного давления вдоль трубопровода $e-k-m-n-5$. Этот способ подходит для случая закрытия задвижки, но при её открытии несколько уменьшает понижение давления для промежуточных точек, так как линия распределения пониженного при ударе давления имеет некоторый прогиб вниз. (Рис.2.)

Графики в рисунках получены с расчёта Водопроводная система зданий Ташкентского архитектурно-строительного института питающийся из узла центрального отопления Шайхантохурского района г Ташкента с постоянным горизонтом воды в нём, уложен из стальных труб по и состоит из нескольких участков: верхнего участка CE диаметром 34мм и длиной 2324 и двух параллельных участков EA и ED (рис.1) диаметром 150 мм и длиной каждый 1235м Участок EA в точке A снабжён затвором, а участок ED имеет в точке D заглушку. Статический напор равен 34м вод. ст. Определить давления в точках A, E и D при закрытии первоначально полностью открытого затвора в точке A ; закрытие происходит в течение 5 сек. при линейном изменении площади открытия.

References:

- [1] М. А. Mostkov. Gidravlicheskiy udar v gidroelektricheskix elektrostantsiyax. Moskva.1938.
- [2] N.A. Tomas. Water-hammer pressures in compound and branched pipes, «Proceedings of the ASCE» N6, 1998.
- [3] R.W. Angus, Water-hammer pressures in compound and branched pipes, «Proceedings of the ASCE» N1, 1998.
- [4] O. Schnyder, Uber Druekstosse in verzweigten Leitungenmit besonderer Beruecksichtigung von Wasserschlossanlagen, "Wasserkraft und Wasserwirtschaft", №12, 1035
- [5] L. Bergeron. Etude de variations de regime dans les conduits deau (solution graphique general), "Revue General de Hydraulique", vol. 1. 1935. p.12 et 69; yegoje Etude de coup de belter dans les conduites (nouvel expose de la methodegraphique), "La Texnique Moderne", vol. 28. 1996.

-
- [6] V. KrigeriDj. Djestin, *Gidroelektricheskiyspravochnik*, t. 11.1997 str. 169-13. Jules Calame et Daniel Gaden, Influence de reflexions partielles de l'onde aux changements de caracteristiques de la conduite et au point d'insertion d'une chambre dequilibre, "Bulletin Technique de la Suisse Romande", № 19, 1935
- [7] A.A.Surin. *Gidravlicheskiy udar v vodoprovodax i borba s nim*. Moskva 1996g. 372s.
- [8] A.A.Xamidov, S.I.Xudaykulov, I.E. Maxmudov «*Gidromexanika*» FAN-2008g. 340s

Список литературы

- [1] М. А. Мостков. *Гидравлический удар в гидроэлектрических электростанциях*. Москва.1938.
- [2] H.A. Tomas. Water-hammer pressures in compound and branched pipes, «*Proceedings of the ASCE*» N6, 1998.
- [3] R.W. Angus, Water-hammer pressures in compound and branched pipes, «*Proceedings of the ASCE*» N1, 1998.
- [4] O. Schnyder, *Über Druckstöße in verzweigten Leitungen mit besonderer Berücksichtigung von Wasserschlossanlagen*, "Wasserkraft und Wasserwirtschaft", №12, 1035
- [5] L. Bergeron. Etude de variations de regime dans les conduits deau (solution graphique general), "Revue General de Hydraulique", vol. 1. 1935. p.12 et 69; егоже Etude de coup de belter dans les conduites (nouvel expose de la methode graphique), "La Technique Moderne", vol. 28. 1996.
- [6] В. КригериДж. Джестин, *Гидроэлектрический справочник*, т. 11.1997 стр. 169-13. Jules Calame et Daniel Gaden, Influence de reflexions partielles de l'onde aux changements de caracteristiques de la conduite et au point d'insertion d'une chambre dequilibre, "Bulletin Technique de la Suisse Romande", № 19, 1935
- [7] А.А.Сурин. *Гидравлический удар в водопроводах и борьба с ним*. Москва 1996г. 372с.
- [8] А.А.Хамидов, С.И.Худайкулов, И.Э. Махмудов «*Гидромеханика*» ФАН-2008г. 340с.