

6-7-2018

MODELING OF THE HYDRAULIC BLOW IN BUILDING COMPLEX

F X. Nishonov

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

S I. Xadaykulov

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

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

Recommended Citation

Nishonov, F X. and Xadaykulov, S I. (2018) "MODELING OF THE HYDRAULIC BLOW IN BUILDING COMPLEX," *Scientific-technical journal*: Vol. 1 : Iss. 2 , Article 24.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol1/iss2/24>

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 sh.erkinov@edu.uz.

УДК 532.031

MODELING OF THE HYDRAULIC BLOW IN BUILDING COMPLEX**F.X. Nishonov, S.I. Xadaykulov**

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ**Ф.Х. Нишонов, С.И. Худайкулов**

Ташкентский архитектурно–строительный институт.

ЌУРИЛИШ КОМПЛЕКСЛАРИДАГИ ГИДРАВЛИК ЗАРБАНИ МОДЕЛЛАШТИРИШ**Ф.Х. Нишонов, С.И. Худайкулов**

Тошкент курилиш архитектура институти

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.*

Keywords: the hydraulic blow, complex pipeline, 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. *Ќурилиш комплексларидаги мураккаб қувурларда вужудга келадиган гидравлик зарбани аниқлаш усуллари берилди. Қувур вентилярининг ёпилиши ва очилишида вужудга келувчи гидравлик зарбани аниқлашнинг аналитик ва график усуллари келтирилади.*

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 использования 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].

BUILDING

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

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

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

где V – средняя скорость потока, $V = ui + vj$; 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 разницы давления Δp :

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

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]:

$$I_0 = P_0 + \gamma H. \quad (3)$$

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{Q} или переходить от скорости к расходу воды, что совсем несложно. Действительно, уравнения прямой волны [1] могут быть представлены в следующем общем виде:

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

Откуда

$$h_{At_i} - sq_{At_i} = h_{Et_m} - sq_{Et_m} = C \quad (5)$$

и соответственно

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

откуда

$$h_{At_i} + sq_{At_i} = h_{Et_m} + sq_{Et_m} = C, \quad (7)$$

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

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 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,

BUILDING

h_{Eim} , обозначает давление на конце E трубы AE по истечению t_m сек. от начала закрытия затвора; q_{Am} означает расход на конце A трубы AE по истечении 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.

$$q = \alpha \omega_n \vartheta = \alpha \varphi \omega_n \sqrt{2gh} = k\sqrt{h} \quad (8)$$

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.



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

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 $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3, \dots, \vartheta_k$ 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

$$\frac{m_i \cdot \vartheta_i^2}{2} = \frac{\gamma}{g} f_i l_i \frac{\vartheta_i^2}{2} = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{q_i}{\vartheta_i} l_i \frac{\vartheta_i^2}{2} = \frac{\gamma q}{2g} l_i \vartheta_i$$

а во всём трубопроводе

$$\frac{\gamma q}{2g} (l_1 \vartheta_1 + l_2 \vartheta_2 + l_3 \vartheta_3 + \dots + l_k \vartheta_k) = \frac{\gamma q}{2g} \sum_{i=1}^{i=k} l_i \vartheta_i$$

В заменяющем простом трубопроводе длиной L и сечением S со скоростью течения в нём ϑ живая сила движущейся в нём воды будет

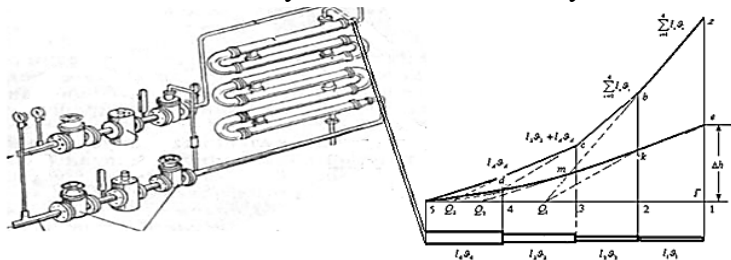


Рис.2. Распределение общего ударного давления по участкам

сложного трубопровода пропорционально $\sum_{i=1}^{i=k} l_i \vartheta_i$

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

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

$$L \cdot \vartheta = \sum_{i=1}^{i=k} l_i \vartheta_i \quad , \quad \vartheta = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} l_i \vartheta_i}{L}$$

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

BUILDING

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

Откуда

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

В дальнейшем задача сводится к расчёту заменяющего простого трубопровода длиной, 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 $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \mathcal{G}_4$, в точке 1 общее ударно давление будет Δh , а в точке 5 оно будет равно нулю. В точке 2 ударное давление определится по формуле

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

и в точках 3 и 4 по формулам:

$$\Delta h_3 = \Delta h_2 \frac{l_3 \mathcal{G}_3 + l_4 \mathcal{G}_4}{l_2 \mathcal{G}_2 + l_3 \mathcal{G}_3 + l_4 \mathcal{G}_4}; \quad \Delta h_4 = \Delta h_3 \frac{l_4 \cdot \mathcal{G}_4}{l_3 \mathcal{G}_3 + l_4 \mathcal{G}_4}.$$

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 $e-e$ откладываются соответствующие значения $\sum l_i \mathcal{G}_i$ например, над точкой 1 откладывается $l_1 \mathcal{G}_1 + l_2 \mathcal{G}_2 + l_3 \mathcal{G}_3 + l_4 \mathcal{G}_4$ над точкой 3- соответственно $l_3 \mathcal{G}_3 + l_4 \mathcal{G}_4$ и. т. д.; соединение верхних точек отложенных сумм отрезков даст ломаную линию $e-b-c-d-5$. Затем линии rb, bc и cd продолжаются до пересечения с линией статического горизонта $e-e$ 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 2324и 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

BUILDING

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] M. A. 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.R.W. Angus, Water-hammer pressures in compound and branched pipes, «Proceedings of the ASCE» N1, 1998.
- [3] O. Schnyder, *Über Druckstöße in verzweigten Leitungen mit besonderer Berücksichtigung von Wasserschlossanlagen*, “Wasserkraft und Wasserwirtschaft”, №12, 1035
- [4] L. Bergeron. *Étude de variations de régime dans les conduits d'eau (solution graphique générale)*, “Revue Générale de Hydraulique”, vol. 1. 1935. p.12 et 69; *Étude de coup de bête dans les conduites (nouvel exposé de la méthode graphique)*, “La Technique Moderne”, vol. 28. 1996.
- [5] V. Krigeri Dj. Djestin, *Gidroelektricheskiy spravochnik*, t. 11.1997 str. 169-13. Jules Calame et Daniel Gaden, *Influence de réflexions partielles de l'onde aux changements de caractéristiques de la conduite et au point d'insertion d'une chambre d'équilibre*, “Bulletin Technique de la Suisse Romande”, № 19, 1935
- [6] A.A.Surin. *Gidravlicheskiy udar v vodoprovodax i borba s nim*. Moskva 1996g. 372s.
- [7] A.A.Xamidov, S.I.Xodaykulov, I.E. Maxmudov «*Gidromexanika*» FAN-2008g. 340s

Web сайтлар

- [1] n.fayz_1988@mail.ru