

# НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 622.233

Султаналиев Б.С., Жусупбеков Б.Т.

## ВЛИЯНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГИДРОСИСТЕМЫ НА ВИБРАЦИЮ И ВЫХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОТКА

В работе представлены результаты теоретического исследования влияния упругих свойств гидросистемы на вибрацию и выходные показатели ручного гидравлического молотка. Для упрощения теоретического исследования введен обобщенный параметр, характеризующий упругие свойства гидросистемы.

**Ключевые слова:** гидравлический молоток, вибрация, упругие свойства, частота, энергия удара, ударный механизм.

In work influence of elastic properties of hydrosystem on vibration and for the weekend indicators of a manual hydraulic hammer is presented results of theoretical research. For simplification of theoretical research the generalized parameter characterizing elastic properties of hydrosystem is entered.

**Keywords:** manual hydraulic hammer, the piston-hammer, tool, pulling force, vibration, vibration, velocity, fluid pressure, impact energy, the frequency of attacks.

Выходные показатели ручного гидравлического молотка в значительной степени зависят от податливости элементов гидропривода, одними из которых являются резиноталлические рукава высокого давления, предназначенные для подачи жидкости от насоса к ударному механизму. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что изменение объема напорной гидролинии, характеризующего упругие свойства гидросистемы, оказывает существенное влияние на энергию удара, частоту ударов и ударную мощность, приводя к их увеличению при уменьшении объема [1].

В данной работе ставится цель определить, насколько влияют упругие свойства гидросистемы на вибрацию и на выходные показатели ручного гидравлического молотка «Импульс 3». В институте машиноведения Национальной академии наук Кыргызской Республики с 1998 года ведутся научно-исследовательские работы по созданию и совершенствованию конструкции ручных гидравлических молотков. Была составлена математическая модель ручного гидравлического молотка, в которой длина рукавов определяет и объем рабочей жидкости в гидросистеме. Поэтому длина шлангов определяет и расход жидкости в расчетной модели за счет деформации стенок трубопроводов, и расход жидкости за счет сжимаемости объема рабочей жидкости в гидросистеме.

Для определения давления в напорной линии используем уравнение неразрывности потока жидкости в системе «насос – рукав – молоток»:

$$Q_n = Q_{ум} + Q_{ут} + Q_{сж} + Q_{тр}, \quad (1)$$

где  $Q_{ум}$  – расход жидкости, потребляемой ударным механизмом;  $Q_{ут}$  – утечки жидкости в ударном меха-

низме;  $Q_{сж}$  – расход жидкости, обусловленный сжимаемостью рабочей жидкости;  $Q_{тр}$  – расход жидкости, обусловленный деформацией трубопроводов.

Расход жидкости, потребляемый ударным механизмом, зависит от скорости поршня-ударника и определяется из следующего уравнения:

$$Q_{ум} = S(x, v_p) \cdot v_p, \quad (2)$$

где  $v_p$  – скорость поршня-ударника;  $S(x, v_p)$  – кусочно-постоянная функция, зависящая от схемы распределения потока жидкости и площадей поясков поршня-ударника,

$$S(x_{к-p}, v_p) = \begin{cases} S_{ну}, & \text{если } x_{к-p} \leq x_{неp}, \\ -S_{ну} + S_y, & \text{если } x_{неp} + x_{ход} \leq x_{к-p}, \\ S_{ну}, & \text{если } x_{неp} \leq x_{к-p} \leq x_{неp} + x_{ход} \text{ и } v_p \geq 0, \\ -S_{ну} + S_y, & \text{если } x_{неp} \leq x_{к-p} \leq x_{неp} + x_{ход} \text{ и } v_p \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

Величину утечек жидкости можно представить в виде зависимости от давления в ударном механизме и направления движения поршня-ударника:

$$Q_{ут} = \pi D \left( \frac{p \delta^3}{12 \mu l} \mp \frac{\delta}{2} v_p \right), \quad (4)$$

где  $\delta$  – зазор между корпусом и поршнем-ударником;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости жидкости;  $l$  – длина зазора;  $D$  – диаметр пояска поршня-ударника;  $p$  – давление жидкости.

Величину расхода жидкости, обусловленную ее сжимаемостью, можно определить по формуле

$$Q_{сж} = \frac{V_{тр}}{E_{сж}} \frac{dP}{dt}, \quad (5)$$

где  $V_{mp}$  – объем жидкости в трубопроводах и камерах механизма;  $E_{жс}$  – модуль упругости жидкости;  $t$  – время.

Расход жидкости, учитывающий упругость и деформацию стенок трубопроводов, выразим следующим образом:

$$Q_{mp} = \frac{V_{mp}}{E_{mp}} \frac{dP}{dt}, \quad (6)$$

где  $E_{mp}$  – приведенный модуль упругости стенок трубопроводов.

Определим приведенный модуль упругости  $E_{mp}$  по приближенной экспериментальной формуле

$$E_{mp} = E_{am} + A_y \sqrt{P - P_{am}} + B_y f_n, \quad (7)$$

где  $E_{am}$  – модуль объемной упругости стенок при атмосферном давлении;  $A_y, B_y$  – опытные коэффициенты;  $f_n$  – частота колебаний давления.

После подстановки соответствующих значений расходов и преобразования относительно старшей производной давления уравнение неразрывности потока приводится к виду

$$\frac{dP}{dt} = \frac{Q_n - S(x_{к-р}, v_p) v_p - \epsilon P \pm b v_p}{V_{TP} \left( \frac{1}{E_{жс}} + \frac{1}{E_{mp}} \right)}, \quad (8)$$

где введены следующие обозначения для постоянных составляющих:

$$\epsilon = \frac{\pi D P \delta^3}{12 \mu l}; \quad b = \frac{\pi D \delta}{2}. \quad (9)$$

Упругие свойства гидросистемы зависят от упругих свойств трубопроводов (коэффициента упругости, длины и диаметра трубопроводов) и от упругих свойств и объема рабочей жидкости. Также упругие свойства гидросистемы зависят от температуры и давления рабочей жидкости и от интенсивности рабочих процессов (частоты ударов) молотка. Поэтому для упрощения теоретического исследования введем обобщенный параметр  $Y_{об}$ , характеризующий упругие свойства гидросистемы:

$$Y_{об} = V_{TP} \left( \frac{1}{E_{жс}} + \frac{1}{E_{mp}} \right). \quad (10)$$

Используя обобщенный параметр, характеризующий упругие свойства гидросистемы, рассмотрим влияние на работу и вибрацию молотка (см. рисунок).

Полученные результаты показывают, что энергия ударов (см. рисунок, а) до значения  $Y_{об} = 2,184 \cdot 10^{-12}$  увеличивается, при значениях  $Y_{об} > 2,184 \cdot 10^{-12}$  снижается на 11%, частота ударов (см. рисунок, б)

уменьшается на 6%. Уровень вибрации рукоятки снижается на 9%, и для обеспечения колебания рукоятки в пределах санитарной нормы 110 Дб необходимо обеспечить значение параметра  $Y_{об}$  не менее  $4,8 \cdot 10^{-12}$ , т.е. если диаметр трубопровода равен 12 мм, то длина трубопровода должна быть не менее 5 м.

В табл. 1 приведено значение обобщенного параметра  $Y_{об}$  в зависимости от длины трубопроводов внутренним диаметром 12 мм.

Таблица 1

Значение обобщенного параметра в зависимости от длины трубопроводов с внутренним диаметром 12 мм

Длина трубопровода, м	1	3	5	7	10
Значение $Y_{об}$	$2,1 \cdot 10^{-12}$	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$5 \cdot 10^{-12}$	$7,3 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-11}$

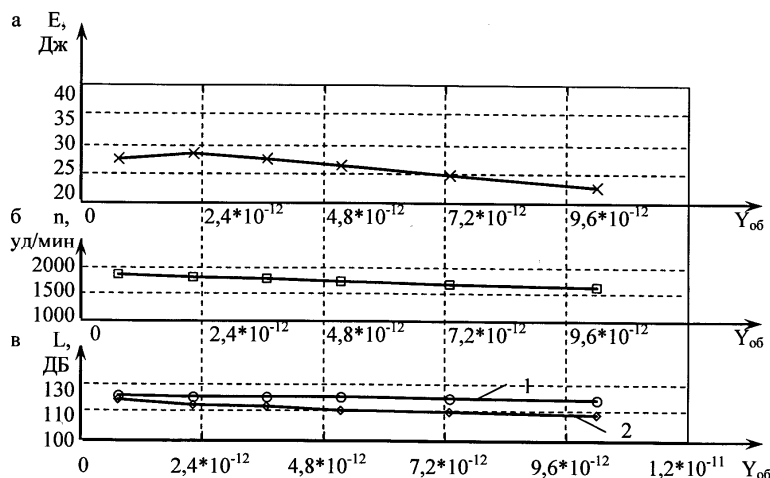
Диаметр трубопровода тоже влияет на выходные показатели и уровень вибрации молотка. При внутреннем диаметре трубопровода 14 мм энергия ударов снижается на 11%, а частота ударов – на 9%. Уровень вибрации рукоятки уменьшается на 16%, и для обеспечения колебания рукоятки в пределах санитарной нормы 110 Дб, как видно из рисунка, значение обобщенного показателя  $Y_{об}$  должно быть не менее  $4,8 \cdot 10^{-12}$ .

В табл. 2 представлено значение обобщенного параметра  $Y_{об}$  в зависимости от длины трубопровода с внутренним диаметром 14 мм.

Таблица 2

Значение обобщенного параметра в зависимости от длины трубопроводов с внутренним диаметром 14 мм

Длина трубопровода, м	1	3	5	7	10
Значение $Y_{об}$	$2,9 \cdot 10^{-12}$	$4,9 \cdot 10^{-12}$	$6,9 \cdot 10^{-12}$	$9,9 \cdot 10^{-12}$	$13 \cdot 10^{-12}$



Влияние обобщенного параметра на работу ручного гидравлического молотка

**Выводы:**

1. Упругие свойства гидросистемы зависят от упругих свойств трубопроводов (коэффициента упругости, длины и диаметра трубопроводов) и от упругих свойств и объема рабочей жидкости. Также упругие свойства гидросистемы зависят от температуры и давления рабочей жидкости и от интенсивности рабочих процессов (частоты ударов) молотка.

2. Введен обобщенный параметр, учитывающий упругие свойства трубопровода  $Y_{об}$ . Полученные результаты показывают, что с увеличением обобщенного параметра энергия удара незначительно растет, а далее уменьшается, а также снижается частота ударов. При этом уровень вибрации рукояти падает.

**Список литературы**

1. Готов Б.Н., Пивень Г.Г. Теоретические вопросы создания ручного гидравлического молотка. Караганда, 2000. 81 с.
2. Ураимов М., Султаналиев Б.С. Гидравлические молоты. Бишкек: «ИЛИМ», 2003. 239 с.
3. Алимов О.Д., Басов С.А. Гидравлические виброударные системы. М.: Наука, 1990. 352 с.
4. Кирьянов Д.В. Mathcad 13. Санкт-Петербург: БВХ–Петербург, 2006. 584 с.
5. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. М.: Машиностроение, 1991. 380 с.

**Bibliography**

1. Glotov B.N., Piven George. Theoretical questions of creation of a manual hydraulic hammer. Karaganda, 2000. 81 p.
2. Uraimov M., Sultanaliyev B. S. Hydraulic hammers. Bishkek: «ILYM», 2003. 39 p.
3. Alimov O.D., Page Basses. And. Hydraulic vibroudarny systems. M.: Science 1990. 352 p.
4. Kiryanov D.V. Mathcad 13 Sank-Petersburg «BVH-Petersburg», 2006. 584 p.
5. Navrotsky K.L. Theor and design a hydra – and pneumodrives. M.: «Mechanical engineering», 1991. 380 p.