

ГИДРАВЛИКА

Э. П. АЩЯНЦ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО
УДАРА С РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ ПОТОКА

Экспериментальное исследование гидравлического удара в напорных водоводах дает возможность яснее представить физические процессы, возникающие при этом явлении, а также внести соответствующие коррективы в теоретические разработки.

Особый интерес представляют прямые гидравлические удары, когда длительность возмущения потока в каком-либо сечении водовода не превышает времени пробега волны возмущения от данного сечения до места отражения и обратно. При прямых гидравлических ударах давление в водоводе может достичь значительной величины. Существуют теоретические проработки [1], в которых доказывается, что при определенных условиях максимальное давление в водоводе может достичь величины

$$H_{\max} = 3H_{\text{ст}} + \alpha v_0 g^{-1}, \quad (1)$$

где $H_{\text{ст}}$ — статический напор водовода; α — скорость распространения упругих колебаний; v_0 — скорость движения жидкости при установившемся движении; g — ускорение силы тяжести.

Однако до сих пор экспериментально удалось зафиксировать максимальное давление, равное

$$H_{\max} = 2H_{\text{ст}} + \alpha v_0 g^{-1}. \quad (2)$$

Трубопроводы, на которых проводились эти эксперименты и получены такие величины давления [2; 3] имели сравнительно малый внутренний диаметр (50—82 мм). Гидравлические удары создавались очень быстрым закрытием крана, и время закрытия крана не менялось при проведении экспериментов. В опубликованных экспериментальных работах, как правило, давление измерялось в каком-либо одном сечении водовода (чаще всего в начале водовода). Исследованию же изменения напора и скорости жидкости по длине водовода при гидравлических ударах уделяется меньше внимания.

Целью экспериментов, проводимых в гидравлической лаборатории АрмНИИ ВПнГ, явилось выяснение следующих вопросов:

1. Определение максимального давления, возникающего в трубопроводе при гидравлических ударах с разрывом сплошности потока;
2. Исследование изменения напора по длине водовода при гидро-

гидравлических ударах и влияние времени закрытия затвора на величину напора.

Экспериментальная установка (рис. 1) представляет собой стальной трубопровод с внутренним диаметром 95 мм. К одному из его концов присоединен насос марки ИК-12, а к другому концу — напорный бак, в котором установлен треугольный водослив для измерения поступаю-

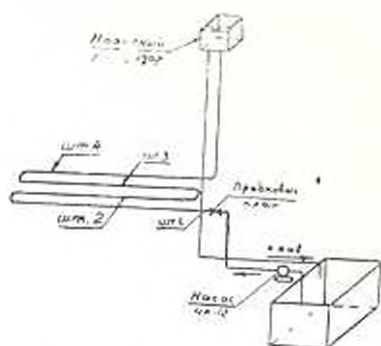


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

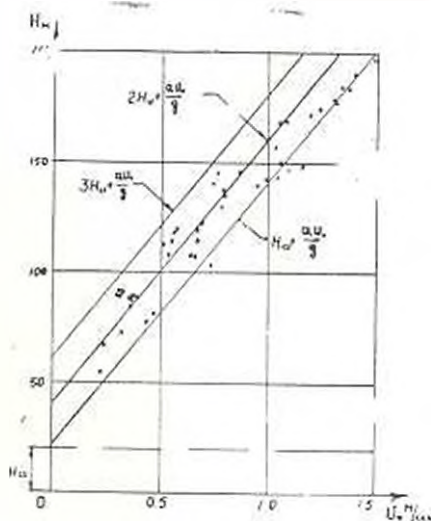


Рис. 2. Экспериментальная зависимость полученная у пробкового крана

щего расхода воды. Трубопровод имеет горизонтальный участок в виде змеевика общей длиной 207 м, который заканчивается вертикальным стояком длиной 19,2 м. В начале горизонтального участка смонтирован пробковый кран, с помощью которого поток отсекается от насоса. Время закрытия пробкового крана менялось в широких пределах. Установка работает по циркуляционной схеме; насос забирает воду из бассейна и нагнетает ее в напорный бак, откуда по сливному трубопроводу она опять возвращается в тот же бассейн. Статический напор у пробкового крана равен 20,4 м. По длине трубопровода приварены штуцера, позволяющие измерять давление в различных сечениях воды. При нестационарных режимах давление в трубопроводе измерялось тензометрическими датчиками «ТДДМ». Электрический сигнал от датчиков поступал на усилитель 8АНЧ-7М, а затем — на осциллограф Н-107, который фиксировал на фотобумаге колебания давления в трубопроводе.

В экспериментах гидравлические удары начинались с понижением давления. Такие удары обычно возникают в напорных водоподах насосных станций.

Скорость течения жидкости в экспериментах изменялась в пределах $0,25 \div 1,5$ м/сек.

Измеренные при гидравлических ударах с разрывом сплошности потока напоры у пробкового крана (при различных начальных скоростях v_0) нанесены на график $H = f(v_0)$ (рис. 2). На этом же графике проведены прямые, выражающие зависимости:

$$H = H_{ст} + av_0^{-1}; H = 2H_{ст} + av_0g^{-1}; H = 3H_{ст} + av_0g^{-1}.$$

Значение a в экспериментах менялось в пределах 1180—1220 м/сек. На рис. 2 при проведении прямых принято $a = 1200$ м/сек. Как видно из рис. 2, при определенных значениях v_0 максимальный напор у пробкового крана достигал величины $H_{max} = 2,5H_{ст} + av_0g^{-1}$.

Следует отметить, что такое давление возникало только в случае, когда время закрытия пробкового крана было меньше 0,1 сек. На рис. 3 приведены осциллограммы изменения напора у пробкового крана, при которых напор достигал величины $2,5H_{ст} + av_0g^{-1}$.

Экспериментальные данные, приведенные на рис. 2, показывают, что с увеличением начальной скорости v_0 через определенные интервалы (0,22—0,23 м/сек) давление скачкообразно повышается, и в целом изменение напора в зависимости от начальной скорости в определенном интервале (0,25—1,1 м/сек) имеет ступенчатый характер. При $v_0 \geq 1,5$ м/сек $H < H_{ст} + av_0g^{-1}$.

На рис. 4 приведен график $H = f(v_0)$ для середины трубопровода. На

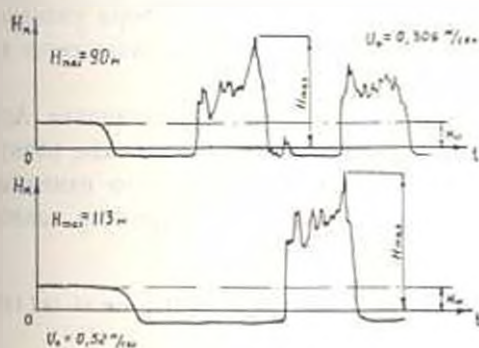


Рис. 3. Осциллограммы давления, снятые у пробкового крана

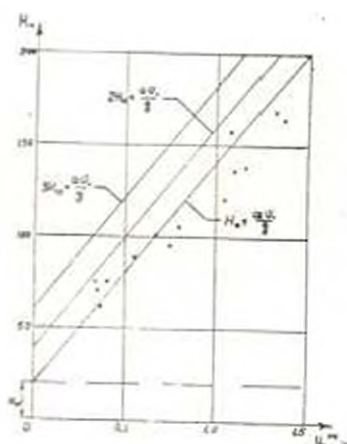


Рис. 4. Экспериментальная зависимость $H = f(v_0)$, полученная в середине трубопровода

этого графика видно, что максимальный напор здесь значительно меньше, чем у пробкового крана, несмотря на то, что статический напор в данном сечении водовода не изменился. Это говорит о том, что распространение скачка давления по длине водовода не одинаково. Кроме того, характер изменения напора в различных сечениях водовода разни-

чен. На рис. 5 приведено несколько осциллограмм, снятых в различных сечениях горизонтального участка водовода.

Из графика на рис. 2 явствует, что при одной и той же скорости v_0 получаем различные величины напора. Одной из причин этого является то, что время закрытия затвора было не одинаковым. На рис. 6 пока-

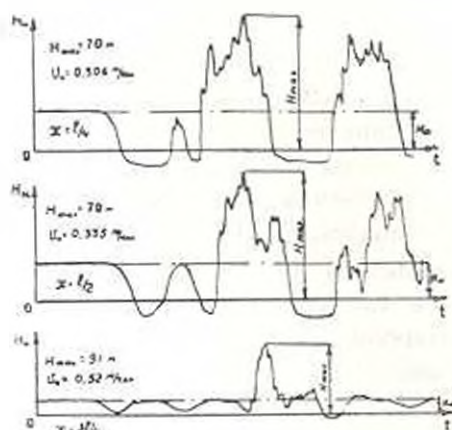


Рис. 5 Осциллограммы давления, снятые в различных сечениях трубопровода

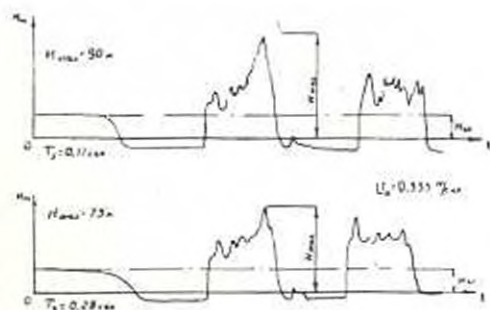


Рис. 6 Осциллограммы давления, снятые при различном времени закрытия пробкового крана

заны осциллограммы, полученные при одной и той же начальной скорости, но при различном времени закрытия пробкового крана. Из осциллограмм видно, что с увеличением времени закрытия затвора уменьшается промежуток времени, в течение которого у затвора существует вакуум, и, тем самым, уменьшается напор.

Резюмируя, отметим, что на экспериментальной установке Арм. НИИВПНГ удалось зафиксировать величину напора в водоводе, равную $2.5H_{\text{ст}} + av_0^2 g^{-1}$. Кроме того, экспериментально доказано, что изменение скачка давления по длине водовода не одинаково, и характер колебания напора в различных сечениях водовода различен.

АрмНИИВПНГ

Поступило 19.1.1976.

Է. Պ. ԱՇԻԱՆՑ

ՀՈՍԱՆՔԻ ԱՆԴՆԴՀԱՏՈՒԹՅԱՆ ԽՁՄԱՆՐ ՀԻՐԱՎՐԿԱԿԱՆ ՀԱՐԿԱՄԻ
ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ո ռ ը

Հոգիածում բերվում էն հասանքի անընդհատության խզմամբ հիգրոսկոպիկան հարվածի փորձարարական ուսումնասիրությունների արդյունքները: Փորձերը կատարվել են Ջրային պրոբլեմների և հիդրոսեյսմոլոգիայի

գիտականագիտական ինստիտուտի փորձարարական տեղակայանքի վրա: Ստացված տվյալները թույլ են տալիս դառնել առավելագույն ճնշման մեծության մասին, որը կարող է առաջանալ ճնշման խոզովակաշարում հիդրավիկական հարվածի ժամանակ, և ավելի պարզ պատկերացնել բնթաղող ֆիզիկական երևույթները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Указания по защите водоводов от гидравлического удара. Госстройиздат, 1961.
2. Мошкин Л. Ф., Тимофеева Е. Т. Повышение давления при гидравлических ударах, сопровождающихся разрывом сплошности потока. «Водоснабжение и санитарная техника», № 7, 1965.
3. Смирнов Д. Н., Зубов Л. Б. Экспериментальные исследования гидравлического удара, сопровождающегося кавитацией потока. ВОДГЕО, Труды лаборатории инженерной гидравлики. Сборник № 13, 1972.