

*Канд. техн. наук, доцент Пупков В.С.
(ДонДТУ, г. Алчевск, Украина)*

ГЕНЕРИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ ДАВЛЕНИЯ ОБЛАДАЮЩИХ КРУТЫМ ФРОНТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА

Розроблено принципову конструкцію пристрою для створення імпульсів підвищеного тиску маючих крутий фронт с застосуванням явища гідравлічного удару.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современные тенденции развития фильтров с фильтров с противоточной регенерацией (ФПР) заключаются в оснащении их конструкций устройствами, интенсифицирующими процесс регенерации сетки. При этом практически всегда возникает проблема использования дополнительного источника энергии, например сжатого воздуха или высоковольтного напряжения. Что далеко не всегда удобно и осуществимо.

Анализ исследований и публикаций. Анализ показывает, что можно выделить три основных способа интенсификации процесса противоточной регенерации [1, 2]:

1. повышением перепада давления при регенерации, за счет увеличения скорости промывной жидкости;
2. применением кавитации;
3. воздействием импульсов повышенного давления.

Первый способ неэкономичен из-за недопустимо больших затрат промывочной жидкости, однако в зарубежных фильтрах именно он нашел наибольшее распространение [3, 4]. Объяснением может служить тот факт, что эти фильтры рассчитаны на работу с суспензиями содержание твердых веществ, в которых не превышает 0,2 г/л. При использовании кавитации, возникают большие трудности, связанные с повышенным давлением внутри фильтра, что осложняет создание кавитации и разрушающем действии самой кавитации на элементы конструкции фильтра [5]. Поэтому, наиболее перспективным является применение ИПД. Поскольку только у этого способа эффективность не зависит от степени загрязнения регенерируемого участка сетки.

Существуют технические решения, в которых для создания импульсов повышенного давления используют либо энергию сжатого воздуха, либо электрогидравлический эффект [6]. Общий недостаток обоих

способов – необходимость использования дополнительных источников энергии. Поэтому для создания импульсов давления целесообразно применять явление гидравлического удара [7].

В работе [8] показано, что эффективность гидроимпульсной интенсификации в решающей степени определяется крутизной фронта импульса давления.

Постановка задачи. Целью настоящего исследования является обоснование конструкции гидроударного устройства, создающего импульсы давления с требуемой амплитудой P_a и крутизной фронта τ ($P_a \in (30 \text{ МПа} \text{ } 60 \text{ МПа})$; $\tau \leq 20 \text{ мкс}$).

Изложение материала и его результаты. Проектирование конструкции гидроударного устройства основывалось на прямой связи крутизны фронта импульса повышенного давления (ИПД) с быстротой торможения жидкости. Возможная конструкция ударного устройства представлена на рисунке 1.

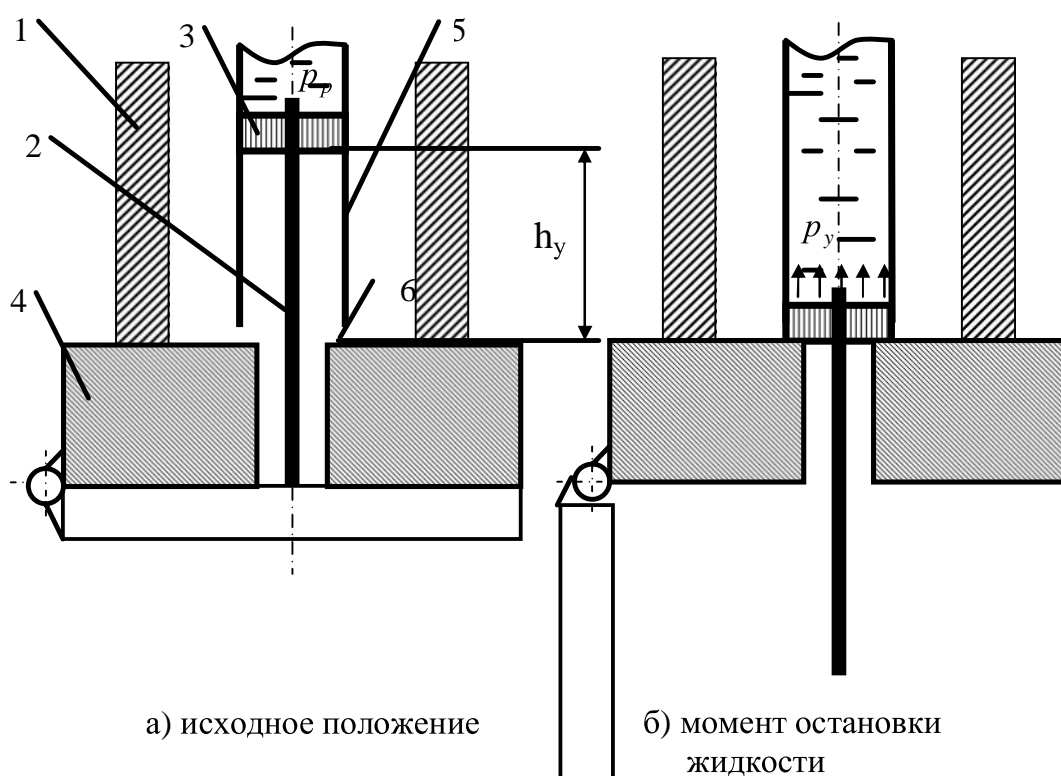


Рисунок 1 – Конструкция гидроударного устройства.

Его работа заключается в следующем: при освобождении штока 2 поршень 3 под действием рабочего давления жидкости начинает движение. Разгон продолжается до момента остановки поршня 3 ударной плитой 4. При этом возникает ИПД распространяющийся по волноводу 5 к

регенерируемому участку сетки. Для устранения влияния воздушной подушки, в подпоршневой полости выполнены отверстия для выхода воздуха 6. Для обеспечения жесткости всей системы используется массивный каркас 1.

Регулирование амплитудного значения импульса давления можно осуществлять за счет изменения длины штока, так как это влечет за собой изменение финальной скорости жидкости. Динамику разгона жидкости совместно с поршнем описывается следующими зависимостями, которые можно получить путем решения уравнения неустановившегося движения несжимаемой жидкости:

$$V_n(t) = V_u \frac{e^{\frac{t}{\Omega}} - 1}{e^{\frac{t}{\Omega}} + 1}, \quad (1)$$

$$h_y(t) = \int_0^t V_n(\zeta) d\zeta \quad (2)$$

где V_u – скорость установившегося движения жидкости, Ω – константа времени разгона.

Определив из зависимостей (1) и (2) скорость жидкости, по формуле Жуковского можно получить величину максимального давления, создаваемого при гидроударе:

$$p_a = \rho \cdot c \cdot V_n(t), \quad (3)$$

где c – скорость звука в жидкости.

Так как в реальной конструкции нам необходимо знать какое давление P_a соответствует определенному значению h_y , использовать такую связь (1 – 3) на практике довольно неудобно, поэтому подберем аппроксимирующую зависимость, которая бы связывала значения $P_a = f(h_y)$ при использовании минимального числа коэффициентов. Зависимость

$$p_a = q_1 \cdot h_y^{q_2}, \quad (4)$$

хорошо подходит для наших целей. В частности зависимость (4) может достаточно аппроксимирует $P_a = f(h_y)$ при $q_1 = 18.239$ и $q_2 = 0.474$. Коэффициенты получены методом наименьших квадратов на основании

данных, рассчитанных по (1 – 3). Оправданность такого подхода проиллюстрирована на рис. 2.

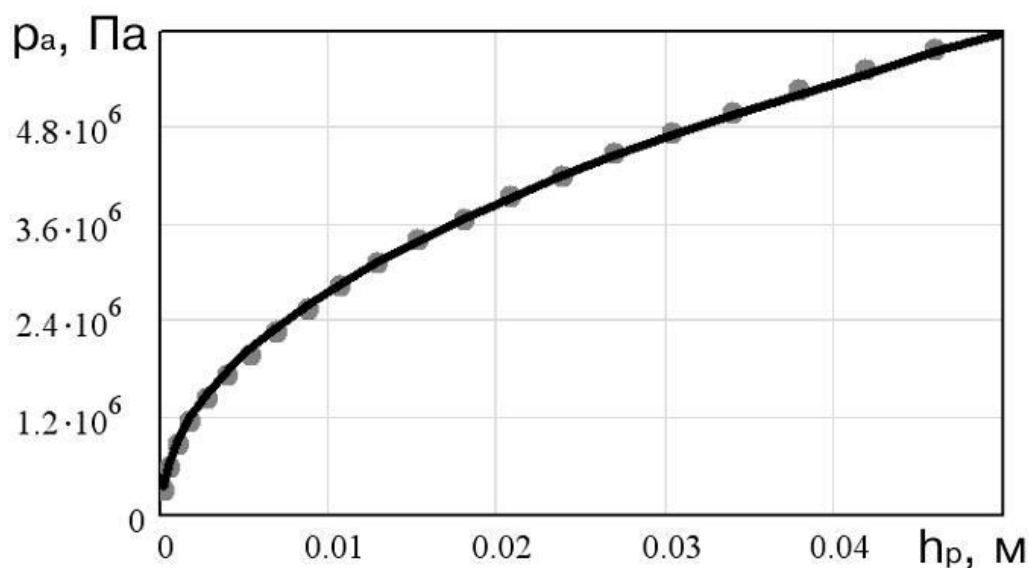


Рисунок 2 – Зависимость P_a от величины h_y (• • • по формулам (1 – 3), – по формуле (4)).

В реальной конструкции варьирование высотой подвеса h_y осуществляется за счет резьбового соединения поршня и штока.

Крутизна нарастания фронта ИПД для такой конструкции – величина постоянная, определяемая временем торможения поршня $\tau = t_{top}$. С учетом того, что ударная плита выполнена массивной $m_{pl} > 20m_n$, можно считать, что торможение поршня происходит о неограниченную плиту, испытывающую местные деформации. При этом t_{top} определяется только массой поршня m_n и приведенной жесткостью системы k_u

$$t_{top} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m_n}{k_u}}. \quad (3)$$

В реальной конструкции (рис. 3) значение времени торможения t_{top} в 4.3 раза превышает расчетное, что можно объяснить наличием неровностей на контактируемых поверхностях. В результате получено значение времени нарастания ИПД $\tau_e = 18$ мкс. Для удержания штока использовался электромагнит.

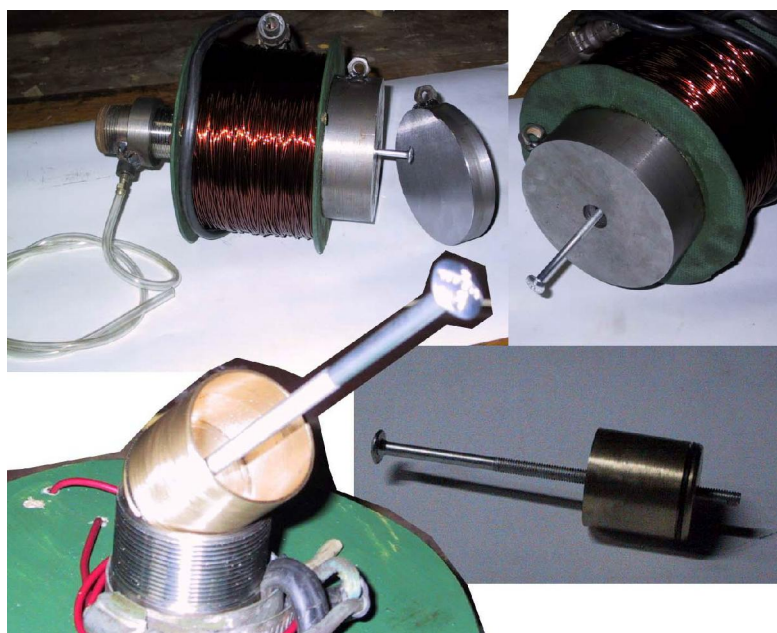


Рисунок 3 – Ударное устройство.

Сравнение амплитудных значений давления, полученных при тестировании ударного устройства, с расчетными значениями приведено на рис. 4.

Измерение ИПД осуществлялось датчиком давления, представляющим собой прямоугольную мембрану, имеющую начальную кривизну равную радиусу волновода. С обратной стороны мембраны крепился тензорезистор, усиленный сигнал которого через АЦП передавался на ПК для дальнейшей обработки. Тарировка датчика осуществлялась методом падающего груза.

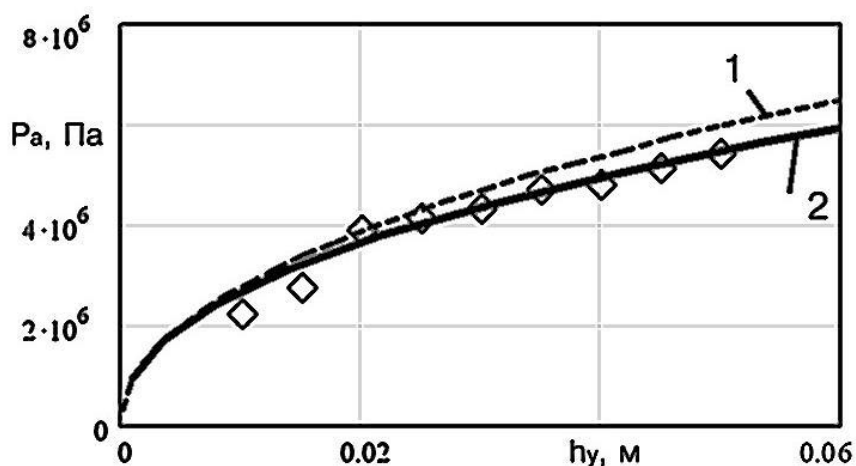


Рисунок 4 – Зависимость P_a от величины h_y (1 – теоретически рассчитанная, 2 – экспериментальная).

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, показано, что необходимые для интенсификации противоточной регенерации параметры импульсов повышенного давления можно обеспечить на основе использования гидравлического удара. Обоснована конструкция устройства создания гидроударных импульсов и приведена методика расчета такого устройства. В дальнейших исследованиях требуется существенно уточнить расчет времени торможения поршня.

Разработана принципиальная конструкция устройства для создания импульсов повышенного давления имеющих крутой фронт с применением явления гидравлического удара.

The of principle construction of device for creation of impulses of enhanceable pressure is developed having steep front with the use of the phenomenon of water-hammer.

Библиографический список.

1. Берестюк Г.И. Регенерация фильтров для разделения суспензий. – М.: Химия, 1978. – 96с.
2. Пупков В.С. Пути обеспечения интенсификации процесса самоочистки сетчатого фильтроэлемента // Сб. научн. тр. ДГМИ Вып. 15 – Алчевск: ДГМИ, 2002. – С. 123–130.
3. Сетчатые фильтры filtomat-M302L-316P
<http://www.filto.com.ua/pagesrus/filtomatM302L.htm>
4. Фильтры Amiad. <http://www.armatura.ru/catalog.php>
5. Кочетов А.Н., Аль-Тибби В.Х., Кочетов Г.Н Теоретические основы интенсификации процесса регенерации фильтроэлементов с использованием комплексного акустического поля // Вестник ДГТУ, 2001.– Т.1. №3(9) – С.140-146
6. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. –Л.: Машиностроение, 1986. –253 с.
7. Павлихин Г.П., Рынсков Ю.О. Влияние гидравлического удара на расходные и фильтровальные характеристики фильтроэлемента //Известия высших учебных заведений МВ и ССО СССР Вып. № 11.: Машиностроение. – 1988. – С. 54 – 59
8. Пупков В.С. Влияние кинетической энергии частиц на процесс загрязнения сетчатого фильтроэлемента // Сборник ИГТМ НАН Украины Геотехническая механика, 2004. – Вып. № 50. – С. 212-218.