

С.Г. Новиков, канд. техн. наук, доцент, ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт» (Россия, 305009, Курск, ул. Маяковского, 85) (e-mail: novikov.s.46@mail.ru)

В.Н. Куценко, канд. техн. наук, доцент, ЧОУ ВО «Региональный открытый социальный институт» (Россия, 305009, Курск, ул. Маяковского, 85) (e-mail: kucenko.v@bk.ru)

В.В. Малыхин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: mtio@kurskstu.ru)

Р.В. Глаголев, канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Курский государственный университет» (Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, 33) (e-mail: r.glagolev1974@yandex.ru)

ГИДРОИМПУЛЬСНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ СТРУИ ЖИДКОСТИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЕГО РАБОТЫ

Неустановившиеся процессы в рабочей жидкости приводят к получению как гидравлических импульсов, так и гидравлических ударов, энергия которых в настоящее время используется в ряде устройств и машин. В гидравлических вибрационных прессах, гидравлических молотах, гидроударниках и гидроперфораторах создание значительных импульсов является необходимым для обеспечения их основных функций. Гидравлический удар применяется в гидротаранах для подъема воды и разрушения пород, бурильных агрегатах – для проходки скважин с помощью продольного ударного импульса, гидроимпульсных установках – для очистки излишков материалов (ликвидов), вызывающих нарушения формы и точности деталей.

Разработаны устройства – мультипликаторы для получения сверхвысоких давлений рабочей жидкости, обеспечивающие ее импульсную подачу, причем характеристики импульсов и периоды их действия регулируются. В конструкциях гидроимпульсных устройств обеспечивается создание высокоскоростной импульсной струи, что приводит к увеличению эффективности и производительности установок. Проведены аналитические исследования по определению некоторых основных геометрических и конструктивных соотношений, динамических параметров устройств, использующих гидродинамический эффект для создания мощных гидроимпульсов.

Математические выкладки, вытекающие из формулы Жуковского Н.Е. для происхождения гидроудара и уравнения Бернулли неустановившегося движения рабочей жидкости, позволили сделать ряд практических выводов и наметить направление исследований, нуждающихся в продолжении, в том числе с применением компьютерной техники в силу сложности получаемых зависимостей и невозможности их преобразования к достаточно простому виду.

Приведены методика исследований и пример расчета. Намечены пути совершенствования устройств. Необходима постановка экспериментов для оценки теоретических результатов и поведения жидкости в условиях ее сверхвысоких давлений.

Ключевые слова: жидкость; струя; гидроимпульс; гидроудар; устройство; сверх высокое давление; скорость.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-6-30-39

Ссылка для цитирования: Гидроимпульсное устройство для получения сверхвысоких давлений струи жидкости и теоретический анализ его работы / С.Г. Новиков, В.Н. Куценко, В.В. Малыхин, Р.В. Глаголев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 6(81). С. 30-39.

Введение

Неустановившиеся процессы в рабочей жидкости приводят к получению как гидравлических импульсов, так и гидравлических ударов, энергия которых в настоящее время используется в ряде устройств и машин. В гидравлических

вибрационных прессах, гидравлических молотах, гидроударниках и гидроперфораторах создание значительных импульсов является необходимым для обеспечения их основных функций. Для повышения величины импульса и КПД широкое применение получили различные аккумуляторы (механические, маховичные,

пружинные, гидравлические, пневмогидравлические), при этом значительный положительный эффект был достигнут использованием пневмогидравлических аккумуляторов [1,2]. Гидравлический удар применяется в гидротаранах для подъема воды и разрушения пород, бурильных агрегатах – для проходки скважин с помощью продольного ударного импульса, гидроимпульсных установках – для гидронапорной промывки отверстий и очистки излишков материалов (ликвидов), вызывающих нарушения формы и точности деталей [3]. Использование импульсов высоких и сверхвысоких давлений в процессе бурения и механической обработки металлов позволяет осуществить новые технологические процессы и ускорить существующие во много раз [4-7].

Цель: разработка устройств-мультипликаторов для получения сверхвысоких давлений рабочей жидкости. Они обеспечивают импульсную подачу жидкости, причем характеристики импульсов регулируемые [8-9].

Материалы

На рис. 1 показана схема одного из предложенных гидроимпульсных устройств, которая соответствует текущему моменту заполнения пневмогидравлического аккумулятора рабочей жидкостью, когда давление в аккумуляторе не достигло величины, необходимой для начала работы устройства.

По достижении определенной величины давления в аккумуляторе 4 золотник клапана 23 под действием давления рабочей жидкости, находящейся в гидроканале 25, перемещается налево, замыкая контакты 24. Вследствие этого ток подается на электромагнит 28, золотник клапана 13 ключа гидравлических импульсов

(КГИ) занимает крайнее верхнее положение, перекрывает напорную гидролинию 14 и открывает дополнительный трубопровод 29, через который рабочая жидкость начинает поступать в гидробак 11. Повышается давление в гидроканалах 31, плунжеры 33 и 34 перемещаются налево.

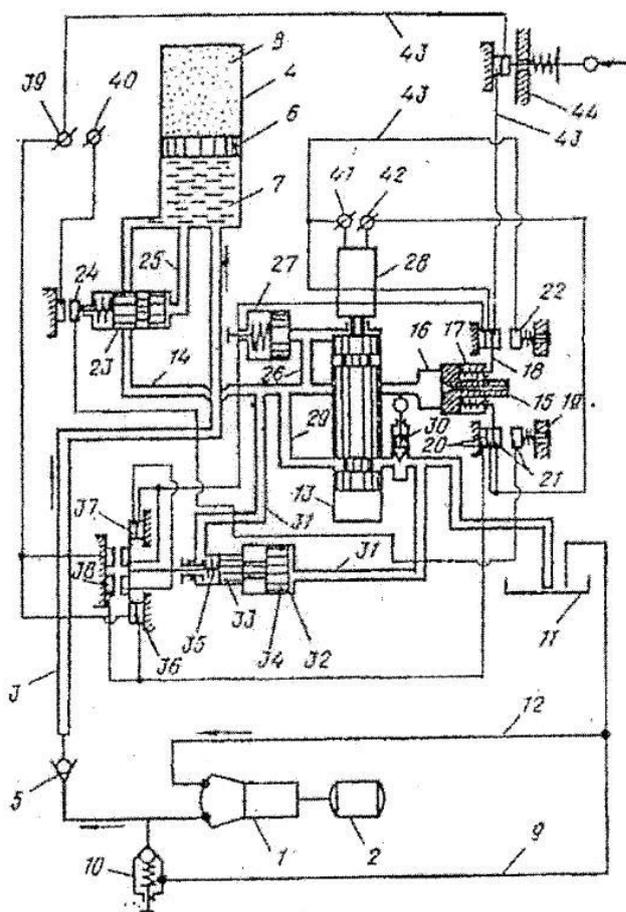


Рис.1. Устройство-мультипликатор давления

Замыкаются и размыкаются соответствующие контакты, сердечник электромагнита 28 вместе с золотником клапана 13 перемещается вниз, перекрывая вначале трубопровод 29, а затем открывая гидролинию 14. Это зависит от отношения длины средней части золотника к расстоянию между входными каналами в клапан 13 трубопроводов 14 и 29 с учетом скорости движения золотника вниз; чем больше это отношение, тем позже откро-

ется гидролиния 14 по отношению к моменту перекрытия трубопровода 29. Чтобы варьировать этим отношением нужно или регулировать длину средней части золотника, или ставить сменный золотник с другой длиной средней части, предусматривая для этого необходимую первоначальную длину корпуса клапана 13. Предусмотрено увеличение скорости золотника за счет давления рабочей жидкости через гидроканал 26. В начале, в момент перекрытия трубопровода 29, создается гидравлический удар, формирование и перемещение волны которого зависит от интервала времени между моментами перекрытия трубопроводов 29 и 14. Затем, с момента открытия гидролинии 14, гидроударная волна достигает сопла 15, перемещая его направо, при этом размыкая и замыкая систему контактов. Когда наступит установившееся движение жидкости к соплу 15, золотник клапана 13 перемещается вверх, открывая трубопровод 29 и закрывая гидролинию 14. Гидросистема и электросистема устройства находятся в исходном положении, гидроимпульсное устройство подготовлено к совершению следующего повторяющегося цикла.

Пик давления рабочей жидкости перед соплом 15 и наибольшая скорость струи через сопло 15 соответствует крайнему нижнему положению золотника клапана 13 и смещению сопла 15 до предела направо. Если гидроударное давление возрастает до нежелательного уровня, срабатывает компенсатор 27 (пружинного, пневматического или другого типа), чем погашается дальнейшее возрастание давления.

Период времени между импульсами регулируется посредством дросселя 30 с

управляемой иглой. Чем больше гидравлическое сопротивление дросселя 30, тем больше продолжительность разгона рабочей жидкости в трубопроводе 29 до скорости, необходимой для создания гидроударной волны. Выбором величины этой скорости и соответствующего ей давления одновременно определяются и величина гидроударного давления, и продолжительность гидроимпульса. Принципиально возможно не только фиксированное регулирование дросселя 30, но и регулирование по любому закону для целенаправленного модулирования гидроимпульсов и изменения периода их возникновения. Полное открытие иглы дросселя 30 обеспечивает замыкание контактов 38 при минимально возможном периоде импульсов. Тем самым обеспечивается максимально возможная «скорострельность» устройства, производительность и КПД.

Конструкция может найти применение в машиностроении, горнодобывающей промышленности, строительстве и других отраслях [10-15].

Проведено аналитическое исследование по определению некоторых основных геометрических и конструктивных соотношений, динамических параметров гидроимпульсного устройства, использующего гидродинамический эффект для создания мощных гидроимпульсов.

Методика исследования имеет вид:

1. Подбираем геометрические и конструктивные размеры золотника клапана 13 КГИ, позволяющие реализовать поставленную задачу – последовательно перекрыть дополнительный трубопровод 29 и напорную гидролинию 14 и при этом гарантировать возникновение гидроударной волны.

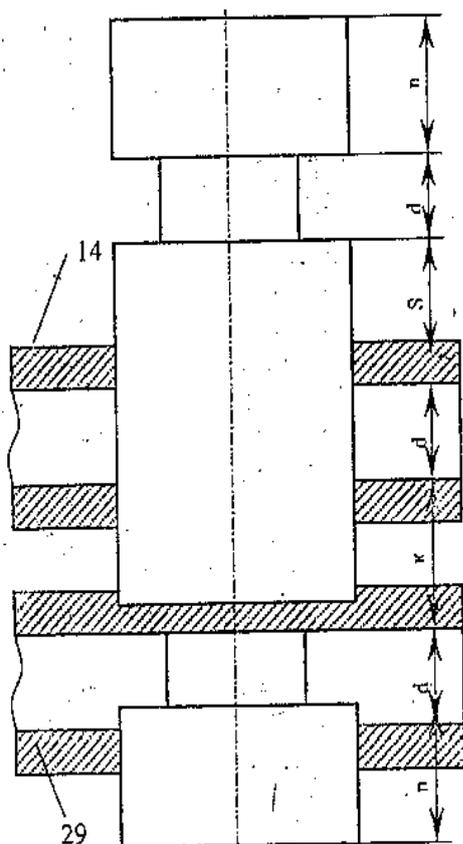


Рис.2. Золотник клапана 13 КГИ

Средняя часть золотника (или запорно-регулирующая часть) должна иметь длину, превышающую расстояние между напорной гидролинией 14 и дополнительным трубопроводом 29, включая величину диаметров последних. Это видно из рис.2, на котором длина средней части равна $S+d+k > k+2d$ или $S > d$. При этом условии в момент, когда дополнительный трубопровод 29 будет перекрыт, напорная гидролиния 14 будет еще закрыта. При дальнейшем движении золотника в сторону дополнительного трубопровода 29 напорная гидролиния 14 некоторое время остается закрытой.

Каково должно быть отношение S/d , чтобы возникла гидроударная волна? Вопрос не решается чисто геометрически. Однако выразить необходимые соотношения параметров с учетом динамики

гидроударной волны можно вполне определено. Для этого оценим величину S .

По формуле Жуковского Н.Е. для происхождения гидроудара необходимо, чтобы время перекрытия дополнительного трубопровода 29 $t < 2l/C$, где l – длина напорной гидролинии 14 (от клапана 13 до аккумулятора 4); C – скорость распространения ударной волны.

Отсюда следует, что скорость перемещения золотника должна быть: $v > d/t$.

Условие полного гидравлического удара состоит в том, что напорная гидролиния 14 должна быть закрыта в течение времени, большем чем необходимо для возврата ударной волны к золотнику, откуда вытекает неравенство $S/v > 2l/C$ или $S > 2l v /C$. Следовательно, имеем систему двух неравенств:

$$\begin{cases} S > d; \\ S > 2l v /C. \end{cases}$$

Приравняв правые части этих неравенств, получим минимальную длину напорной гидролинии l_{\min} , которая обеспечивает гидроудар при некоторых известных величинах d , C и v , т.е. $l_{\min} = d C/2 v$.

Дополнительное условие создания гидроудара можно выразить так:

$$l > l_{\min}.$$

Рассмотрим пример.

Пусть $d = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м}$,

$C = 1200 \text{ м/с}$, $v = 7 \text{ м/с}$, тогда

$$l > dC/2v; l > 0,015 \cdot 1200 / 2 \cdot 7 = 1,286 \text{ (м)}.$$

Примем $l = 1,5 \text{ м}$.

В этом случае $S > 2l v /C$;

$$S > 2 \cdot 1,5 \cdot 7 / 1200 = 0,0175 \text{ (м)} = 17,5 \text{ (мм)}.$$

Примем по расчету в примере $S = 20 \text{ мм}$ и зададим конструктивно:

$n = 20 \text{ мм}$, $k = 25 \text{ мм}$. Видно, что размеры золотника вполне соответствуют промышленной установке. От длины l и

размера S зависят производительность и КПД устройства. Вопрос оптимизации размеров не решен и нуждается в исследовании.

2. Определяем время разгона рабочей жидкости в напорной гидролинии 14 и дополнительном трубопроводе 29 до скорости установившегося движения.

Составим уравнение Бернулли неустановившегося движения рабочей жидкости, для чего выберем сечение 1-1 на трубопроводе 14 в месте его соединения с аккумулятором 4, а сечение 2-2 - в конце дополнительного трубопровода 29, в месте погружения его в гидробак 11:

$$\begin{aligned} P_a/\gamma + v_0^2/2g = \\ P_{am}/\gamma + v^2/2g + \Sigma \xi v^2/2g + \\ + (\lambda l/d)v^2/2g + (l/g)dv/dt, \end{aligned}$$

где P_a , P_{am} – давления соответственно в аккумуляторе 4 и атмосфере; γ - удельный вес жидкости; ξ - коэффициент, учитывающий местные сопротивления; $\lambda l/d$ – коэффициент, учитывающий сопротивление по длине трубопроводов (l и d соответственно длина и диаметр трубопроводов 14, 29); v_0 – скорость при вытекании рабочей жидкости из аккумулятора 4, принятой постоянной; v – переменная скорость рабочей жидкости при выходе из дополнительного трубопровода 29.

Обозначая $\Sigma \xi + \lambda l/d = \xi_c$ и $(P_a - P_{am}) / \gamma + v_0^2 / 2g = Ha$, перепишем уравнение в виде:

$$Ha = (1 + \xi_c) v^2/2g + (l/g) dv/dt. \quad (1)$$

По достижении скорости установившегося движения $v \approx v_c$ ($dv/dt=0$) из (1) получим:

$$v_c = \sqrt{2g Ha / (1 + \xi_c)}. \quad (2)$$

Решая уравнение (1) с учетом (2), получим:

$$dt = [2l / (1 + \xi_c)] dv / (v_c^2 - v^2),$$

$$t = [l / v_c (1 + \xi_c)] \ln (v_c + v) / (v_c - v). \quad (3)$$

Введем обозначение $\tau = l / v_c (1 + \xi_c)$.

С учетом выражения (2) получим

$$\tau = l / \sqrt{2g Ha (1 + \xi_c)}.$$

Перепишем уравнение (3) в виде

$$t = \tau \ln (v_c + v) / (v_c - v). \quad (4)$$

Преобразуя выражение (4), имеем

$$v = h_c v_c, \text{ где } h_c = th(t / 2\tau).$$

Из выражения (4) видно, что не может быть $v = v_c$, поэтому примем $v = 0,99 v_c$ [3]. Тогда $t = \tau \ln 199$, или $t = 5,3 \tau$.

Учитывая выражение для

$$\tau, t = 5,3l / \sqrt{2g Ha (1 + \xi_c)}. \quad (5)$$

3. Находим время разгона рабочей жидкости до срабатывания контрольного электрогидравлического клапана 32.

Время разгона рабочей жидкости, по сравнению с полученным выражением (5), может быть уменьшено до требуемой величины с помощью контрольного клапана 32; соответственно уменьшается и скорость разгона рабочей жидкости и максимальное ударное давление при срабатывании клапана 13.

Выберем сечения 1-1 и 2-2 соответственно слева от клапана 32 – в местах подхода к клапану трубопроводов 31. Составим уравнение неустановившегося движения рабочей жидкости на участках трубопроводов 31, 14 и 29 между этими сечениями:

$$\begin{aligned} P_1/\gamma + v_1^2/2g = P_2/\gamma + v^2/2g + \\ + \xi_n v^2/2g + \lambda (l_{1-2}/d) dv/dt, \end{aligned}$$

в этом уравнении обозначено:

$$\xi_n = \xi_{кл} + \xi_{др} + \lambda l_{1-2} / d,$$

где ξ_n – коэффициент суммарного сопротивления на участке между сечениями 1-

1 и 2-2; $\xi_{кл}$ – коэффициент местного сопротивления в клапане 32; $\xi_{др}$ – коэффициент сопротивления дросселя 30; l_{1-2} – длина введенных в уравнение участков трубопроводов 14, 29, 31.

Для упрощения полученного уравнения будем считать достаточно малой длину l_{1-2} , а также то, что сопротивления в трубопроводе 29 между дросселем 30 и гидробаком 11 малы по сравнению с другими учтенными сопротивлениями. В упрощенном виде уравнение переписывается так:

$$(P_1 - P_2) / \gamma = \xi_n v_c^2 / 2g, \quad (6)$$

при этом учтено, что $v \approx v_1$, $l_{1-2} \approx 0$ и $\xi_n = \xi_{кл} + \xi_{др}$.

Выше было показано, что $v = v_c \operatorname{th}(t/2\tau)$, поэтому уравнение (6) выразим следующим образом:

$$(P_1 - P_2) / \gamma = (\xi_n v_c^2 / 2g) \operatorname{th}^2(t/2\tau). \quad (7)$$

Запишем уравнение равновесия плунжеров 33 и 34 клапана 32 без учета их инерционности:

$$F_n + P_1 (\pi d_M^2 / 4) = P_2 (\pi d_6^2 / 4), \quad (8)$$

где F_n – сила упругости пружины 35; d_M , d_6 – диаметры плунжеров 33 и 34 соответственно слева и справа на схеме устройства.

Разделим уравнение (8) на $S_M = \pi d_M^2 / 4$ и на P_2 , тогда после несложных преобразований получим:

$$P_1 / P_2 = (d_6 / d_M)^2 - F_n / (S_M P_2). \quad (9)$$

С учетом выражения (9) уравнение (7) запишем следующим образом:

$$\begin{aligned} P_2 / \gamma &= [(d_6 / d_M)^2 - 1] - F_n / (S_M \gamma) = \\ &= (\xi_n v_c^2 / 2g) \operatorname{th}^2(t/2\tau). \end{aligned}$$

Из последнего уравнения получим время t :

$$t = 2\tau \operatorname{Arctg} \sqrt{2g \{P_2 [(d_6 / d_M)^2 - 1] - F_n / S_M\} / \gamma \xi_n v_c^2}.$$

Введем обозначения:

$$\delta = (\pi d_6^2 / 4) / (\pi d_M^2 / 4) = (d_6 / d_M)^2,$$

$$P_n = F_n / (\pi d_6^2 / 4) = F_n / \delta S_M,$$

а выражение для t перепишем в виде

$$t = 2\tau \operatorname{Arctg} \sqrt{2g [P_2(\delta - 1) - P_n \delta] / \gamma \xi_n v_c^2}. \quad (10)$$

Для первоначального анализа рассмотрим в правой части выражения (10) первый член степенного ряда, то есть получим:

$$t = (1 / \text{Ha}) \sqrt{2 [P_2(\delta - 1) - P_n \delta] / \gamma \xi_n g}. \quad (11)$$

Имея в виду, что $\delta > 1$, условие существования правой части выражения (11)

$$P_2(\delta - 1) - P_n \delta > 0, \text{ откуда}$$

$$P_2 > P_n \delta / (\delta - 1). \quad (12)$$

В первом приближении можно предположить, что $P_2 = P_{AT} = 1 \text{ кГ/см}^2 = 0,1 \text{ МПа}$, в этом случае из неравенства (12) можно найти минимальное значение давления P_n пружины 35, являющееся нижним пределом работоспособности устройства: $P_{n \min} = P_{am} (\delta - 1) / \delta$.

Задавшись величиной δ , можно конструктивно выбрать диаметры плунжеров 33 и 34.

Результаты

Таким образом, в разработанном устройстве реализуются следующие эффекты:

1. Повышается скорость импульсной струи за счет гидродинамического эффекта и получения сверхвысокого давления у сопла, что приводит к резкому увеличению давления на преграду и к увеличению производительности установки.

2. Процесс работы устройства автоматизирован, при этом обеспечен контроль и модулирование гидроимпульса

по форме и периоду повторяемости. Следовательно, установка может быть приспособлена к разным условиям эксплуатации с получением максимальной эффективности.

3. Устройство принципиально может быть использовано как мультипликатор давления.

Обсуждение

Конструкция может найти применение в машиностроении, горнодобывающей промышленности, строительстве и других отраслях [10-15].

Из зависимости (11) следует также, что в устройстве не полностью использованы возможности для регулировки параметров гидроимпульса в связи с малой величиной P_2 ; имеются резервы улучшения работы устройства.

Выводы

1. Гидроимпульсная техника создает новые, в том числе и неизвестные пока, возможности для совершенствования различных машин и технологических процессов. Использование гидравлического удара представляет реальную возможность для получения мощных, в том числе регулируемых импульсов.

2. Математическое исследование гидроимпульсного устройства позволило определить некоторые основные геометрические и конструктивные соотношения и сделать ряд практических выводов о параметрах гидравлических импульсов, возможности их регулирования, а также о путях совершенствования устройства. Это направление исследований нуждается в продолжении, в том числе с применением компьютерной техники в силу сложности получаемых зависимостей и

невозможности их преобразования к достаточно простому виду.

3. Необходима постановка экспериментов для оценки теоретических результатов и поведения жидкости в условиях сверхвысоких давлений.

Список литературы

1. Гидропневмоударные системы исполнительных органов горных и строительно-дорожных машин / А.С. Сагинов, А. Ф. Кичигин, А. Г. Лазуткин, И. А. Янцен. М.: Машиностроение, 1980. 200 с.

2. Могендович Е. М. Гидравлические импульсные системы. Л.: Машиностроение, 1977. 216 с.

3. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки. М.: Машиностроение, 1968. 173с.

4. Чёрный А.Г., Козлов В.А., Новиков С.Г. Современные методы снятия заусенцев с мелких деталей // Техническое перевооружение и модернизация производства на базе комплексной автоматизации и вычислительной техники: тез. докл. областной научно-технической конференции. Курск, 1986. С. 25-28.

5. Лосев А.В. Термоимпульсная отделка кромок и поверхностей сложнопрофильных деталей // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: тр. 5-й Международной научно-технической конференции. Харьков, 2002. С. 323-326.

6. Лосев А.В., Коростелева А.А. Очистка поверхностей и кромок деталей // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: тр. 5-й Международной научно-технической конференции. Харьков, 2002. С. 327-330.

7. Козлов Ю.С., Кузнецов О.К., Тельнов А.Ф. Очистка изделий в маши-

ностроении. М.: Машиностроение, 1983. 262 с.

8. А.С. 1141228, МКИ F15B21/12; B05B12/06. Гидроимпульсное устройство. Черный А.Г., Новиков С.Г., Матвеев В.В. (СССР) 3606332/24-24; заявл. 20.06.83; опубл. 23.02.85. Бюл. №7.

9. А.С. 1211488, МКИ F15 B21/12. Гидроимпульсное устройство. Черный А.Г., Новиков С.Г., Матвеев В.В., Козлов В.А. (СССР) 3683624/25-06; заявл. 02.01.84; опубл. 15.02.86. Бюл. №6 5с.

10. Новиков С.Г., Малыхин В.В., Соколов В.С. Использование гидродинамического эффекта для получения сверхвысоких давлений и больших скоростей струи жидкости // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: труды 7-й Международной научно-технической конференции. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2003. С. 220-222.

11. Новиков С.Г., Малыхин В.В., Соколов В.С. Теоретический анализ работы гидроимпульсного устройства // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: труды 7-й Международной научно-технической конференции. Харьков: ХНПК «ФЭД», 2003. С. 222-226.

12. Новиков С.Г., Глаголев Р.В., Зайцев С.А. Некоторые аспекты применения гидродинамического эффекта получения сверхвысоких давлений и больших скоростей струи жидкости // Актуальные проблемы общества, науки и образова-

ния: современное состояние и перспективы развития: материалы III международной научно-практической конференции / под ред. Ю.В. Фурмана, Т.Б. Белозеровой, Е.П. Непочатых. М.: Изд-во «Перо», 2016. С. 283-287.

13. Оптимальная эффективность работы пневмогидравлического аккумулятора при использовании гидроимпульсного устройства / С.Г. Новиков, Р.В. Глаголев, В.В. Малыхин, В.Н. Куценко // Современная наука: проблемы, инновации, решения: материалы III Международной научно-практической конференции / отв. за вып. Р.В. Глаголев; Курский институт социального образования (филиал) РГСУ, Курск: ООО «Учитель», 2015. С. 193-197.

14. Исследование токсичности автобуса с рекуператором энергии и гидроимпульсным устройством / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, В.Н. Куценко, Р.В. Глаголев // Провинциальные научные записки. 2018. №1. С. 105-110.

15. Исследование топливной экономичности автобуса с рекуператором энергии и гидроимпульсным устройством / С.Г. Новиков, В.В. Малыхин, В.Н. Куценко, Р.В. Глаголев // Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования: материалы Международной научно-практической конференции. Курск, 2018. С. 241-252.

Поступила в редакцию 22.11.18

UDC 621.004.5

S.G. Novikov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Private Society "Regional Open Social Institute" (Russia, 305009, Kursk, Mayakovskogo str., 85) (e-mail: novikov.s.46@mail.ru)

V. N. Kutsenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Private Society "Regional Open Social Institute" (Russia, 305009, Kursk, Mayakovskogo str., 85) (e-mail: kucenko.v@bk.ru)

V.V. Malykhin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya str., 94) (e-mail: mtio@kurskstu.ru)

R.W. Glagolev, Candidate of Agriculture Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Russia, 305000, Kursk, Radishcheva str., 33) (e-mail: r.glagolev1974@yandex.ru)

HYDRO-PULSE DEVICE FOR OBTAINING HIGH-PRESSURE LIQUID-CURRENT PRESSURES AND THE THEORETICAL ANALYSIS OF ITS WORK

Unsteady processes in the working fluid lead to the receipt of both hydraulic impulses and hydraulic shocks, the energy of which is currently used in a number of devices and machines. In hydraulic vibratory presses, hydraulic hammers, hammers and hydraulic perforators, the creation of significant pulses is necessary to ensure their basic functions. Hydraulic impact is used in hydrotarans for water lifting and rock destruction, drilling units for drilling wells with the help of a longitudinal shock impulse, hydroimpulse plants for cleaning surplus materials (liquidations), causing irregularities in the shape and precision of the parts.

Devices - multipliers for obtaining ultra-high pressures of the working fluid, providing its impulse delivery, are provided, and the characteristics of the pulses and the periods of their action are adjustable. In the construction of hydroimpulse devices, a high-speed pulse jet is created, which leads to an increase in the efficiency and productivity of the units. Analytical studies have been carried out to determine some of the main geometric and structural relationships, the dynamic parameters of devices that use the hydrodynamic effect to create powerful hydroimpuls.

Mathematical calculations, which follow from the formula of Zhukovsky N.E. for the origin of the hydraulic shock and the Bernoulli equation for the unsteady motion of the working fluid, made it possible to draw a number of practical conclusions and outline the direction of research that needed to be continued, including the use of computer technology because of the complexity of the dependencies obtained and the impossibility of transforming them to a fairly simple form.

The research methodology and the calculation example are presented. The ways of improving devices are outlined. It is necessary to set up experiments to evaluate the theoretical results and the behavior of the liquid under conditions of its ultrahigh pressures.

Key words: liquid; jet; hydroimpulse; hydraulic shock; device; super high pressure; speed.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-6-30-39

For citation: Novikov S.G., Kutsenko V. N., Malykhin V.V., Glagolev R.W. Hydro-Pulse Device for Obtaining High-Pressure Liquid-Current Pressures and the Theoretical Analysis of Its Work. Proceedings of the Southwest State University, 2018, vol. 22, no. 6(81), pp. 30-39 (in Russ.).

Reference

1. Saginov A.S., Kichigin A. F., Lazutkin A. G., Jancen I. A. *Gidropnevmou-darnye sistemy ispolnitel'nyh organov gornyh i stroitel'no-dorozhnyh mashin.* Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980, 200 p.

2. Mogendovich E. M. *Gidravlicheskie impul'snye sistemy.* Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1977, 216 p.

3. Ovsepjan V.M. *Gidravlicheskiy taran i tarannye ustanovki.* Moscow, Mashinostroenie Publ., 1968, 173 p.

4. Chjornyj A.G., Kozlov V.A., Novikov S.G. *Sovremennye metody snjatija zausencev s melkih detalej. Tehnicheskoe perevoorzhenie i modernizacija proizvodstva na baze kompleksnoj avtomatizacii i vychislitel'noj tehniki.* Tez. dokl. oblastnoj

nauchno-tehnicheskoy konferencii. Kursk, 1986, pp. 25-28.

5. Losev A.V. Termoimpul'snaja otdelka kromok i poverhnostej slozhnoprofil'nyh detalej. Fizicheskie i komp'yuternye tehnologii v narodnom hozjajstve. Tr.5-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Har'kov, 2002, p. 323-326.

6. Losev A.V., Korosteleva A.A. Ochistka poverhnostej i kromok detalej. Fizicheskie i komp'yuternye tehnologii v narodnom hozjajstve. Tr.5-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Har'kov, 2002, pp. 327-330.

7. Kozlov Ju.S., Kuznecov O.K., Tel'nov A.F. Ochistka izdelij v mashinostroenii. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1983, 262 p.

8. A.S. 1141228, MKI F15V21/12; V05V12/06. Gidroimpul'snoe ustrojstvo. Chernyj A.G., Novikov S.G., Matveenko V.V. (SSSR). 3606332/24-24; zajavl. 20.06.83; opubl. 23.02.85. Bjul. №7.

9. A.S. 1211488, MKI F15 V21/12. Gidroimpul'snoe ustrojstvo. Chernyj A.G., Novikov S.G., Matveenko V.V., Kozlov V.A. (SSSR). 3683624/25-06; zajavl. 02.01.84; opubl. 15.02.86. Bjul. no.6 – 5 p.

10. Novikov S.G., Malyhin V.V., Sokolov V.S. Ispol'zovanie gidrodinamicheskogo jeffekta dlja poluchenija sverhвысоких давлений i bol'shih skorostej strui zhidkosti. Fizicheskie i komp'yuternye tehnologii v narodnom hozjajstve. Trudy 7-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Har'kov, 2003, pp. 220-222.

11. Novikov S.G., Malyhin V.V., Sokolov V.S. Teoreticheskij analiz raboty

gidroimpul'snogo ustrojstva. Fizicheskie i komp'yuternye tehnologii v narodnom hozjajstve. Trudy 7-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. Har'kov, 2003, pp. 222-226.

12. Novikov S.G., Glagolev R.V., Zajcev S.A. Nekotorye aspekty primenenija gidrodinamicheskogo jeffekta poluchenija sverhвысоких давлений i bol'shih skorostej strui zhidkosti. Aktual'nye problemy obshhestva, nauki i obrazovanija: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija. Materialy III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii; ed. by Furman Ju.V., Belozerova T.B., Nepochatyh E.P. Moscow, Pero Publ., 2016, p. 283-287.

13. Novikov S.G., Glagolev R.V., Malyhin V.V., Kucenko V.N. Optimal'naja jeffektivnost' raboty pnevmogidravlicheskogo akumuljatora pri ispol'zovanii gidroimpul'snogo ustrojstva. Sovremennaja nauka: problemy, innovacii, reshenija. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kursk, 2015, pp. 193-197.

14. Novikov S.G., Malyhin V.V., Kucenko V.N., Glagolev R.V. Issledovanie toksichnosti avtobusa s rekuperatorom jenergii i gidroimpul'snym ustrojstvom. Provincial'nye nauchnye zapiski. 2018, no.1, pp. 105-110.

15. Novikov S.G., Malyhin V.V., Kucenko V.N., Glagolev R.V. Issledovanie toplivnoj jekonomichnosti avtobusa s rekuperatorom jenergii i gidroimpul'snym ustrojstvom. Teoreticheskie i prikladnye problemy sovremennoj nauki i obrazovanija. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kursk, 2018, pp. 241-252.