

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КОВАЛЕНКО ВАЛЕРИИ ИЛЬИЧ

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ГИДРОУДАРНЫХ УСТРОЙСТВ ШАХТНЫХ БУРИЛЬНЫХ МАШИН

Специальность 05.15.16 - Горные машины

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Донецк - 1996

622

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00757037 (Т)

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Донецком государственном техническом университете

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Яценко Александр Федорович

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Антонов Эдуард Иванович; кандидат технических наук, доцент Свитлыи Юрий Герасимович


Ведущее предприятие - акционерное общество "Буран", г. Донецк

Защита состоится 20.12 1996г. в 12<sup>00</sup> на заседании специализированного совета Д 06.04.02 Донецкого государственного технического университета.

Адрес: 340000, Украина, г.Донецк, ул. Артема, 58.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДонГТУ.

Автореферат разослан 12.11 1996г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор технических наук,  
профессор

 Черняев В.И.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одной из важных отраслей в экономике Украины остается угольная промышленность, особенно из-за сокращения поставок нефти и газа и трудностями в развитии атомной энергетики. Увеличение добычи угля непосредственно связано с ростом объема подготовительных работ. Поскольку проведение горных работ по крепким и средним породам в основном ведется буровзрывным способом, то это требует бурения шпуров и скважин. Подавляющее большинство бурильных установок используют электрическую или пневматическую энергию. Установки с непосредственным преобразованием электрической энергии в механическую имеют ограниченное применение по условиям техники безопасности, а также из-за низкой производительности. Пневматические бурильные установки являются составной частью системы (компрессорная станция - разветвленная пневматическая сеть - потребитель), которая характеризуется низким КПД и большим расходом электроэнергии. Как свидетельствуют данные по угольным бассейнам Украины, России и Германии пневматические устройства для ударного разрушения горных пород расходуют до 30 % общешахтного сжатого воздуха и при этом на стационарные компрессоры приходится до 60 % общешахтных затрат электроэнергии.

В последние годы широкое распространение получили гидравлические ударные устройства, имеющие по сравнению с пневматическими существенные преимущества: большая ударная мощность при меньшей массе, более высокий КПД, лучшие шумо-вибрационные характеристики, возможность применения при отсутствии пневмосети.

Гидравлические ударные устройства применяются при разработке как подземных, так и подводных месторождений - например, бурение скважин на морском шельфе при разведке и добыче нефти и газа. Исследованием и разработкой гидроударных устройств занимаются организации Украины (Киевский и Донецкий государственные технические университеты, Днепропетровская горная академия), стран СНГ (СКБ СГО и СКБ объединения "Геотехника", г. Москва, Карагандинский и Фрунзенский политехнические институты, институт автоматики АН Киргизстана); фирмы стран дальнего зарубежья ("Атлас Копко", "Алимак" - Швеция; "Эймко-СЕКОМА", "Монтабер" - Франция; "Боарт",

"Холман" - Великобритания; "Крупш" - Германия; "Гарднер-Денвер" - США; "Фурукава" - Япония).

В настоящее время созданы установки, обладающие мощностью бурильных головок, достаточной для полного использования возможностей современного бурильного инструмента. Недостатками этих головок являются высокая стоимость, большие эксплуатационные затраты и неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Это обусловлено изготовлением узлов головок с высокой точностью (в частности, использованием прецизионных золотниковых распределителей), необходимостью применения в качестве рабочей жидкости водомасляных эмульсий или высококачественных технических масел, требующих при эксплуатации дорогостоящих фильтров с высокой степенью очистки. К недостаткам многих гидроударных устройств можно отнести вредное воздействие на окружающую среду используемой рабочей жидкостью. Окружающая среда загрязняется при этом следами утечек и парами масел, частицами аэрозолей и эмульсий.

Учитывая потребности угольной промышленности Украины в шахтных бурильных установках, по заданию ПО "Донецкуголь" были спроектированы, изготовлены и испытаны экономичные и экологически чистые гидроударные устройства для использования их в составе бурильных машин.

Связь темы диссертации с планом основных работ университета.

Работа является частью исследований, выполненных в Донецком государственном техническом университете. Базой для подготовки и представления в спецсовет защищаемой работы явился договор № 89-74 о научно-техническом содружестве между ЭМС ПО "Донецкуголь" и кафедрой "Рудничные подъемные установки" ДонГТУ и договор № Г6-88 (номер регистрации темы N ГР 01890028577), выполненный на кафедре РПУ ДонГТУ. Являясь исполнителем данных работ, соискатель разработал методику обоснования и выбора рациональных параметров гидроударных устройств по их КПД, выполнил теоретическое исследование рабочего процесса гидроударных устройств с управляемыми камерами обратного и прямого ходов, принимал непосредственное участие в разработке конструкции, авторском надзоре за изготовлением двух гидроударных устройств и их стендовых испытаниях.

Целью работы является разработка эффективных и экологически чистых гидроударных устройств с рациональными параметрами на основе установленных закономерностей рабочего процесса.

Идея работы заключается в совместном применении гидроударного устройства, использующего энергию высоконапорного потока воды и выполненного по схеме управления камерой обратного хода, с рабочим гидропневмоаккумулятором для увеличения ударной мощности и снижения вредного влияния на окружающую среду.

Методы исследования. В работе использован комплексный метод, включающий: анализ и обоснование применения различных вариантов схем гидроударных устройств; метод имитационного моделирования рабочего процесса на ПЭВМ для определения рациональных параметров гидроударных устройств; метод статистической обработки данных экспериментальных исследований для оценки и установления связи между влияющими на рабочий процесс гидроударных устройств основными факторами и выходным параметром (ударной мощностью).

Научные положения, разработанные соискателем, выносимые на защиту, и их новизна:

- установлены основные закономерности рабочего процесса гидроударных устройств с управляемыми камерами обратного и прямого ходов, описывающие зависимость безразмерного коэффициента ударной мощности от безразмерных параметров подводимого потока жидкости, объема и давления закачки рабочего и сетевого гидропневмоаккумуляторов, а также от конструктивных параметров устройств при их работе в сходственных режимах;

- определены безразмерные факторы, влияющие на величину ударной мощности гидроударного устройства с управляемой камерой обратного хода и рабочим гидропневмоаккумулятором, наиболее существенными из которых являются степень неуравновешенности бойка и относительное давление закачки рабочего гидропневмоаккумулятора;

- обоснованы и выбраны диапазоны рациональных значений конструкторско-режимных факторов гидроударных устройств, исходя из условия обеспечения их максимального КПД.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована: применением в теоретических и экспериментальных исследованиях апробированных положений теоретической механики и

гидродинамики; экспериментальными исследованиями с применением современных методик и аппаратуры; использованием методов статистической обработки экспериментальных данных; удовлетворительной сходимостью расчетных данных с результатами, полученными при проведении стендовых испытаний.

Научное значение работы заключается в углублении теории рабочих процессов гидроударных устройств, установлении новых закономерностей между выходным параметром (ударной мощностью) и конструкторско-режимными факторами, обосновании и выборе диапазонов рациональных параметров устройств из условия их максимального КПД; все это позволяет уже на стадии проектирования из нескольких анализируемых гидроударных устройств выбрать лучшее.

Практическое значение работы заключается в следующем:

- на основе предложенной методики разработан стандарт предприятия "Обоснование и выбор рациональных параметров гидроударных устройств по их КПД";

- разработаны обладающие экологическим эффектом новые конструкции гидроударных устройств с управляемыми камерами прямого и обратного ходов; последняя из конструкций разработана на основе принципиальной схемы, признанной изобретением.

Разработанные гидроударные устройства могут быть использованы:

- устройство с управляемой камерой прямого хода - в качестве ударного узла бурильной головки ударно-вращательного действия шахтной бурильной установки;

- устройство с управляемой камерой обратного хода - в качестве исполнительного органа скалывающего действия, например, буровнековой машины.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Выводы и рекомендации, изложенные в работе, были использованы акционерным обществом "Буран" г. Донецка, куда были переданы следующие материалы: рабочие чертежи гидроударников с управляемыми камерами прямого и обратного ходов; "Программа и методика...", "Акт..." и "Протокол стендовых испытаний гидроударников"; "Программы расчетов параметров рабочего процесса гидроударников", предназначенные для их реализации на ПЭВМ. Эти материалы были использованы при моделировании рабочего процесса гидроударника бурильной головки ударно-

вращательного действия шахтной бурильной установки и будут использованы при выборе рациональных параметров новых разрабатываемых гидроударных устройств.

Апробация работы. Основные научные и прикладные результаты работы обсуждались и получили одобрение на: региональной научной конференции "Творческое наследие В.И.Вернадского и современность", ДонГТУ, 7.04.1995г.; на межвузовском научно-практическом семинаре "В.И.Вернадский и современность", ДонГУ, 27.04.1995г.; на кафедре "Рудничные подъемные установки" ДонГТУ 24.06.1994г. и 11.12.1995 г.; на межкафедральном семинаре ДонГТУ 20.06.1996г.

Публикации. По теме диссертации получено 1 авторское свидетельство, опубликовано 9 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов и заключения. Она содержит 163 страницы машинописного текста, включая 30 рисунков, 4 таблицы, список использованной литературы из 104 наименований; 12 приложений на 90 страницах.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследований и указывается логическая взаимосвязь глав.

В первой главе показаны возможность и целесообразность применения гидравлических ударных устройств вместо пневматических, проанализирован имеющийся опыт разработки и эксплуатации гидроударных устройств и намечены задачи, которые необходимо решить в диссертационной работе.

Для более обоснованного выбора гидроударных устройств как предмета исследования принята во внимание их классификация, рассмотренная в работах А.М.Ашавского, В.Ф.Горбунова, В.Я.Фельдмана, Л.Б.Файнера. В настоящей работе использованы принцип классификации, изложенный С.А.Селиврой, а также рекомендации Т.А.Устименко. При этом учтены такие особенности гидроударных устройств, как принцип действия, вид рабочей жидкости, тип распределительного устройства. Исследование закономерностей рабочего процесса гидроударных устройств и разработка методик расчета основных параметров этих устройств отражены в работах А.С.Павлова, В.Г.Ясова, И.А.Бегалова, О.Д.Алимова, И.А.Янцена, Д.Н.Ешуткина,

В.В.Дыдзинского, Л.С.Ушакова, Л.Г.Шолохова, Н.А.Беланова.

Конструированию и эксплуатации гидроударных устройств посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных исследователей. Изучение этих работ, в том числе, знакомство с патентами и изобретениями, показывает, что исследования ведутся как в области совершенствования конструкций гидравлических бурильных машин (исследования А.Н.Кирсанова, В.П.Зиненко, В.Г.Кардыша, работы фирм Германии по бурильным машинам ударного действия) и перфораторов (исследования под руководством Ю.И.Нерозникова и другие), так и в области разработки оригинальных конструкторских решений собственно гидроударных устройств.

Учтен опыт конструирования гидроударных устройств, выполненный многочисленными исследователями (изобретения и патенты Украины, России, СССР, Германии, Англии). Особенно тщательно исследован богатый опыт разработки гидроударных устройств, накопленный в ДонГТУ (исследования Г.М.Тимошенко, А.Ф.Яценко, С.А.Селивры, П.Ф.Зимы, В.В.Гулина, Г.И.Неудачина, О.И.Калиниченко, А.В.Коломойца). Проанализированы как достоинства, так и недостатки исследованных конструкций, намечены пути разработки новых высокоэффективных гидроударных устройств.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать различные структурные схемы гидроударных устройств и выбрать такие, которые могут быть использованы для шахтных бурильных машин;
- разработать принципиальные схемы гидроударных устройств;
- разработать методику обоснования и выбора рациональных параметров элементов гидроударных устройств;
- установить закономерности рабочего процесса гидроударных устройств, созданных по предложенным схемам, для чего разработать имитационную модель на основе математического описания и определить рациональные параметры разрабатываемых устройств;
- провести экспериментальные исследования разработанных гидроударных устройств шахтных бурильных машин, определить их фактические энергочастотные характеристики и установить области применения этих устройств.

Во второй главе предложена методика сравнения гидроударных устройств, разработанных по различным схемам. При этом анализируются реальные схемы устройств с учетом их конструктивных особенностей, динамики рабочего процесса, возникающих сил трения. Анализ ведется с целью определения устройства, имеющего больший КПД. Методика позволяет сравнивать между собой любые гидроударные устройства: от находящихся на стадии проектирования до реально существующих.

Основные положения методики рассмотрим на примере сравнения двух гидроударных устройств. Необходимая для пояснения информация представлена на расчетной схеме устройства (рис. 1). Всем анализируемым параметрам присваивается значение индекса  $i = I$  или  $i = 2$  соответственно для первого и второго сравниваемых устройств.

КПД устройства:  $\eta_1 = N_1/N_{O1}$  (1), где  $N_1$  - ударная мощность,  $N_{O1}$  - подводимая мощность. Отношение КПД устройств:  $K_\eta = \eta_2/\eta_1$  (2). Обозначим: коэффициент мощности  $K_N = N_2/N_1$  (3). Принимая давление  $p_0$  и расход  $Q_0$  подводимого потока жидкости одинаковыми для обеих сравниваемых схем, получим равенство подводимых мощностей:  $N_{O1} = N_{O2}$  (4). В этом случае  $K_\eta = K_N$  (5). Ударная мощность  $N_1 = E_1 f_1$  (6), где  $E_1, f_1$  - энергия и частота ударов. Подставляя уравнение (6) в уравнение (3), получим:  $K_N = K_E K_f$  (7), где коэффициент энергии удара  $K_E = E_2/E_1$  (8), коэффициент частоты ударов  $K_f = f_2/f_1$  (9).

Энергия удара  $E_1 = 0,5 \cdot m_1 v_1^2$  (10), где  $m_1, v_1$  - масса и предударная скорость бойка. Из уравнения (8) получим:  $K_E = (m_2/m_1)(v_2/v_1)^2$  или  $K_E = K_m K_v^2$  (11), где коэффициент массы  $K_m = m_2/m_1$  (12), коэффициент скорости  $K_v = v_2/v_1$  (13). Частота ударов:  $f_1 = 1/T_1$  (14), где  $T_1$  - время цикла.  $T_1 = t_{пр.1} + t_{об.1}$  (15), где  $t_{пр.1}, t_{об.1}$  - время выполнения бойком прямого и обратного ходов. Используя уравнения (9) и (14), получим:  $K_f = (t_{пр.1} + t_{об.1}) / (t_{пр.2} + t_{об.2})$  (16).

Анализ результатов экспериментов, выполненных различными исследователями, показал, что при выполнении прямого хода бойка наблюдается его равноускоренное движение. В этом случае предударная скорость бойка  $v_1 = a_1 t_{пр.1}$  (17), где  $a_1$  - ускорение движения бойка. Величина хода бойка  $l_1 = 0,5 \cdot a_1 t_{пр.1}^2$  (18). Тогда  $K_v = K_a K_t$  (19), где коэффициент ускорения  $K_a = a_2/a_1$  (20).

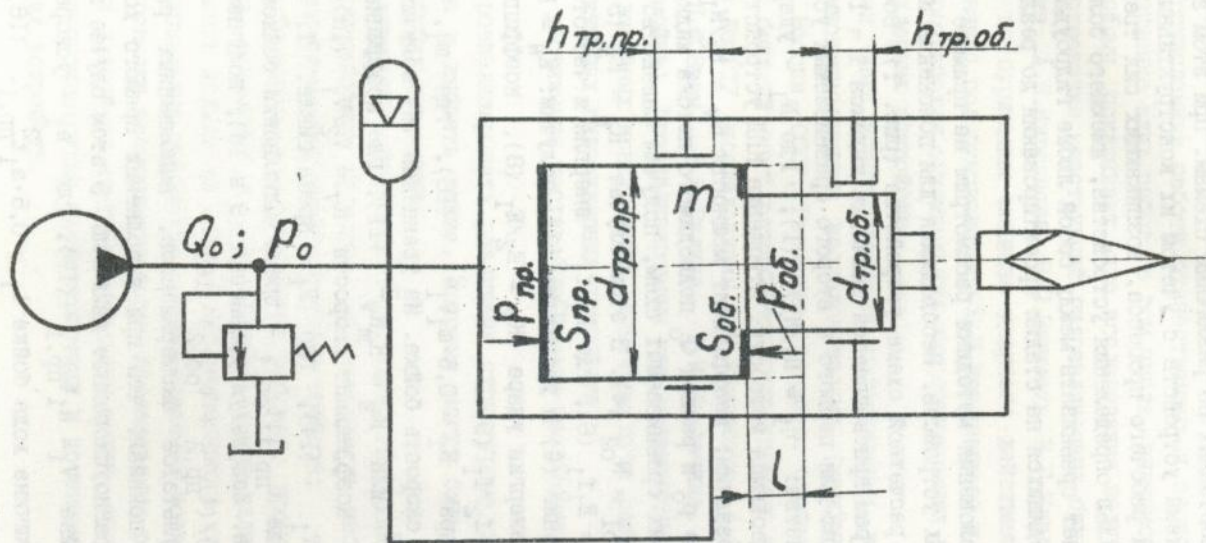


Рисунок I - Расчетная схема гидроударного устройства

Коэффициент времени прямого хода  $K_t = t_{\text{пр.2}}/t_{\text{пр.1}}$  (21) или  $K_t = (K_1/K_a)^{0,5}$  (22), где коэффициент хода бойка  $K_1 = l_2 / l_1$  (23).

Ускорение бойка определим из анализа сил, действующих на боек при выполнении им прямого хода (см. рис. 1):

$$a_1 = (I/m_1)(P_{\text{пр.1}}S_{\text{пр.1}} - P_{\text{об.1}}S_{\text{об.1}} - F_{\text{тр.1}}) \quad (24),$$

где  $P_{\text{пр.1}}$ ,  $P_{\text{об.1}}$  и  $S_{\text{пр.1}}$ ,  $S_{\text{об.1}}$  - соответственно давление и площадь рабочих поверхностей в камерах прямого и обратного ходов;  $F_{\text{тр.1}}$  - сила трения в опорах и уплотнительных элементах бойка.

С учетом значений давления в камерах прямого и обратного ходов и возникающих сил трения по уравнениям (20, 22, 19, 12) определим величины  $K_a$ ,  $K_t$ ,  $K_v$  и  $K_m$ , затем по уравнениям (II, 16) - величины  $K_E$ ,  $K_T$ ; по уравнению (7) - величину  $K_N$  и, следовательно, по уравнению (5) - величину  $K_\eta$ . Если (см. уравнение 2)  $K_\eta > 1$ , то есть КПД устройства 2 больше КПД устройства 1 ( $\eta_2 > \eta_1$ ), то в рассматриваемых условиях устройство 2 является предпочтительным. Иначе, ( $K_\eta < 1$ ,  $\eta_1 > \eta_2$ ) предпочтительным является устройство 1. Подобным образом можно проанализировать гидроударные устройства, использующие различные принципиальные схемы и имеющие конструктивные отличия.

Предложенная методика дает качественную оценку схем гидроударных устройств и может быть использована на предварительной стадии. Для получения количественных результатов сравнения анализируемых схем устройств требуются их дополнительные исследования, что и выполнено ниже.

В третьей главе выполнены исследования рабочего процесса гидроударных устройств с управляемыми камерами обратного и прямого ходов (разработаны математические и имитационные модели, осуществлена оптимизация основных параметров на ПЭВМ).

При разработке математических моделей были приняты следующие допущения: питающий насос выдает постоянный по времени расход жидкости; рабочую жидкость считаем несжимаемой; режим течения жидкости в соединительных трубопроводах является турбулентным в автоточечной зоне; принимаем, что тепловой режим рабочей жидкости в системе - установившийся, следовательно, температура и вязкость жидкости являются постоянными; изменение состояния сжатого воздуха в пневматической полости гидропневмоаккумулятора (ГПА)

является адиабатным; считаем, что переключение управляющего клапана происходит мгновенно; боек гидроударника рассматривается как тело с сосредоточенной массой; время соударения бойка с хвостовиком инструмента пренебрежимо мало в сравнении со временем движения бойка. Результаты многочисленных теоретических и экспериментальных исследований показали, что эти допущения не вносят принципиальных искажений в реальную картину рабочего процесса.

Разработаны математические модели рабочего процесса гидроударных устройств при выполнении обратного и прямого ходов бойка. При этом составлены дифференциальные уравнения движения бойка. Учтены изменения давления в рабочих камерах, переменные во времени расходы, сопротивление участков трубопроводов, возникающие силы трения.

В качестве примера приведем дифференциальное уравнение движения бойка в прямом направлении (фаза удара) гидроударного устройства с управляемой камерой обратного хода:

$$m \frac{d(Q_{\text{пр}}/S_{\text{пр}})}{dt} = P_{\text{ИА}} \cdot \left[ \frac{W_{\text{ИА}}}{W_{\text{ИА}} - \int_0^t Q_{\text{пр}}(t) dt} \right] K_a \times \\ \times (S_{\text{пр}} - \pi f_{\text{тр.пр}} d_{\text{тр.пр}} h_{\text{тр.пр}}) - a_{\text{sb}} Q_{\text{об}} |Q_{\text{об}}| \times \\ \times (S_{\text{об}} + \pi f_{\text{тр.об}} d_{\text{тр.об}} h_{\text{тр.об}}) \quad (25),$$

где  $m$  — масса бойка;  $S_{\text{пр}}$  и  $S_{\text{об}}$  — рабочие площади соответственно камер прямого и обратного ходов;  $Q_{\text{пр}}$  и  $Q_{\text{об}}$  — расходы жидкости соответственно в камерах прямого и обратного ходов;  $W_{\text{ИА}}$ ,  $P_{\text{ИА}}$  — геометрический объем и давление закачки рабочего (функционального) гидропневмоаккумулятора соответственно;  $K_a$  — показатель адиабаты;  $f_{\text{тр.пр}}$ ,  $f_{\text{тр.об}}$  — коэффициент трения в местах подвижного контакта бойка соответственно в камерах прямого и обратного ходов;  $d_{\text{тр.пр}}$ ,  $d_{\text{тр.об}}$  и  $h_{\text{тр.пр}}$ ,  $h_{\text{тр.об}}$  — соответственно диаметры поверхностей контакта и ширина уплотнительных элементов;  $a_{\text{sb}}$  — сопротивление части трубопровода с расходом  $Q_{\text{об}}$ .

Аналогично были составлены и решены дифференциальные уравнения движения бойка на различных стадиях рабочего процесса анализируемых устройств. Аналитическое решение полученных нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка с переменными во времени факторами является затруднительным. С достаточной

степенью приближения уравнения решаются на основе непрямого метода Эйлера с использованием имитационного моделирования на ЭЭВМ.

В процессе исследования были определены основные факторы, влияющие на рабочий процесс гидроударных устройств. Значения безразмерных факторов определены с использованием критериев подобия, найденных с применением  $\pi$ -теоремы. Получены безразмерные комбинации, составленные из этих факторов:  $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{10}$ . Ниже в качестве примера для гидроударного устройства с управляемой камерой обратного хода приведены значения безразмерной ударной мощности (критерий  $\pi_1$ ) и безразмерной подачи насоса (критерий  $\pi_5$ ):

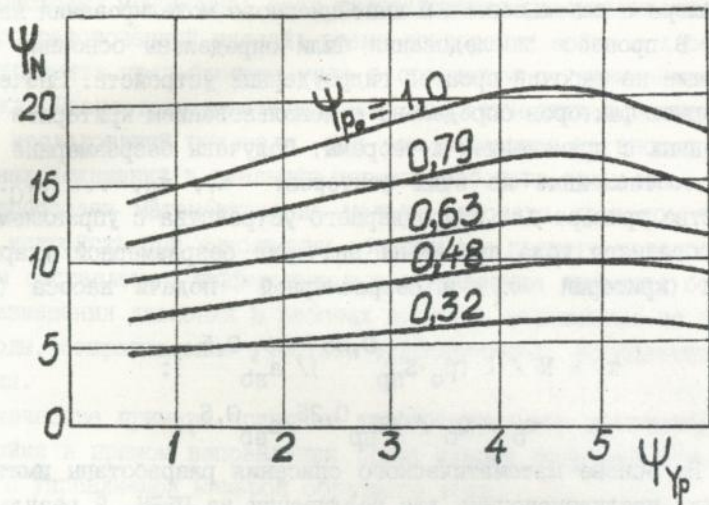
$$\pi_1 = N / [ (p_0 \cdot S_{\text{пр}})^{0,25} / a_{\text{sb}}^{0,5} ];$$

$$\pi_5 = Q_0 / (S_{\text{пр}}^{0,25} / a_{\text{sb}}^{0,5}).$$

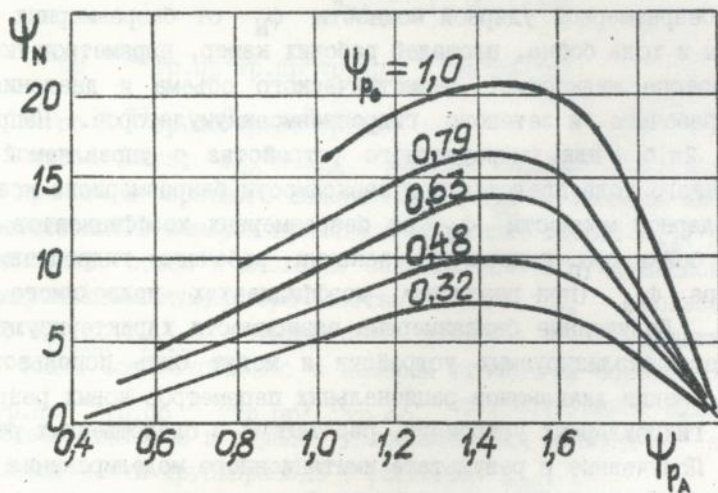
На основе математического описания разработаны имитационные модели, предназначенные для реализации на ЭЭВМ. В результате моделирования рабочего процесса получены безразмерные энергетические характеристики гидроударных устройств. Установлены зависимости безразмерной ударной мощности  $\psi_N$  от безразмерных значений массы и хода бойка, площадей рабочих камер, параметров подводимого потока жидкости, геометрического объема и давления закачки рабочего и сетевого гидропневмоаккумуляторов. Например, на рис. 2а,б для гидроударного устройства с управляемой камерой обратного хода представлены зависимости безразмерного коэффициента ударной мощности  $\psi_N$  от безразмерных коэффициентов величины хода бойка  $\psi_{\text{Ур}}$  и давления закачки рабочего гидропневмоаккумулятора  $\psi_{\text{РА}}$  (при различных коэффициентах подводимого давления  $\psi_{\text{р0}}$ ). Полученные безразмерные зависимости характеризуют рабочий процесс анализируемых устройств и могут быть использованы для определения диапазонов рациональных параметров новых разрабатываемых гидроударных устройств, работающих в сходственных режимах.

Полученные в результате имитационного моделирования на ЭЭВМ значения рациональных параметров были использованы при разработке конструкции и экспериментальной проверке анализируемых гидроударных устройств (см. главу 4). Для подтверждения правильности принятых решений была выполнена проверка адекватности разработанной математической модели натурному эксперименту. Установлены пре-

а



б



а - Графики  $\psi_N = f(\psi_{УР})$ ; б - Графики  $\psi_N = f(\psi_{РА})$

Рисунок 2 - Зависимость безразмерной ударной мощности от безразмерных факторов

дельные относительные отклонения расчетных значений, полученных методом имитационного моделирования на ПЭВМ, и экспериментальных значений, определенных путем осциллографирования (однородность остаточных дисперсий результатов параллельных опытов проверялась с использованием критерия Кохрена). Максимальные относительные отклонения равны: для кривых, характеризующих изменение давления в камере прямого хода - 9,5%, подводимого давления - 5,2% и линейной скорости - 8,7%. Полученные отклонения не превышают 10%, что свидетельствует об удовлетворительной сходимости расчетных и экспериментальных значений и адекватности разработанной математической модели рабочему процессу натурального образца.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований гидроударных устройств с управляемыми камерами прямого и обратного ходов, конструкции которых разработаны на основе соответствующих принципиальных схем. Последнее из устройств выполнено в виде действующей модели, основные параметры которой определены с использованием безразмерных критериев подобия. Гидроударное устройство с управляемой камерой прямого хода было изготовлено Рутченковским ремонтно-механическим заводом (ныне АО "Буран"), а устройство с управляемой камерой обратного хода - в мастерских ПО "Автоматормаш". Обе конструкции устройств технологичны, при изготовлении гидроударников не требуется применения специализированного оборудования.

Стендовые испытания гидроударных устройств выполнены в лаборатории ДонГТУ. В качестве источника энергии для гидроударного устройства с управляемой камерой прямого хода была использована насосная станция типа УНГ-5,4 (номинальное давление 32 МПа). Устройство с управляемой камерой обратного хода приводилось в действие буровым насосом типа НБ (номинальное давление 6 МПа).

При работе гидроударных устройств с помощью светолучевого осциллографа записывались изменения давления в нескольких камерах устройств и линейная скорость бойка. Для тарировки датчиков давления использовался тарировочный пресс типа МП - 600 с образцовым манометром. Тарировка датчика скорости производилась на специальном тарировочном приспособлении, выполненном на основе кривошипно-шатунного механизма.

В результате проведенных экспериментальных исследований определены фактические энергочастотные характеристики гидроударных устройств, приведенные в таблице I. Значения параметров устройства 2, приведенные в колонке 5, определены на основании теории моделирования по фактическим результатам исследования модели (колонка 4).

Таблица I. Технические характеристики гидроударных устройств

№ пп	Наименование основных параметров и размерность	Устройство I	Устройство 2	
			4	5
I	2	3	4	5
1.	Рабочее давление, МПа	32	6	32
2.	Расход жидкости, м <sup>3</sup> /с·10 <sup>-3</sup> (л/мин)	до 1,33 (80)	до 1,67 (100)	до 1,33 (80)
3.	Энергия удара, Дж	280	85	325
4.	Частота ударов, Гц	27	25	25
5.	Ударная мощность, кВт	7,5	2,1	8,7

В пятой главе показано использование результатов выполненных исследований на стадиях проектирования и эксплуатации гидроударных устройств, а также в учебном процессе.

При проектировании нескольких гидроударных устройств выбор лучшего из них, имеющего конструкторско-режимные параметры, близкие к рациональным, может быть сделан с помощью разработанной "Методики обоснования и выбора рациональных параметров гидроударных устройств по их КПД", оформленной в виде стандарта предприятия АО "Буран" г.Донецка.

Были спроектированы и изготовлены гидроударные устройства с управляемыми камерами прямого и обратного ходов, которые успешно прошли стендовые испытания. Аналог одного из основных узлов устройств (клапанного распределителя) был опробован при работе на технической воде в шахтных условиях в течение нескольких лет и в настоящее время проходит испытания на шахтах ПО "Дзержинскуголь",

являясь составной частью разработанной в ДОНГТУ гидроимпульсной установки ГИУВм.

Достоинствами разработанных гидроударных устройств являются:

- обеспечение высокой производительности бурильных установок при бурении скважин в крепких породах (с пределом прочности на одноосное сжатие до 220 МПа) за счет полного использования возможностей современного бурильного инструмента;

- экологическая чистота применения устройств, связанная с использованием в качестве рабочей жидкости воды и отсутствием в процессе эксплуатации масел или водомасляных эмульсий (это подтверждено успешными подводными испытаниями экспериментального образца гидроударного устройства в акватории порта г.Ильичевска на глубине до 10 м, где в качестве рабочей жидкости была опробована техническая (пресная) и морская вода, так как применение маслосодержащих жидкостей в порту запрещено по экологическим требованиям);

- низкая стоимость изготовления и эксплуатации, что обусловлено использованием технической воды в качестве рабочей жидкости, простотой конструкции, технологичностью в изготовлении, высокой степенью ремонтпригодности.

Результаты теоретических, конструкторских и экспериментальных исследований переданы АО "Буран", г. Донецк.

Результаты, полученные в диссертационной работе, используются в учебном процессе Донецкого государственного технического университета при чтении курса лекций, дипломном и курсовом проектировании и при проведении научно-исследовательских работ со студентами.

В заключении перечислены основные научные и практические результаты диссертационной работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации дано новое решение научной задачи, заключающейся в установлении новых закономерностей рабочего процесса и создании на этой основе эффективных и экологически чистых гидроударных устройств с параметрами, близкими к оптимальным.

Основные выводы и практические результаты работы заключаются в следующем.

1. Разработаны впервые теоретические положения по обоснованию и выбору схем гидроударных устройств по их КПД; результаты исследования оформлены в виде стандарта предприятия АО "Буран" г.Донецка.

2. Впервые разработана математическая модель гидроударного устройства с управляемой камерой обратного хода, на основании которой созданы имитационная модель рабочего процесса и программа для ее реализации на ПЭВМ. Удовлетворительная сходимость расчетных и экспериментальных значений подтвердила адекватность разработанной математической модели рабочему процессу натурального образца.

3. Определены впервые рабочие и конструктивные параметры гидроударного устройства по схеме с управляемой камерой обратного хода и рабочим гидропневмоаккумулятором. Установлены параметры более мощного, чем ранее известного, гидроударного устройства с управляемой камерой прямого хода, расширяющие область его применения.

4. Разработан экспериментальный образец гидроударного устройства с управляемой камерой прямого хода (номинальное давление 32 МПа), развивающий энергию удара до 280 Дж при частоте ударов до  $27 \text{ с}^{-1}$  (ударная мощность 7,5 кВт). Устройство может быть использовано в качестве самостоятельного исполнительного органа скалывающего действия или в качестве ударного узла бурильной головки ударно-вращательного действия шахтной бурильной установки.

5. Разработан экспериментальный образец модели гидроударного устройства с управляемой камерой обратного хода (номинальное давление 6 МПа), развивающий энергию удара до 85 Дж при частоте ударов до  $25 \text{ с}^{-1}$  (ударная мощность 2,1 кВт). Устройство может быть использовано в качестве самостоятельного гидроударника скалывающего действия или как исполнительный орган бурового станка.

6. Установлено, что гидроударное устройство по схеме с управляемой камерой обратного хода может обеспечить энергию удара до 325 Дж при частоте ударов до  $25 \text{ с}^{-1}$  (ударная мощность 8,7 кВт) и может быть использовано как самостоятельный исполнительный орган скалывающего действия или в качестве ударного узла бурильной головки ударно-вращательного действия шахтной бурильной установки.

Основные положения и результаты работы содержатся в следующих публикациях автора.

1. Коваленко В.И. Сравнительный анализ структурных схем гидроударных устройств / Дон. гос. техн. ун-т. - Донецк, 1994. - 7с. - Деп. в ГНТБ Украины, 10.01.95., № 92. - Ук.95.
2. Коваленко В.И. Определение критериев подобия при анализе рабочего процесса гидроударного устройства средней ударной мощности / Дон. гос. техн. ун-т. - Донецк, 1994. - 6с. - Деп. в ГНТБ Украины, 23.03.95., № 622. - Ук.95.
3. Овсянников В.П., Коваленко В.И. Вопросы моделирования рабочего процесса гидроударного устройства / Дон. гос. техн. ун-т. - Донецк, 1994. - 8с. - Деп. в ГНТБ Украины, 10.01.95., № 90. - Ук.95.
4. Селивра С.А., Яценко А.Ф., Коваленко В.И. Выбор оптимальной схемы гидроимпульсного преобразователя потока // Изв. вузов. Горный журнал. - 1994. - № 3. - с. 117 - 120.
5. Яценко А.Ф., Селивра С.А., Коваленко В.И. Испытание экспериментального гидравлического устройства ударного действия // Изв. вузов. Горный журнал. - 1995. - № 7. - с. 109 - 111.
6. Яценко А.Ф., Селивра С.А., Коваленко В.И. Перспективные гидроударники малой и средней ударной мощности // Изв. вузов. Горный журнал. - 1996. - № 1. - с. 114 - 118.
7. Яценко А.Ф., Селивра С.А., Коваленко В.И. Разработка экологически чистых гидроударных устройств // Сб. трудов ГЭМФ ДонГТУ. - Донецк: ДонГТУ. - 1996. - с. 150 - 151.
8. Яценко А.Ф., Селивра С.А., Коваленко В.И. Разработка гидравлического устройства ударного действия / Дон. гос. техн. ун-т. - Донецк, 1994. - 6с. - Деп. в ГНТБ Украины, 10.01.95., № 93. - Ук.95.
9. Яценко А.Ф., Селивра С.А., Коваленко В.И. Разработка гидроударника средней ударной мощности / Дон. гос. техн. ун-т. - Донецк, 1994. - 6с. - Деп. в ГНТБ Украины, 23.03.95., № 621. - Ук.95.
10. А.с. № 1645493 СССР, МКИ<sup>4</sup> Е 21 С 3/20. Гидравлическое устройство ударного действия / Г.М.Тимошенко, В.И.Коваленко, С.А.Селивра, А.Ф.Яценко, А.А.Селивра. - № 4710543/03; Заявлено 03.05.89; Опубл. 1991. - Бюл. № 16.

Kovalenko V.I. The substantiation of hydropercussion devices of mine's drilling machines.

Dissertation is in order to search the Candidate of Technical Sciences degree on speciality 05.15.16 - "Mining machines".

Donetsk State Technical University, Donetsk, 1996.

The results of elaboration of ecological hydropercussion devices by diagrams with straight and back operating cameras which are working by technical water are designed in the dissertation. Regularities of the working process of hydropercussion machines with the usage of simulation by computer are established and their parameters are optimized. The methods of substantiation and choice of rational parameters of hydropercussion machines by their coefficient of performance are designed. The results of theoretical, constructive and experimental research are hand over to AO "Buran" and also are used in studying process in Donetsk State Technical University.

## АНОТАЦІЯ

Коваленко Валерій Ілліч. Розробка і обґрунтування раціональних параметрів гідроударних пристроїв шахтних бурильних машин.

Дисертація у вигляді рукопису на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.16 - "Гірничі машини".

ДонДТУ, м.Донецьк, 1996р.

В дисертації відображені результати розробки екологічно чистих, працюючих на технічій воді, гідроударних пристроїв згідно зі схемами з керованими камерами прямого і зворотнього ходів. За допомогою імітаційного моделювання на ЕОМ виявлені закономірності робочого процесу гідроударних пристроїв, оптимізовані їх параметри. Розроблена методика обґрунтування і вибору раціональних параметрів по їх ККД. Результати теоретичних, конструкторських та експериментальних досліджень передані АТ "Буран" м. Донецька, а також використані в учбовому процесі Донецького державного технічного університету.

Ключові слова: гідроударний пристрій, екологія, буріння, удар, камера робоча, моделювання, тиск, витрата, критерії подібності, стенд, випробування.