

ГОРНОЕ МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 622.231

СТЕНД И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОУДАРНЫХ СИСТЕМ

Л. В. Городилов, В. Г. Кудрявцев, О. А. Пашина

*Институт горного дела СО РАН им. Н. А. Чинакала, E-mail: gor@misd.nsc.ru,
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

Приводится описание стенда для экспериментальных исследований гидроударных систем, включающего универсальное ударное устройство, стол с креплениями для его установки, демпфирующее устройство, устройство подачи и регулирования расхода жидкости. Разработана методика, позволяющая производить всесторонний анализ происходящих при функционировании гидроударных систем процессов, корректное сопоставление различных классов и моделей гидроударных систем между собой и сравнение экспериментальных и теоретических результатов.

Стенд, ударное устройство, система, датчики, критерии подобия, методика

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и отладка образцов гидроударных устройств, доведение их характеристик до требуемого уровня невозможны без определенного объема испытаний готовых образцов и экспериментальных исследований их характеристик. Поэтому почти в каждой из работ по созданию и доводке гидроударных устройств приводятся данные по методикам и результатам их экспериментальных исследований.

Анализ таких работ [1–9] показал, что составить по ним объективное представление о свойствах гидроударных систем достаточно сложно. Это, в первую очередь, связано с неполным описанием условий эксперимента и параметров системы. Практически отсутствуют сведения о качестве изготовления исследуемых устройств, возможных утечках в них и силах сопротивления.

Другой предпосылкой такого положения, на наш взгляд, является то, что все занимавшиеся этим вопросом исследователи рассматривали процессы в гидроударных системах на основе модели системы с источником постоянного давления, особенность которой — движение массы (бойка) в отдельные фазы цикла под действием кусочно-постоянной силы [1]. В этом случае для описания функционирования системы достаточно знать давление в рабочих камерах устройства, регистрацией которого главным образом и ограничивались рамки экспериментальных работ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 11-08-00982) и Сибирского отделения РАН (интеграционный проект № 55)

Разработка методики экспериментальных исследований, позволяющей адекватно оценивать свойства гидроударных систем, обуславливает необходимость использования более полной модели. В настоящей работе в качестве таковой принимается система с источником постоянного расхода [10–12], с учетом положений которой реализованы стенд для исследований, оригинальная конструкция универсального ударного устройства, а также определены подлежащие измерению величины.

При разработке методики был создан измерительно-вычислительный комплекс на основе персонального компьютера, аналого-цифрового преобразователя Е14-440 и программы PowerGraph 3.0, отработаны методики измерения давления в рабочих камерах устройств и перемещений механических элементов, а также оригинальная методика, позволяющая снимать напорные характеристики насоса и системы в целом.

Основные технические решения, использовавшиеся при создании ударных устройств, защищены патентами Российской Федерации [13–18], методики и некоторые результаты экспериментов представлены в работах [19–23].

СТЕНД И ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО УДАРНОГО УСТРОЙСТВА

Принципиальная схема стенда для экспериментальных исследований гидроударных систем, оригинальные узлы которого изготовлены в экспериментальных мастерских Института горного дела СО РАН, показана на рис. 1 и включает основание, ударное и демпфирующее устройства, устройство подачи и распределения потоков жидкости и измерительно-вычислительный комплекс.

Физическая модель универсального ударного устройства позволяет собирать и исследовать основные классы автоколебательных гидроударных систем объемного типа [23]: 1) двухстороннего действия с двумя управляемыми камерами, 2) двухстороннего действия с управляемой камерой прямого хода, 3) двухстороннего действия с управляемой камерой обратного хода, 4) одностороннего обратного действия, 5) одностороннего прямого действия, 6) двухстороннего действия с задержкой движения бойка в начале 1-й фазы цикла.

Она (см. рис. 1) включает ударный узел с двумя рабочими камерами (обратного A и прямого B хода) и золотниковое распределительное устройство с одной рабочей камерой C , к корпусу которого (в напорную и сливную линию) присоединены аккумуляторы 19 и 20 . Для преобразования системы двухстороннего действия с двумя управляемыми камерами в системы с управляемой камерой прямого хода (B) или с управляемой камерой обратного хода (A) служит группа пробок и заглушек 18 , при помощи которых камеры A и B изолировали от каналов, соединяющих их с распределительным устройством, и соединяли напрямую с напорной линией.

На рис. 2а, б приведены фотографии систем одностороннего действия, в которых в качестве упругой связи b (рис. 1а) между корпусом ударного узла и бойком служит механическая пружина. Для преобразования системы двухстороннего действия (см. рис. 1б) в системы одностороннего прямого и обратного действия (рис. 2а, б) соответственно камеры A и B изолируются от каналов, соединяющих их с распределительным устройством, и соединяются со сливной линией. На рис. 2а универсальная модель преобразована в систему прямого действия, при этом сила, действующая на боек со стороны пружины, направлена в сторону от ограничителя (инструмента); на рис. 2б — в систему обратного действия — сила направлена к ограничителю. Изменение величины предварительного натяга x_3 в системе прямого действия производится при помощи задней гайки 9 , в системе обратного действия — при помощи винта 12 .

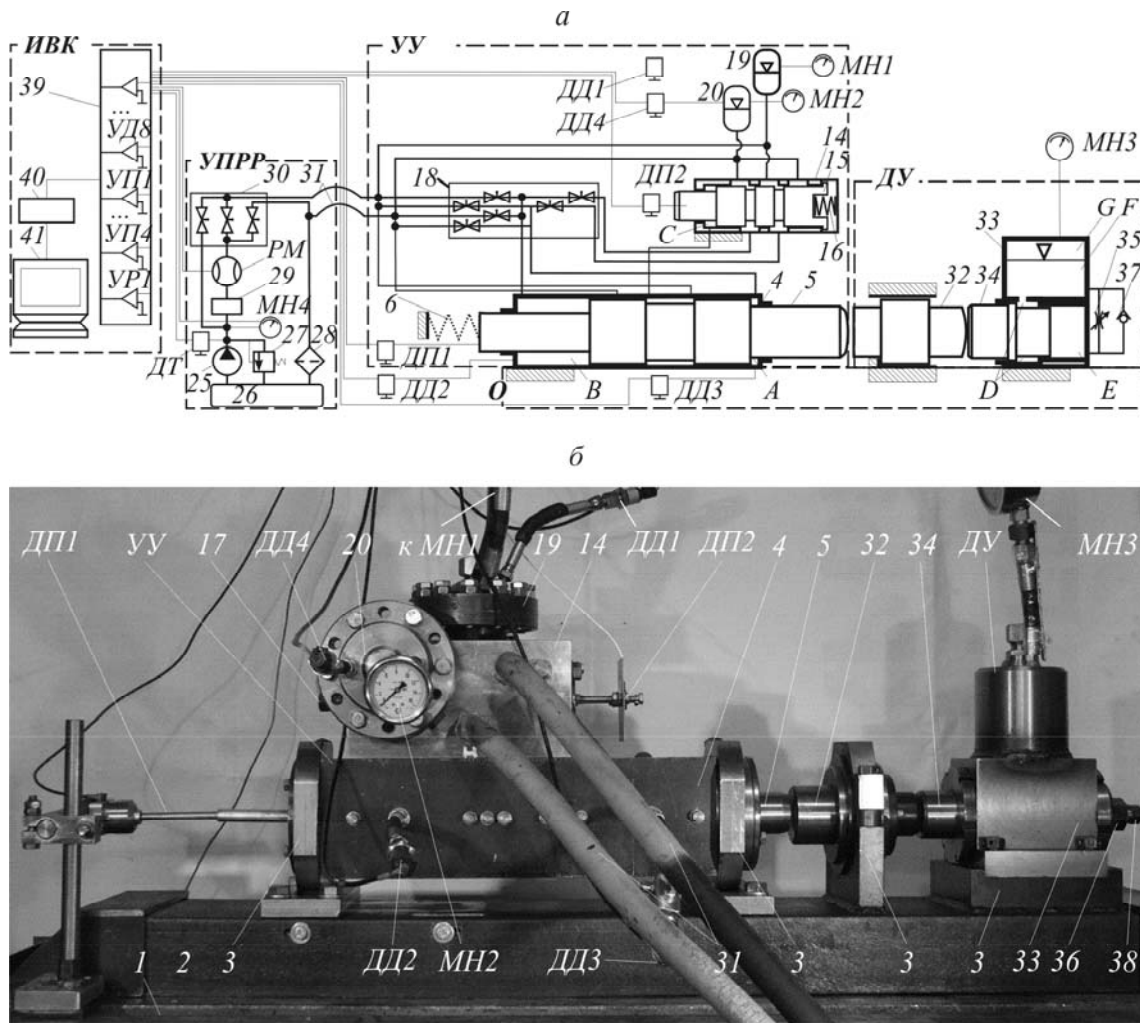


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда (а) и внешний вид ударного и демпфирующего устройств (б): *О* — основание (1 — металлический стол, 2 — швеллер, 3 — стойки креплений ударного и демпфирующего устройств); *УУ* — ударное устройство (4 — корпус, 5 — боек, 6 — упругая связь, 7–13 — см. рис. 2; 14 — корпус распределителя, 15 — золотник, 16 — пружина, 17 — регулировочный винт, 18 — группа пробок и заглушек; 19, 20 — соответственно напорный и сливной аккумуляторы); *УПРР* — устройство подачи и регулирования расхода жидкости (25 — насос НШ10Д, 26 — бак, 27 — предохранительный клапан, 28 — фильтр, 29 — регулятор расхода МГП55-22, 30 — группа вентилей, 31 — напорная и сливная линии); *ДУ* — демпфирующее устройство (32 — инструмент, 33 — корпус, 34 — поршень-наковальня, 35 — дроссель, 36 — втулка, 37 — обратный клапан, 38 — регулировочный винт); *ИВК* — измерительно-вычислительный комплекс (39 — универсальный согласующий блок, 40 — аналого-цифровой преобразователь Е14-440, 41 — компьютер, ДД1–ДД4 — датчики давления, ДП1, ДП2 — датчики перемещения, МН1–МН4 — манометры, РМ — расходомер, ДТ — датчик температуры, УД1–УД8, УП1–УП4, УР1 — модули, обеспечивающие работу датчиков)

Для преобразования универсальной модели в систему “с задержкой”, в которой боек в начале 1-й фазы цикла неподвижен, пока давление в системе не поднимется выше некоторого заданного “давления задержки” p_3 , используется предварительный натяг пружины 16 (см. рис. 1а). При этом золотник 15 переключается в позицию “фаза обратного хода”, когда сила со стороны жидкости в камере управления *C* становится больше силы со стороны пружины 16. Изменение величины p_3 производится при помощи регулировочного винта 17 (см. рис. 1б).

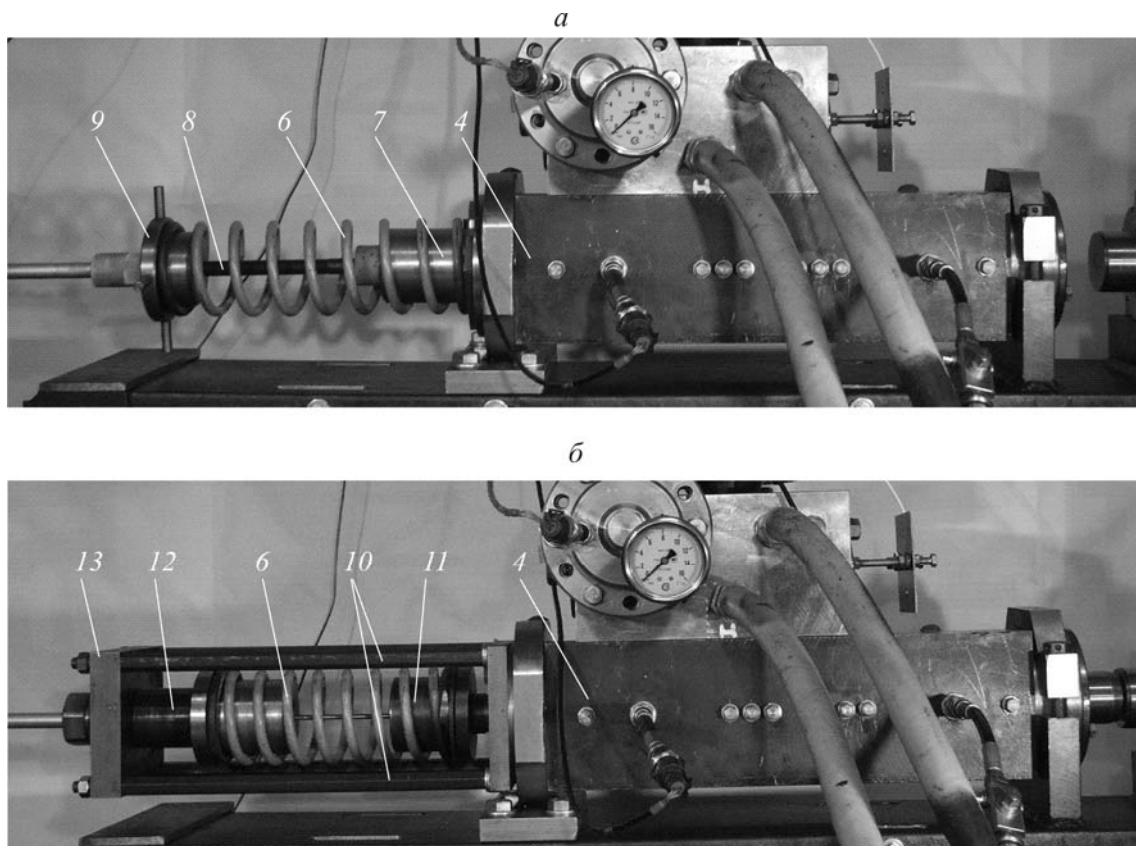


Рис. 2. Фотографии универсального ударного устройства в вариантах: *а* — одностороннего прямого действия с механизмом привода обратного хода; *б* — одностороннего обратного действия с механизмом привода прямого хода; 5 — корпус, 6 — пружина, 7 — крышка, 8 — шток, 9 — задняя гайка, 10 — стяжки, 11 — стакан, 12 — винт, 13 — планка

УСТРОЙСТВО ПОДАЧИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА

Устройство создано на основе маслостанции постоянного расхода, которую дополнили регулятором расхода 29 и группой запорных вентилей 30, позволяющих переключать потоки жидкости (рис. 1, 3). Для регистрации давления на выходе из насоса применяли высокоточный цифровой манометром *МН4* (ДМ5002Б) с аналоговым выходом, расхода — импульсный расходомер *РМ* (DV04), температуры — датчик температуры *ДТ*. Такая конфигурация позволяла решать следующие задачи: 1) регулировать расход жидкости, подаваемой к ударному устройству; 2) определять напорную характеристику (p - q -зависимость) насоса; 3) определять напорную характеристику системы; 4) производить калибровку датчиков давления.

При определении напорной характеристики системы средний вентиль группы 30 (см. рис. 1а, 3) устанавливается в положении “закрыто”, два других — “открыто”, золотник 15 блокируется, жидкость от насоса 25 подается на ударное устройство УУ и через регулятор потока 29 и расходомер *РМ* на слив. В принципиальной схеме измерений, приведенной на рис. 3, гидравлическое сопротивление r_0 включает суммарное гидравлическое сопротивление насоса и гидроударного устройства. Вращением лимба регулятора расхода 29 изменяется расход q , поступающий на слив, что приводит к изменению давления p в системе. Напорную характеристику (p - q -зависимость) насоса или системы можно получить после построения зависимости давления от расхода.

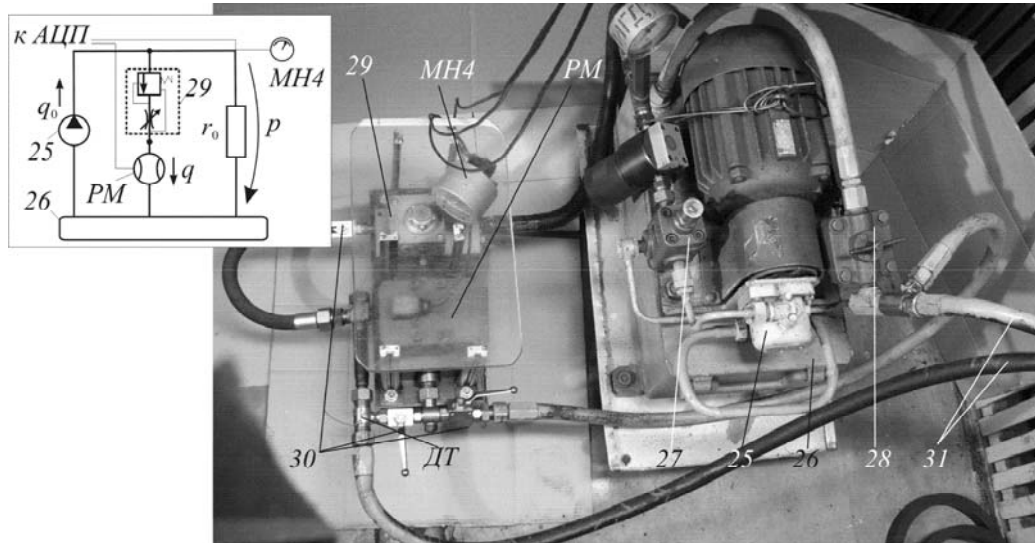


Рис. 3. Устройство подачи и регулирования расхода жидкости: 25 — насос НШ10Д, 26 — бак, 27 — предохранительный клапан, 28 — фильтр, 29 — регулятор расхода МГП55–22, 30 — вентили, 31 — напорный и сливной рукава, МН4 — цифровой манометр ДМ5002Б, РМ — расходомер DV04, ДТ — датчик температуры

Примеры полученных экспериментально напорных характеристик насоса и системы представлены соответственно на рис. 4а, б. Аппроксимируя их линейными зависимостями $p = -r_0q + p_{00}$, получим следующие выражения:

— рис. 4а, участок 1

$$p = -1.66 \cdot 10^{11} q + 4.2 \cdot 10^7, \quad (1)$$

— рис. 4б, участок 1

$$p = -7.01 \cdot 10^{10} q + 1.78 \cdot 10^7, \quad (2)$$

— рис. 4а, б, участок 2

$$p = -4.01 \cdot 10^9 q + 9.0 \cdot 10^6,$$

где p — в [Па], q — в [$\text{м}^3/\text{с}$]. Заметим, что участок 1 соответствует работе системы при закрытом предохранительном клапане, участок 2 — при открытом.

Величины сопротивлений r_0 , полученные для конкретной конфигурации системы (корпуса, бойка, уплотняющих элементов и распределительного устройства), используются при расчетах и сравнении получаемых экспериментальных данных с результатами теоретических исследований.

ДЕМПФИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО И ИНСТРУМЕНТ

Полый корпус 33 демпфирующего устройства ДУ (камеры D , E , F , рис. 1а, б) заполнен жидкостью (маслом И-20А), в его верхнюю часть (камера G) закачивается газ (азот) под давлением 1–3 МПа. Камера D соединена с камерой F каналом, а с камерой E — через регулируемый дроссель 35, образованный втулкой 36 и регулировочным винтом 38, и обратный клапан 37.

Устройство работает следующим образом. В исходном состоянии поршень-наковальня 34 давлением жидкости в камерах D и E прижат к кромке корпуса 33 и касается правого по рис. 1а торца инструмента 32. После удара бойка 5 по инструменту 32 импульс от последнего сообщается поршню-наковальне 34, который начинает двигаться вправо, его задний торец сжимает жидкость в замкнутом объеме (камере E), повышая давление в ней.

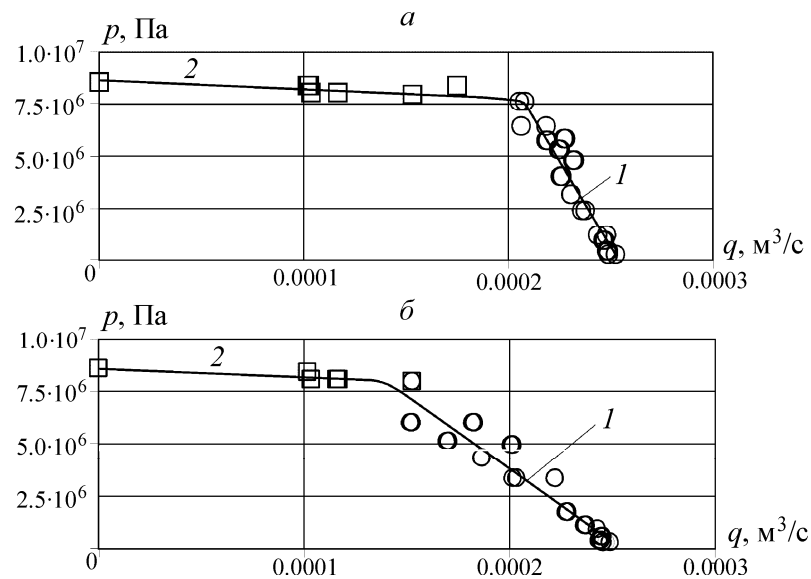


Рис. 4. Напорные характеристики насоса НШ10Д (а) и системы (б)

Под действием давления в камерах D и E происходит торможение и остановка поршня-наковальни, затем он возвращается в исходное положение, причем в конце процесса возможно открытие разделяющего их обратного клапана 37.

Вращением регулировочного винта 38 изменяется сопротивление дросселя 35 между камерами E и G и давление в камере E при движении поршня-наковальни 34.

Изменением массы инструмента 32, давления газа в камере G и сопротивления дросселя 35 возможно управление коэффициентом восстановления скорости бойка и временем взаимодействия бойка и инструмента при ударе [22]. Таким образом, представленное демпфирующее устройство позволяет в определенной степени имитировать процессы, происходящие при реальном процессе взаимодействия гидромолота с горным массивом.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Для регистрации и исследования характеристик системы был собран измерительно-вычислительный комплекс (рис. 1, 5) на базе персонального компьютера 41, внешнего аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 40 (плата L-Card E14-440, 16 каналов, 14-разрядная, частота оцифровки 440 кГц, диапазон входного сигнала ± 10 В) и программного обеспечения PowerGraph 3.3. Интерфейс платы аналого-цифрового преобразователя и датчиков осуществлялся оригинальным универсальным согласующим блоком 39, при помощи которого подается питание на датчики и передается аналоговый сигнал с датчиков на АЦП 40. Комплекс позволяет регистрировать восемь каналов давления с использованием датчиков фирмы Honeywell серий ML, MLN и AP (диапазон измерений 0–34.5 МПа, время ответа < 500 мкс, класс точности до 0.25), четыре канала перемещений с использованием датчиков серий EDS фирмы Micro-Epsilon и ДПП фирмы Сенсорика-М (диапазон измерений 0–200 мм, частотная полоса не хуже 0–150 Гц, класс точности 0.3), один канал расхода с помощью датчика DV-04 фирмы Messtechnik (диапазон 0.5–100 л/мин, быстродействие 333 имп/л). Для калибровки датчиков давления применяли цифровой манометр МН4 (рис. 1, 3). Места установки датчиков показаны на рис. 1.

Работа гидроударных систем сопровождается интенсивной вибрацией частотой до 20 Гц и соударениями бойка с ограничителем с предупредной скоростью до 8 м/с. Это порождает интенсивные ударные волны в металле и жидкости, причем пиковые значения давления ударных волн в жидкости в $\sim 2-2.5$ раза превышают средние давления за цикл.

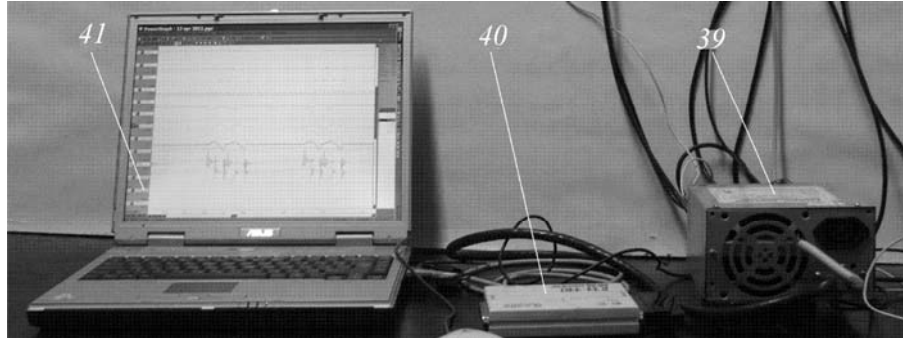


Рис. 5. Измерительно-вычислительный комплекс (ИВК): 39 — универсальный согласующий блок, 40 — аналого-цифровой преобразователь E14-440, 41 — персональный компьютер с программой PowerGraph

В связи с этим особо актуальна проблема установки датчиков давления и перемещения. Так, непосредственное присоединение датчиков давления к корпусу ударного устройства УУ приводило к их практически мгновенному выходу из строя. Поэтому была разработана конструкция (см. рис. 1, ДД2, ДД3), благодаря которой датчики присоединялись к камерам ударного устройства через рукава высокого давления длиной ~ 0.08 м и специальный фильтр низких частот [20].

Использовавшиеся датчики перемещения конструктивно выполнены так, что имеют подвижную часть, присоединяемую к элементу, перемещение которого измеряется, и неподвижную, жестко крепящуюся к основанию или к корпусу ударного устройства. Определенные проблемы возникали при фиксации подвижной части датчиков и обеспечении ее соосности с неподвижной частью, кроме того, в устройствах одностороннего действия (см. рис. 2) при работе наблюдалось достаточно значительное радиальное биение первой. Поэтому были разработаны узлы установки датчиков перемещения [12], показавшие в дальнейшем свою эффективность.

ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОУДАРНЫХ СИСТЕМ

Для иллюстрации работы представленных оборудования и методик в таблице и на рис. 6 приводятся параметры, интегральные выходные характеристики и графики основных динамических характеристик, полученные при экспериментальных исследованиях гидроударных систем двухстороннего и одностороннего действия. В опытах расход насоса без нагрузки составлял $q_0 = 0.24 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, начальный объем аккумулятора $V_0 = 0.12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

На $x-t$, $v-t$ и $p-t$ -осциллограммах также изображены расчетные данные, полученные с применением специальной итерационной процедуры на линеаризованной модели гидроударной системы [24]. В расчетах учитывали силу трения в паре “боек – корпус ударного устройства” и коэффициент восстановления скорости бойка R , которые определяли по $v-t$ -диаграммам, получаемым в результате дифференцирования по времени координаты x бойка, а также расход жидкости, потребляемый распределительным устройством [12].

Расхождение между расчетными и экспериментальными данными, как правило, не превышало 8–10 %. Однако в некоторых случаях, например для предупредной скорости v_I в системе обратного действия, они доходили до 20–23 %. Скорей всего, это связано с чрезмерным упро-

щением используемой в расчетах математической модели, в частности в системе не учитывалось трение в паре “боек – корпус ударного устройства” в течение торможения и прямого хода, которое в силу конструктивных особенностей привода прямого хода могло быть значительным.

В целом полученные результаты позволяют считать, что разработанная конструкция стенда с универсальным ударным устройством, методики экспериментов и измерительно-вычислительный комплекс позволяют корректно проводить экспериментальные исследования гидроударных систем и сопоставление получаемых результатов с расчетными данными.

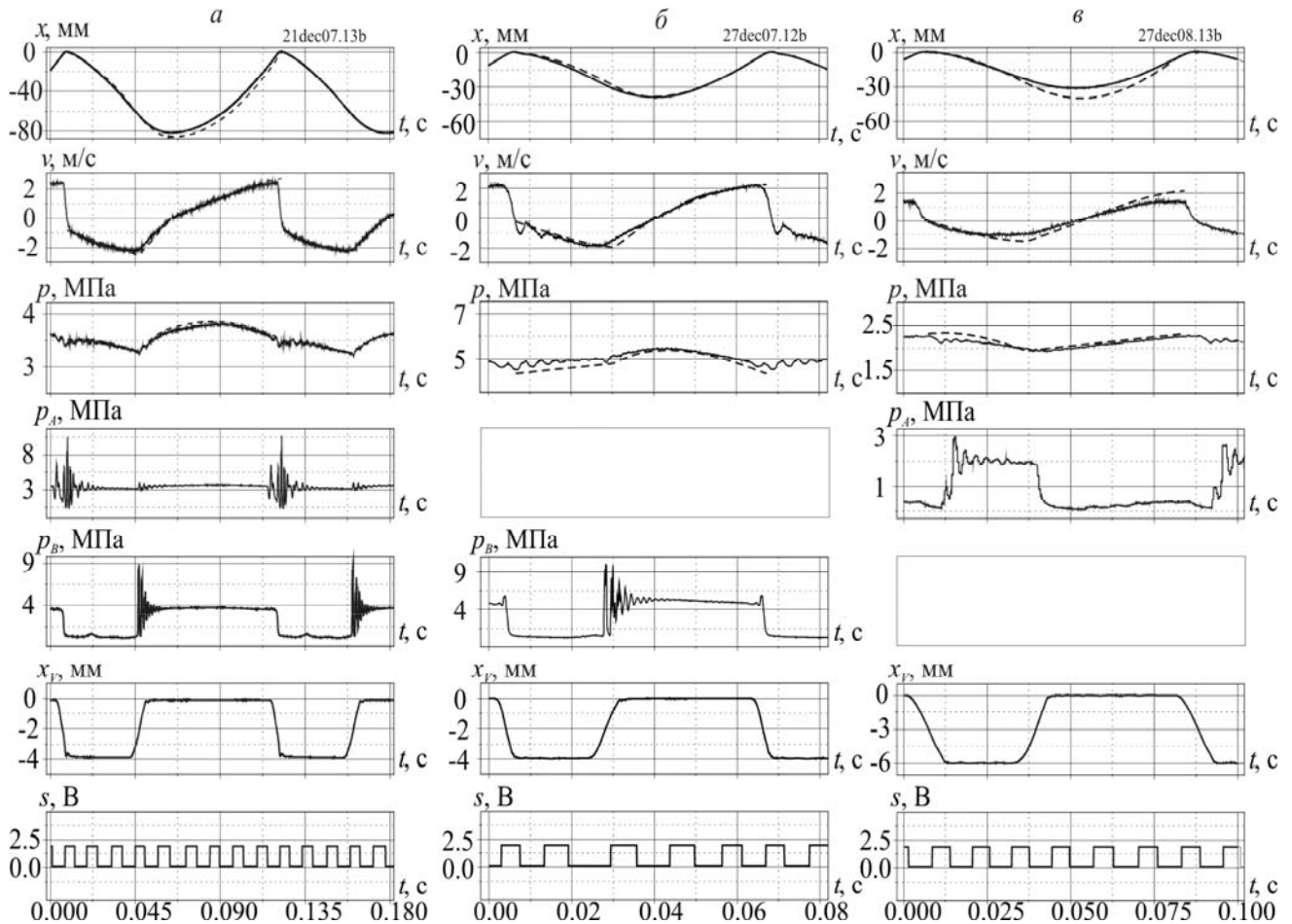


Рис. 6. Осциллограммы динамических характеристик рабочих циклов: *a* — системы двухстороннего действия с управляемой камерой прямого хода, *б* и *в* — соответственно систем одностороннего прямого и обратного действия. Здесь: *t* — время, *x* и *v* — соответственно координата и скорость бойка, *p*, *p_A* и *p_B* — соответственно давления в аккумуляторе, камерах *A* и *B*, *x_v* — перемещения золотника, *s* — импульсы расходомера; сплошная линия — экспериментальные результаты, штриховая — расчетные данные. Пустые поля — камеры отсоединены от системы

Рис. 6	<i>m</i> , кг	<i>S_A</i> , см ²	<i>S_B</i> , см ²	<i>x₁</i> , мм	<i>x₃</i> , мм	<i>R</i>	<i>r₀ · 10¹⁰</i> , Па·с/м ³	<i>p₀₀</i> , МПа	<i>p₀</i> , МПа	<i>v_I</i> , м/с	Δv_I , %	<i>t_c</i> , с	Δt_c , %	<i>x_{max}</i> , мм	Δx_{max} , %	<i>p_m</i> , МПа	Δp_m , %
<i>a</i>	6.73	1.79	3.52	50	—	0.52	2.96	7.8	2.3	2.52	13.5	0.113	0.6	82	4.6	3.47	2.8
<i>б</i>	6.73	—	3.52	20	55	0.28	2.96	7.8	2.3	2.22	6.6	0.062	2.2	39	1.4	4.97	2.5
<i>в</i>	10.4	3.52	—	—	10	0.03	9.74	24.4	1.4	1.38	22.5	0.081	3.9	32	14.3	2.10	9.8

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Создана конструкция универсального ударного устройства, позволяющая в одном формате проводить исследования основных классов гидроударных систем объемного типа: двухстороннего (с двумя и одной управляемой камерой, с задержкой и без задержки движения бойка) и одностороннего (прямого и обратного) действия.

2. Разработаны оборудование и стенд для исследований ударных устройств, обеспечивающие надежное крепление ударных устройств, регулирующую подачу расхода жидкости к ударным устройствам и возможность изменения внешнего воздействия.

3. На основе модели системы с источником постоянного расхода сформулирована и отработана методика экспериментальных исследований гидроударной системы, позволяющая выполнять регистрацию характеристик, необходимых для всестороннего анализа происходящих в гидроударных системах процессов, а также корректное сравнение характеристик ударных устройств между собой и с результатами теоретических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов О. Д., Басов С. А. Гидравлические виброударные системы. — М.: Наука, 1990.
2. Ашавский А. М. Основы проектирования оптимальных параметров забойных буровых машин. — М.: Недра, 1966.
3. Горбунов В. Ф. и др. Гидравлические отбойные и бурильные молотки. — Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1982.
4. Горбунов В. Ф., Лазуткин А. Г., Ушаков Л. С. Импульсный гидропривод горных машин. — Новосибирск: Наука, 1986.
5. Искенов С. С. Универсальные бурильные машины. — Бишкек: Илим, 2007.
6. Мелис уулу Данислан. Обобщение результатов экспериментальных исследований ручного гидравлического молотка “Импульс 7”. Вып. 4. — Бишкек: Илим, 2004.
7. Эрминиди Ю. И. Экспериментальное определение энергетических показателей гидропневматического бутобоя / Строительно-дорожные машины и механизмы: сб. ст. Вып. 3. — Караганда: КПТИ, 1976.
8. Янцен И. А., Ешуткин Д. Н., Бородин В. В. Основы теории и конструирования гидропневмоударников. — Кемерово: Кемеров. кн. изд-во, 1977.
9. Ясов В. Г. Теория и расчет рабочих процессов гидроударных буровых машин. — М.: Недра, 1977.
10. Городилов Л. В. Модель гидравлической ударной системы с источником постоянного расхода // Ударно-вибрационные системы, машины и технологии: материалы III Междунар. науч. симп. (17-19 октября 2006 г.). — Орел: ОрелГТУ, 2006.
11. Городилов Л. В. Численное исследование динамики автоколебательных гидравлических ударных систем. Ч. I. Системы двойного действия // ФТПРПИ. — 2007. — № 6.
12. Городилов Л. В. Разработка основ теории гидроударных систем объемного типа для исполнительных органов горных и строительных машин / Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — Новосибирск, 2010.
13. Патент 2182967 РФ. Способ управления рабочим циклом гидравлической ударной машины / В. А. Голдобин, Л. В. Городилов, А. Р. Маттис // Оpubл. в БИ. — 2002. — № 15.
14. Патент 2209878 РФ. Гидравлическая ударная машина (варианты) / В. А. Голдобин и др. // Оpubл. в БИ. — 2003. — № 22.
15. Патент 2230189 РФ. Гидравлическая ударная машина (варианты) / В. А. Голдобин, Л. В. Городилов, О. А. Пашина // Оpubл. в БИ. — 2004. — № 16.

- 16. Патент 2258161 РФ.** Распределитель гидравлических ударных устройств (варианты) / В. А. Голдобин, Л. В. Городилов, О. А. Пашина // Оpubл. в БИ. — 2005. — № 22.
- 17. Патент 2311532 РФ.** Гидравлическая ударная машина / Л. В. Городилов и др. // Оpubл. в БИ. — 2007. — № 33.
- 18. Патент 2321777 РФ.** Распределитель гидравлических ударных устройств (варианты) / Л. В. Городилов и др. // Оpubл. в БИ. — 2008. — № 10.
- 19. Городилов Л. В. и др.** Методика и результаты экспериментальных исследований динамики автоколебательных гидравлических ударных систем двойного и прямого действия / *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: тр. конф. с участием иностр. ученых (7-11 июля 2008 г.)*. Т. 2. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009.
- 20. Городилов Л. В., Ефимов В. П.** Методика тестирования датчиков давления для исследования гидравлических импульсных систем / *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: тр. конф. с участием иностр. ученых (7-11 июля 2008 г.)*. Т. 2. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009.
- 21. Городилов Л. В. и др.** Стенд и измерительно-вычислительный комплекс для экспериментальных исследований гидравлических ударных систем / *Проблемы и перспективы развития горных наук: тр. междунар. конф. (1-5 ноября 2004 г.)*. Т. 2 — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2006.
- 22. Городилов Л. В., Кудрявцев В. Г.** Моделирование процесса взаимодействия “боек – инструмент – горный массив” / *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: тр. конф. с участием иностр. ученых (28 июня-2 июля 2010 г.)*. Т. 3. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2010.
- 23. Городилов Л. В., Фадеев П. Я.** Анализ и классификация эффективных конструктивных схем автоколебательных гидравлических ударных систем / *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: тр. конф. с участием иностр. ученых (10-13 октября 2006 г.)*. Т. 2. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2007.
- 24. Городилов Л. В.** Приближенный метод расчета автоколебательных гидравлических ударных систем / *Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: тр. конф. с участием иностр. ученых (7-11 июля 2008 г.)*. Т. 2. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009.

Поступила в редакцию 1/XI 2011