

УДК 622.271+622.833

В. С. Глущенко, член-корр. Академии строительства Украины

ГП «Донецкий научно-исследовательский угольный институт»
г. Донецк, Украина

ОБ ИСПЫТАНИЯХ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГИДРОПЕРФОРАТОРА

The brief description is presented of the large test rig designed for study and construction parameters determination of hydraulic perforators. The first results of this testings is presented also. The basic units of the rig were developed by specialists of DONUGI then transferred to FED Enterprise Kharkov where its assembly and operation development was executed.

В нынешних условиях, когда практически перестала существовать действующая ранее в СССР добрая дюжина конструкторских бюро гидроперфораторостроения (в Украине, России, Казахстане, Киргизии), создание гидроперфораторов для горной промышленности осложнилось практическим бесправием оставшейся группы инженеров-энтузиастов, стремящихся реализовать свои наработки для совершенствования и производства этих буровых устройств [1,2]. Поэтому на последних международных выставках и симпозиумах горного оборудования в России (г. Москва, г. Ново-Кузнецк) и в Украине (г. Донецк) специалисты этих стран единодушно выражали надежду получить наконец в эксплуатацию гидроперфоратор БУР1515 [3-5] как добротное отечественное изделие.

В связи с этим следует изложить результаты испытаний этого гидроперфоратора, поскольку автор настоящей статьи является инициатором и организатором работ по созданию изделия БУР1515 и его стендовой испытательной базы [6], выполнявшихся творческим коллективом добровольно, без поддержки Кабмина, с решимостью иметь в перспективе отечественный ударно-вращательный гидробур даже на трудных, бесправных условиях, неофициально диктуемых коммерческими структурами.

По настоянию автора, руководителя разработки, комплекс заводских испытаний (приемо-сдаточных, предварительных, исследовательских, периодических) был организован не на заводе-потребителе («НГМЗ»), на заводе-изготовителе («ФЭД») данного изделия. В результате выполнения предварительных испытаний¹ установлено следующее.

ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ, МЕСТО И УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

Предварительным испытаниям (далее – испытания) был подвергнут опытный образец гидроперфоратора или, согласно документации, гидравлической бурильной головки вращательно-ударного действия БУР1515, внешний вид которой изображен на фото (рис. 1), далее по тексту – бурголовка.

¹ Ответственные исполнители от завода «ФЭД»: Донченко Ф.Г. и Хилько Л.А.



Рис. 1 Опытный образец БУР1515 на испытательном стенде.
(Бурение шпуров $\varnothing 43$ мм и скважин $\rightarrow 105$ мм в гранитном монолите)

Опытная партия буроловок состояла из четырех образцов, изготовленных Госпредприятием Харьковской машиностроительный завод «ФЭД». Все образцы согласно требованиям прошли приемо-сдаточные испытания, доводку и приняты УТК завода. Настоящий отчет отражает результаты испытаний одного из равноценных образцов. Разработчики РКД – творческий коллектив «Гидробур».

Буроловка как рабочий орган бурового оборудования – бурильных установок и буровых станков – предназначена для высокопродуктивного бурения шпуров и скважин любой ориентации диаметром от 40 до 102 мм в горных породах крепостью от 6 до 20 ед. по Протодьяконову (80 – 240 МПа) при наземной и подземной эксплуатации, в том числе в шахтах, опасных по газу и пыли, при строительстве подземных сооружений, а также при добыче естественного камня – с целью снижения трудоемкости буровых операций на проходческих и добычных работах, устранения опасного и тяжелого ручного труда бурильщиков, обеспечения благоприятных условий труда и высокой производительности.

Основное климатическое исполнение буроловки – У, категория размещения 5 (по ГОСТ 15150–69); группа условий эксплуатации – В5 (по ГОСТ 9.104–79).

Буроловка состоит из двух узлов: вращателя и ударника, которые При работе на соответствующем буровом объекте обеспечивают необходимой гидравлической энергией от местной станции гидропривода.

Управление работой буроловки в составе бурового объекта (промышленный станок, установка, испытательный стенд) осуществляет оператор-машинист при помощи рукояток на пульте управления с рабочего места, оснащенного сидением (креслом) и при необходимости защитным козырьком. Регулятор энергии и частоты ударов имеет I, II, III позиции для частот 55, 65 и 75 Гц.

Энергосистема бурового объекта (базовой машины) должна обеспечить:

Давление на входе в ударный механизм, максимальное, МПа	24,0
Расход рабочей жидкости для ударного механизма, максимальный, $\text{дм}^3/\text{с}$ (л/мин)	1,5 (90)
Давление на входе в гидромотор вращателя, максимальное,	

МПа	17,5
Расход рабочей жидкости для вращателя, максимальный, дм ³ /с (л/мин)	1,25 (75)
Усилие подачи на забой, максимальное, кН	19,6 (2000)
Скорость подачи на забой, максимальная, м/мин	3
Рабочая жидкость – масло МГЕ-46В (ТУ 38.001.347-87);	
Тонкость фильтрации рабочей жидкости – 10мкм;	
Охлаждение рабочей жидкости при работе бурголовки – до температуры не выше 55° С	
Техническая характеристика бурголовки приведена в табл. 1.	

Таблица 1. Основные параметры бурголовки по техническому заданию

Наименование и размерность параметров	Величина
Ударная мощность, максимальная, кВт	15,0
Энергия удара, Дж	200 – 250
Частота ударов, 1/сек (1/мин)	75 – 55 (4500 – 3300)
Мощность вращения, максимальная, кВт	15,0
Крутящий момент, максимальный, Нм	400
Частота вращения, максимальная, об/с (об/мин)	6,0 (360)
Техническая скорость бурения в режимах по РД 24.073.18-90, м/мин, не менее:	
Ударно-вращательное ø42 мм (f=12-14 ед.)	1,9
Вращательное ø42 мм (f=4-6 ед.)	2,4
Габариты, мм:	
Высота оси бурения над постелью, не более (для обеспечения взаимозаменяемости с аналогом СОР1238МЕ на УБШ)	147
Высота верха корпуса над осью бурения, не более	85
Ширина от оси бурения до крайней правой точки трубопроводной арматуры, не более	180
Ширина от оси бурения до крайней левой точки корпуса, не более	125
Общая длина (без хвостовика), не более	1000
Масса, кг, не более	151

Шумовая характеристика бурголовки должна соответствовать приведенной в табл.2

Таблица 2. Шумовая характеристика бурголовки

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Уровень звука, ДБА
Уровень звуковой мощности, ДБ, не более	113	115	113	114	113	117	116	116	112

В состав бурголовки, предъявленной на испытания, вошли запасные части, инструмент и принадлежности в соответствии с ведомостью из технической документации.

Испытания проводились в сборочном цехе завода «ФЭД» на специально изготовленном стенде для испытания бурголовок СИБ (схема рис. 2), который является стационарно закрепленной на опорных швеллерах 1 серийной бурильной установкой в одноманипуляторном исполнении: платформа 2, консоль 3, энергоблок 4 с электродвигателем N_{ном} = 55 кВт, место оператора 5, пульт управления 6, манипулятор 7, бурголовка 8 на податчике 9 с буро-

вым инструментом 10. Впереди жестко закреплен каменный монолит 11 (гранит, песчаник). Имеется система водообеспечения для охлаждения рабочей жидкости и промывки буримых шпуров в каменных монолитах. Стенд испытан с «эталонной» гидробурголовкой типа ГБГ 300–500 (с ударной мощностью 18,3 кВт), адаптирован для опытной бурголовки, имеющей более высокие параметры энергопитания, и аттестован комиссией завода для проведения предварительных испытаний с набором первоочередной измерительной аппаратуры (табл.3) преимущественно показывающего типа для измерения основных параметров (согласовано с метрологической службой завода).

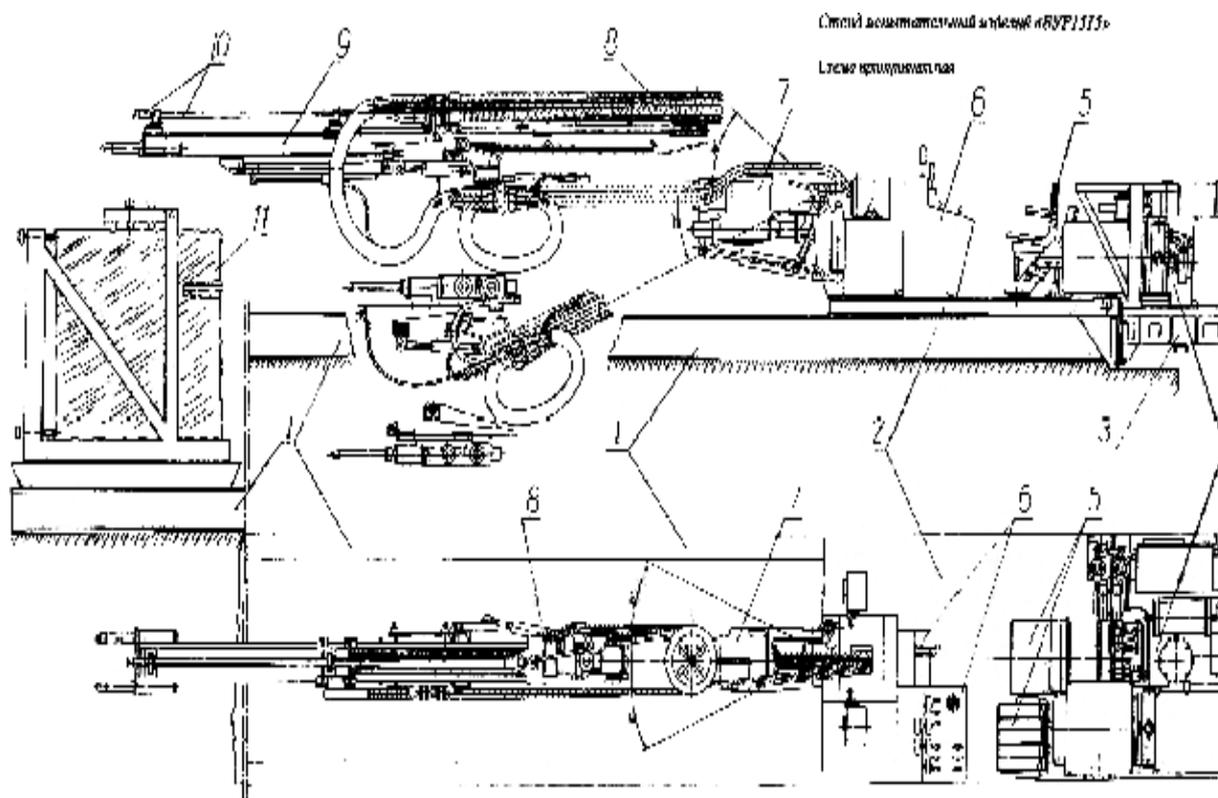


Рис. 2 Стенд испытательный изделий БУР1515
(Схема принципиальная)

Таблица 3. Перечень измеряемых параметров в ходе испытаний бурголовки на стенде СИБ.

Наименование параметра, диапазон измерения 1	Измерительный прибор 2
Давление в напорном канале вращателя, $R_{вр}=0 \dots 400$ кгс/см ²	Манометр, кл. 0,6
Давление в напорном канале ударника, $R_{уд} = 0 \dots 400$ кгс/см ²	Манометр, кл. 0,6
Давление воды в системе орошения, $R_{в} = 0 \dots 40$ кгс/см ²	Манометр, кл. 1,5
Давление в гидроцилиндре подачи бурголовки $R_{п}$; усилие подачи $F_{п} = S_{цил} \times R_{п}$, кгс	Манометр, кл. 0,6
Частота вращения бурголовки $n = 0 \dots 360$ об/мин	Тахометр АТТ–6000
Частота ударов бурголовки, $f = 0 \dots 75$ Гц	Частотометр ЭПЧ-150

Окончание табл. 3.

1	2
Скорость бурения, $V_b = 0...2,5$ м/мин	Электронный секундомер «Casio» Линейка измерительная металлическая
Температура рабочей жидкости в маслобаке, $T = (15...60)^\circ\text{C}$	Пирометр CENTER-350
Температура корпусов вращателя и ударника, $T = (15...60)^\circ\text{C}$	Пирометр CENTER-350
Шумовая характеристика процесса бурения: частотные полосы (Гц), звуковая мощность (ДБ)	Спектроанализатор-шумомер фирмы «Брюль и Кьер»
Внутренние утечки гидросистемы ударника, не более 5 л/мин	Секундомер «Casio» Мерная емкость

Примечание. Измерение с регистрацией (на соответствующие носители информации) мгновенных значений динамических процессов, протекающих в бурголовке при бурении, должно осуществляться при исследовательских испытаниях по утвержденной программе с соответствующей регистрирующей аппаратурой.

Цель и задачи испытаний

Испытания проводились с целью проверки соответствия параметров бурголовки требованиям технического задания, рабочей конструкторской документации и определения возможности предъявления опытных образцов на приемочные испытания.

В задачи предварительных испытаний входят:

- проверка работоспособности отдельных узлов и бурголовки в целом;
- определение фактических величин параметров бурголовки;
- проверка бурголовки на соответствие требованиям техники безопасности и промышленной санитарии;
- проверка удобства управления, обслуживания и ремонта;
- выявление конструктивных недостатков, дефектов изготовления для устранения их при доводочных работах до отправки машины на приемочные испытания.

Для достижения поставленных целей и решения задач испытаний *решающим фактором* было создание и пуск в эксплуатацию полномасштабного испытательного стенда бурголовок, обеспечивающего натурное бурение монолитных глыб естественного камня и измерение основных параметров испытываемого изделия.

Результаты испытаний

По внешнему виду, составу и конструктивному устройству бурголовка соответствует техническому заданию.

Крепления бурголовки к салазкам и салазок к податчику соответствуют технической документации. Надежность креплений и свобода перемещений (салазок – по направляющим, бурового инструмента – в люнетах) установлена в процессе подачи, забуривания, бурения и возврата бурголовки.

Заключительная часть приемо-сдаточных, предварительных испытаний, сопровождавшаяся измерением параметров при максимально возможных режимах нагружения бурголовки, осуществлялась после проведения на стенде серии пробных форсированных опытов бурения. Это позволило в начале опытов выявить отказы бурголовки, причины их возникновения и, следовательно, конструкторско-технологические недоработки. Они устранены корректировкой конструкции и технологии изготовления ряда деталей бурголовки.

Выявлены следующие недостатки в ряде деталей опытного образца:

1. Крышка пневмогидроаккумулятора не зажимает герметично мембрану, создавая утечки. Дефект устранен.
2. Плунжеры стопорятся в гнезде золотника ударника после включения его в работу, трудно извлекаются при разборке узла. Отказы устранены уменьшением внутреннего диаметра детали, повышением класса чистоты наружной поверхности, улучшением расположения детали в гнезде, введением внутреннего зацепа для удобства разборки узла.
3. Заклинивания вращателя бурголовки, приведшие к поломке приводного гидромотора, вызваны неудачной конструкцией опор вращателя, а также избыточностью продольных размеров сопряженных деталей, наглухо зажимаемых при сборке. Дефекты устранены оптимизацией размерной цепочки сопряженных деталей вращателя, а также принципиальным изменением конструкции опорно-вращательного узла. Эта конструкция, разработанная автором, оправдала себя при последующих испытаниях бурголовки и дальнейшем ее усовершенствовании.
4. Сборка упора вращателя с сопряженной деталью затруднена вследствие значительного натяга. Технология сборки улучшена путем охлаждения этой детали жидким азотом и нагревом сопряженной детали до 220°C.
5. В условиях «слепой» сборки малой и большой гильзы ударника повреждается направляющий штифт. Недостаток устранен с помощью изготовленного приспособления, центрирующего взаимное положение этих деталей и обеспечивающего гарантированное качество сборки.
6. После доработки ряда деталей бурголовки и ее сборки (в ходе приемосдаточных испытаний, проведения обкатки в течение 1 часа по программе и выполнения объема бурения на предварительных испытаниях) была проверена величина суммарных внутренних утечек гидросистемы ударника. Она составляла 4,2 л/мин при давлении в напорном канале ударника 10 МПа, что ниже допустимых утечек 5 л/мин.

В период испытаний опытным образцом бурголовки всего пробурено 29,5 м шпуров диаметром 43 мм в гранитном монолите, крепость которого установлена лабораторией Донуги в пределах 13,5–14,5 ед. по Протодяконову, т.е. $\sigma_{сж}=135-146$ МПа. Контрольное бурение регистрировалось на максимальном режиме энергообеспечения после выполнения каждого начального забуривания глубиной 100 мм. С целью экономии естественного камня и обеспечения максимальной энергии удара на буровом инструменте (штыревые и долотчатые трехперые коронки с резьбой $\varnothing 31K$) бурение осуществлялось преимущественно на первой позиции регулятора энергии и частоты ударов. В результате проведенных доработок испытательного стенда в его существующем исполнении установлено, что максимальные энергетические возможности его станции гидропривода обеспечивают 90 – 95% требуемого энергообеспечения бурголовки. Впоследствии энерговооруженность повысили.

В ходе испытаний система энергопитания (энергоблок гидробурголовки) использовала только одну марку рабочей жидкости – масло 46В ТУ38.001.347–87. В напорной и сливной магистралях энергоблока применялись фильтры, обеспечивающие тонкость фильтрации рабочей жидкости 10 мкм.

Система подачи воды для охлаждения масла и промывки буримых шпуров снабжает стенд с расходом 34 л/мин при давлении 16,5 МПа. Эти параметры оцениваются как высокоэнергетические характеристики, идентичные параметрам водоподачи на шведских установках «Boomer».

В течение испытаний выполнено 26 опытов бурения шпуров $\varnothing 43$ мм по гранитному камню с измерениями. Определены средние величины основных параметров по всем опытам бурения, которые как интегральная оценка результатов испытаний сведены в табл. 4.

Таблица 4. **Величины измеренных параметров в сравнении с параметрами, установленными в документации бурголовки (ТЗ, РКД).**

Наименование параметра и размерность	Величина параметра	
	по документам	измеренная
2	3	4
Ударная мощность, максимальная, кВт	15,0	-
Энергия удара, Дж	200...250	-
Частота ударов, 1/с (1/мин)	75...50(4500...3000)	75-52 (4500-3120)
Мощность вращения, максимальная кВт	15,0	-
Крутящий момент, максимальный, Нм	400	-
Частота вращения, максимальная об/с (об/мин)	6.0 (360)	-
Техническая скорость бурения в режи-мах РД24.073.18-90, м/мин, не менее: - ударно-вращательное Ø42 (f=12...14) - вращательное Ø42 (f=4...6)	1,9 2,4	2,07 -
Давление на входе в ударный механизм, максимальное, МПа	24	20
Расход жидкости ударником, Дм ³ /с (л/мин), не более	1,5 (90)	1,3 (78)
Давление на входе в гидромотор вращателя, максимальное, МПа	17,5	15
Расход жидкости вращателем, Дм ³ /с (л/мин), не более	1,25 (75)	1,16 (70)
Усилие подачи на забой, максимальное, кН (кгс)	19,6 (2000)	16,8 (1720)
Скорость подачи на забой, максимальная, м/мин	3	2,7
Конструктивные размеры (габариты), мм: Высота оси бурения над постелью, не более (для взаимозаменяемости с аналогом СОР1238МЕ) Высота верха корпуса над осью бурения, не более Ширина от оси бурения до крайней правой точки трубопроводной арматуры, не более Ширина от оси бурения до крайней левой точки корпуса, не более Общая длина (без хвостовика), не более	147 85 180 125 1000	147 85 180 125 970
Масса (сухая), кг, не более	151	143

Результаты измерения шумовых характеристик бурголовки даны в табл.5.

Таблица 5. **Данные измерения шума бурголовки на испытательном стенде.**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Уровень звука, ДБА
Уровень звуковой мощности, ДБ	108	110	108	109	108	113	112	112	

Температурный режим бурголовки в течение продолжительного времени работы (1 час) измерялся на специально поставленном эксперименте, дополняющем методику Программы испытаний.

Осуществлялась обкатка бурголовки бурением в гранитный монолит буровой коронкой Ø105 мм при давлении на ударнике 12 МПа и усилии подачи 10 кН. При температуре окружающей среды в цеху, равной 16,5°С, температура рабочей жидкости в маслобаке в течение часа работы монотонно поднялась до 49,5°С. При этом температура корпуса ударника достиг-

ла 53°C. Таким образом, благоприятный температурный режим бурголовки обеспечен эффективной системой охлаждения посредством теплообменника и мощной системы водоподачи.

Главный параметр бурголовки – скорость бурения, определяющий ее технико-экономическую эффективность, равна 2,07 м/мин, т.е. достигает уровня лучших мировых образцов (например, СОР1238МЕ) даже при неполном энергопитании.

Измеренная шумовая характеристика бурголовки также соответствует лучшим мировым образцам, т.к. по уровню излучаемой звуковой мощности она несколько ниже, чем СОР1238МЕ, тем не менее, по шумовому фактору она требует применения индивидуальных средств защиты.

Таким образом, бурголовка соответствует требованиям технического задания к рабочей конструкторской документации по составу, конструкторскому устройству, а также по техническим показателям. Выявленные ее конструкторские недостатки устранены на стадии предварительных испытаний.

Выводы и предложения

1. Предварительные испытания бурголовки БУР1515 считать законченными.
2. Опытный образец БУР1515 соответствует требованиям технического задания.
3. Рекомендовать опытный образец бурголовки БУР1515 для передачи на приемочные испытания.
4. Исследовательские испытания бурголовки провести параллельно приемочным испытаниям на усовершенствованном испытательном стенде СИБ с расширенным диапазоном энергопитания и необходимым комплектом регистрирующей аппаратуры согласно Программе и методике этих испытаний.

Дальнейшие этапы разработки

Заводские полигонные испытания, а затем и приемочные испытания изделия БУР1515 ещё заранее было намечено провести на базе новых электрогидравлических бурильных установок УБШ234, УБШ1400, изготовитель которых (Новогорловский машзавод) сообщил об этом в своих проспектах на международных выставках Mining 2000 – Mining2004 (г. Донецк). Однако эти бурильные установки не были изготовлены.

Творческий коллектив, разыскивая выход из создавшейся ситуации, договорился с Запорожским железорудным комбинатом провести приемочные испытания БУР1515 на базе импортных УБШ. Для адаптации опытной бурголовки к иному энергообеспечению зарубежных УБШ необходимо было провести на поверхности шахты комплекс полигонных испытаний, т.е. подготовить изделие в целом, а также специалистов к работе в подземных условиях. Однако руководство НГМЗ не обеспечило выполнение этих работ в сроки, заранее намеченные комбинатом, и тем самым приемочные испытания БУР1515 в промышленных условиях оказались неудачными, т.е. были сорваны.

В это время техническое руководство шахты им. А.Ф. Засядько, наблюдавшее на стенде завода «ФЭД» эффективное бурение гранита изделием БУР1515, посоветовало своему подшефному заводу «БУРАН» (г. Донецк) провести испытания БУР1515 у себя (на заводском полигоне, а затем и в шахте) на базе серийной установки УБШ255. Завод «БУРАН» (г. Донецк) приобрел у завода «ФЭД» опытную бурголовку БУР1515 и в условиях недостаточной (для БУР1515) энерговооруженности установки УБШ255 достигло скорости бурения гранита ($f \approx 16$ ед) не более 0,7 м/мин, что не соответствовало более высоким возможностям нового изделия. Поэтому его шахтные испытания с ограниченным энергопитанием были нецелесообразны.

Тем не менее, накопленный опыт разработки, изучение работы импортных перфораторов в Украине, анализ патентной литературы лучших западных «скалобуров» (rock drills) помогли автору обоснованно выполнить очередную стадию разработки – корректировку РКД по результатам предварительных и внеплановых испытаний. Создана принципиально новая конструкция БУР1515МГ – («Гвидон») с перспективной, патентно-чистой системой динамической стабилизации работы бурголовки и бурового става. Об этом творческий коллектив своевре-

менно и с надеждой поддержки логичной модернизации сообщил руководству НГМЗ. Однако руководители этого завода, стремясь организовать производство опытного перфоратора вне завода «ФЭД», отказались поддержать ТК «Гидробур», сепаратно оформив заявочные документы на предлагаемое изобретение в виде первоначального варианта опытного БУР1515.

Поэтому судьба нашей усовершенствованной разработки зависит от возможностей и таланта будущего спонсора разработки, потенциального хозяина нового изделия БУР1515МГ.

Литература

1. Глущенко В. С. Об инновационном возрождении техники бурения крепких пород как целостной межотраслевой системы машин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2006.–с. 386–391.
2. Быков А. В., Глущенко В. С. Решить стратегическую межгосударственную проблему стран СНГ: эффективное бурение крепких пород при освоении недр и подземного пространства (Доклад на научной конференции Московского горного университета 18.01.07) // Вестник трудов МГГУ. –М: МГГУ, 2007. – с. 31–45.
3. Глущенко В. С., Донченко Ф. Г. и др. Создание и организация в Украине производства гидравлических бурильных головок (гидроперфораторов)// Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2006.–с.303–314.
4. Линенко-Мельников Ю. П., Алексеенко В. Ф., Глущенко В. С. Создание и применение в Украине буровой техники, заменяющей импортную продукцию//Инструментальний світ.–2003-№3(19).–с.24–29.
5. Головка бурильная гидравлическая БУР1515 (Экспонат и проспект Харьковского машиностроительного завода «ФЭД»).– Международные выставки горного оборудования “Mining-2004, “Mining-2006” (г.Донецк)
6. Глущенко В. С. Стенд для испытания гидроперфораторов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2006.–с.331–332.

Поступила 04.07.07