

ИСПЫТАНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ ПОГРУЖНЫХ ПНЕВМОУДАРНИКОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Владимир Владимирович Тимонин

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, тел. (383)205-30-30, доп. 199, e-mail: timonin@misd.ru

Сергей Евгеньевич Алексеев

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, старший научный сотрудник, тел. (383)205-30-30, доп. 205, e-mail: Alex@misd.ru

Даньяр Иванович Кокоулин

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)205-30-30, доп. 208, e-mail: konstruktor430@yandex.ru

Показаны технико-экономические преимущества использования погружных пневмоударников высокого давления, включающие повышение скорости бурения до 1000 мм/мин и увеличения срока службы до 5000 пог. метров скважин и выше. Приведены примеры зарубежных пневмоударников. Рассмотрены особенности конструкций пневмоударников высокого давления, заключающиеся в использование схем закрытого типа и беззолотниковой системы воздухораспределения. Представлена отечественная схема погружного пневмоударника, соответствующая предъявляемым требованиям, с ударником, не имеющим внутренних каналов, ослабляющих его сечения. Рассмотрены конструкции пневмоударников ПВ170 и ПВ130, выполненных по данной схеме, представлены их характеристики. Показаны условия испытаний опытных образцов пневмоударников в различных местах. Приведены некоторые результаты испытаний. Механическая скорость бурения пневмоударником ПВ130 по гранитам составила 600 мм/мин, что не уступает скорости бурения зарубежными аналогами.

Ключевые слова: погружной пневмоударник, буровой станок, бурение, скважина, энергоноситель, порода.

TESTS OF IMPORT SUBSTITUTING BURIED PNEUMOHAMMERS OF HIGH PRESSURE

Vladimir V. Timonin

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Deputy Director for Science, phone (383)205-30-30, extension 199, e-mail: timonin@misd.ru

Sergey E. Alekseev

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Senior Researcher, phone: (383)205-30-30, extension 205, e-mail: Alex@misd.ru

Daniar I. Kokoulin

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (383)205-30-30, extension 208, e-mail: konstruktor430@yandex.ru

In the paper, technical and economic advantages of using buried pneumohammers of high pressure including increasing of boring rate up to 1000mm/min and life time increasing up to 5000 buried meters and more are shown. Construction features of pneumohammers of high pressure concluding in using schemes of closed type and slide-valveless system of air distribution are considered. Native scheme of buried pneumohammer meeting all requirements with hammer without inner channels, weakening its cross-sections is represented. Constructions of pneumohammers PV170 and PV 130, created by this scheme, are considered; its parameters are represented. Conditions of pneumohammer prototypes tests at various areas are shown. Some test results are represented. Mechanical boring rate by pneumohammer PV 130 of granite is 600mm/min. It does not yield to foreign analogues.

Key words: buried pneumohammer, boring machine, boring, hole, energy carrier, rock.

Использование погружных пневмоударников имеет ряд достоинств в сравнении с работой других видов буровой техники, что позволило пневмоударному способу бурения надежно занять свои позиции в мире [1-3].

Анализ развития пневмоударного бурения за период более полувека, начиная с момента его возникновения, выявил тенденцию повышения давления используемого сжатого воздуха. Ведущие зарубежные фирмы достаточно давно перешли на применение энергоносителя повышенного давления, составляющее тогда 0,9 – 1,8 МПа [4,5]. В настоящее время конструкции пневмоударников повышенного давления и коронок продолжают совершенствоваться, продолжается дальнейшее наращивание рабочего давления [6]. Так пневмоударник компании Atlas Copco COP 64 для проходки скважин диаметром 156 – 178 мм работает на давлении 1,2 – 2,5 МПа.

Технико-экономическими преимуществами повышения давления являются: увеличение на порядок скорости бурения и ресурса погружных пневмоударников - скорость бурения с 90 – 150 мм/мин увеличивается до 800 – 1000 мм/мин. (при бурении по крепким гранитам), а ресурс с 300 – 500 пог. метров скважин до 5000 м и более; появляется возможность существенного увеличения глубины бурения; осуществляется снижение энергоемкости разрушения горных пород. В целом это позволяет уменьшить стоимость одного погонного метра скважин. Использование пневмоударных машин высокой производительности позволяет уверенно конкурировать с другими видами буровой техники [7]. Так возможности станков шарошечного бурения, связанные в основном с величиной осевого давления на инструмент, а, следовательно, и с массой станка, практически исчерпаны и не позволяют получить подобной производительности.

Применение высокого давления энергоносителя открывает широкий простор совершенствования конструкций погружных пневмоударников, дает возможность создания современных автоматизированных буровых станков, позволяет использовать большой набор сменного бурового инструмента для более полного соответствия технологии проведения работ.

С изменением давления используемого сжатого воздуха меняются и конструкции погружных пневмоударников. Изменяются система воздухораспределения, конструкции отдельных деталей, технология изготовления, марки приме-

няемых материалов. Образуется иной рабочий цикл. К конструктивным особенностям машин, работающих на высоком давлении сжатого воздуха можно отнести: их закрытый тип, т.е. без перфораций стенок корпуса, выхлоп всего отработанного воздуха на забой скважины, беззолотниковую систему воздухо-распределения.

Наибольшие сложности в использовании энергоносителя повышенного давления существуют в подземных условиях. Необходимы значительные затраты на обновление компрессорного хозяйства, на модернизацию разветвленной сети коммуникаций, на создание буровых станков нового поколения. Использование автономных и докачивающих компрессоров, являющихся самоходными агрегатами, не всегда возможно, поскольку их доставка к месту работы зависит от размеров подземных выработок, их качества и взаимного расположения и не всегда позволяет это сделать. Эти проблемы ждут своего разрешения.

В настоящее время использование энергоносителя повышенного давления более доступно на открытых работах. Питание пневмоударника здесь осуществляется от автономного источника, в качестве которого может быть использован компрессор высокого давления. Затраты на переоборудование буровой техники в данном случае относительно не велики. Однако для работы на повышенном давлении сжатого воздуха требуются специальные конструкции пневмоударников и коронок.

Отечественные буровые установки типа УРБ-2А2, используемые для бурения геологоразведочных, гидрогеологических скважин, а также скважин иного назначения могут снабжаться компрессорами высокого давления. Например, применяется компрессор СД 15/25, производительностью 15 м³/мин, создающий давление 2,5 МПа. При пневмоударном бурении этими станками используются импортные пневмоударники высокого давления и коронки.

Все большее распространение в России получают зарубежные буровые станки, работающие на высоком давлении сжатого воздуха. Компания Atlas Copco поставляет станки ROC L6, ROC L7, ROC L8, ROC L9, Mustang A-32 CNS в комплекте с погружными пневмоударниками COP 34, COP 54, COP 64 и системой ODEX, позволяющей выполнять бурение одновременно с обсадкой скважины обсадной трубой. Однако стоит отметить высокую стоимость импортных пневмоударников и коронок, имеющую тенденцию к дальнейшему увеличению. Актуальна разработка отечественных импортозамещающих конструкций.

В ИГД СО РАН разработана, представленная на рис. 1, принципиальная схема пневмоударника, в значительной степени соответствующая требованиям, предъявляемым к пневмоударникам повышенного давления [8-10]. Это схема закрытого беззолотникового пневмоударника с выхлопом всего отработанного воздуха на забой скважины, что позволяет предотвратить попадания внутрь пневмоударника абразивных частиц и обеспечить наилучшую очистку забоя скважины от буровой мелочи. Более полная очистка забоя позволяет избежать потери энергии на переизмельчение буровой мелочи.

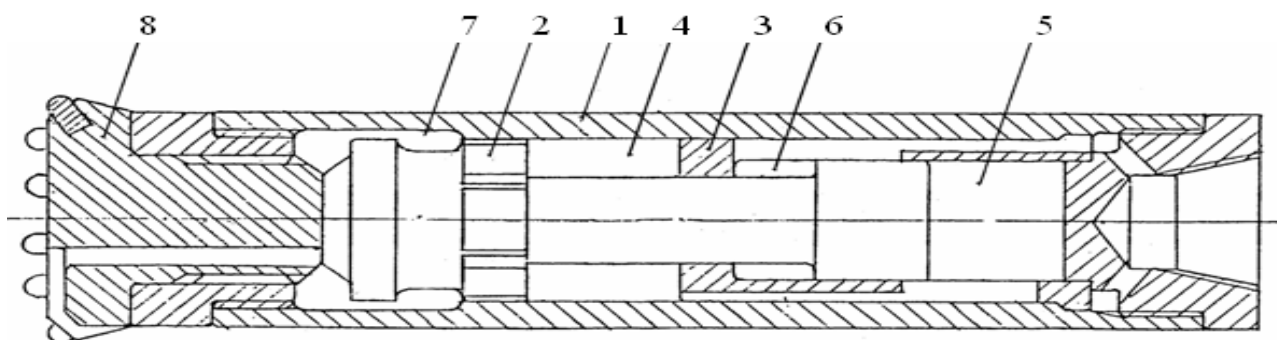


Рис. 1. Принципиальная схема погружного пневмоударника повышенного давления:

1 - корпус; 2 – ударник; 3 – воздухораспределительная гильза; 4 – кольцевая полость камеры рабочего хода; 5 – торцевая камера рабочего хода; 6 – камера холостого хода постоянного давления; 7 – расточка; 8 – буровая коронка

Во время работы в зависимости от положения ударника 2 происходит периодический впуск в камеру рабочего хода (камеры 4 и 5) через камеру холостого хода 6 и периодический выхлоп из нее через расточку 7 в корпусе 1 и далее через канал в буровой коронке 8 на забой скважины. Во время опорожнения камеры рабочего хода, сила, действующая на ударник 2 со стороны камеры холостого хода 6, становится преобладающей, за счет чего осуществляется холостой ход. Совершая возвратно-поступательное движение, ударник 2 в конце каждого рабочего цикла наносит удар по торцу буровой коронки 8.

Увеличение производительности пневмоударников повышенного давления происходит за счет увеличения ударной мощности. Увеличивается как энергия единичного удара, так и частота ударов. При увеличении энергии удара увеличиваются и напряжения в ударнике, поэтому важно, чтобы ударник имел достаточно простую форму с минимальным количеством перфораций. В предложенной схеме у ударника нет, каких либо внутренних каналов, что обеспечивает большую его надежность.

Другим важным требованием, предъявляемым к пневмоударникам повышенного давления, это требования высокой экономичности. При существенном увеличении ударной мощности значительно увеличивается и расход воздуха. Использование компрессоров большой производительности увеличивает затраты на производство работ. Поэтому важным является удельный показатель – отношение расхода воздуха к ударной мощности. Для пневмоударников, работающих на давлении 0,5 – 0,7 МПа он составляет 1,7 – 2,4 м³/мин·кВт. Необходимо добиваться уменьшения величины этого показателя. У современных зарубежных конструкций он приближается к единице.

В предложенной схеме выхлоп осуществляется только из камеры рабочего хода, из камеры холостого хода выхлопа нет. При этом уменьшается количество «паразитных» объемов, на заполнение которых не производительно расходуется сжатый воздух. Снижение их объема позволяет уменьшить расход воз-

духа и дает возможность создавать достаточно экономичные машины. Сжатый воздух повышенного давления позволяет в большей степени использовать его расширение за период рабочего цикла, что так же увеличивает экономичность машины. Повышается качество очистки забоя скважины [11].

Существует возможность значительного упрощения корпуса буровой коронки. Поскольку полость между ударником и коронкой является полостью атмосферного давления, то она не требует герметизации. Это позволяет на корпусе буровой коронки иметь минимальное количество посадочных поверхностей, снижает требования к их точности и качеству, что позволяет снизить затраты на производство бурового инструмента.

В настоящее время по данной схеме разработаны конструкции погружных пневмоударников ПВ170М (рис. 2) и ПВ130 (рис. 3) на диаметры скважин 156–170 мм и 134–152 мм. Рабочим давлением сжатого воздуха является 1,2–2,0 МПа. Изготовление ударников к этим машинам осуществлялось по технологии кафедры материаловедения в машиностроении НГТУ (г. Новосибирск) [12-14]. Пневмоударники предназначены для бурения скважин различного назначения в породах средней и высокой крепости с возможностью их использования на отечественных станках типа УРБ-2А2 и на зарубежных ROC L6, ROC L8. Были определены технические характеристики пневмоударников [15, 16], приведенные в таблице. Опытные образцы пневмоударников отправлены на испытания на производство.

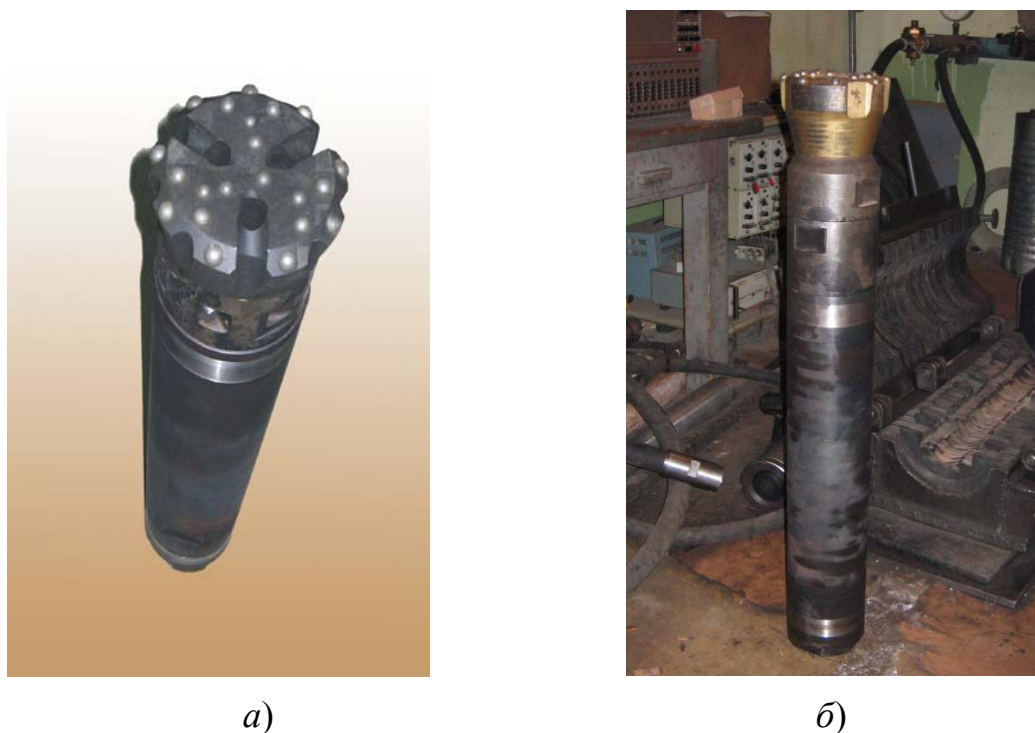


Рис. 2. Погружной пневмоударник ПВ170М
а) с коронкой КНШ155; б) с коронкой SPEED Ø165 мм



Рис. 3. Погружной пневмоударник ПВ130

Параметры погружных пневмоударников ПВ170 и ПВ130

Параметры	ПВ170М	ПВ130
Диаметры буримых скважин, мм	156 - 190	134 - 152
Диаметр корпуса, мм	142	120
Длина без коронки, мм	910	1110
Масса без коронки, кг	75	65
Рабочее давление, МПа	1,0 – 2,0	1,0 - 2,0
Энергия удара (при 2,0 МПа), Дж	900	700
Частота ударов (при 2,0 МПа), с ⁻¹	24	26
Ударная мощность (при 2,0 МПа), кВт	21,6	19,6
Расход воздуха (при 2,0 МПа),	27	24

Опытный образец пневмоударника ПВ170М был передан на испытания в производственных условиях ООО «Сибирская горная компания».

На карьере «Борок» г. Новосибирск бурились взрывные скважины диаметром 170 мм глубиной 12 м по гранитам крепостью $f = 12 \dots 14$ по шкале Протодяконова. Скважины значительно обводнены. Работа осуществлялась на импортном буровом станке повышенного давления SWDB165. Станок оборудован компрессором производительностью 21,2 м³/мин на давление 1,38 МПа.

На Коенском карьере Тогучинского р-на работа осуществлялась на этом же станке. Бурились взрывные скважины диаметром 170 мм глубиной 13 м по диабазам крепостью $f = 14 \dots 16$ по шкале проф. М.М. Протодяконова.

На карьере «Борок» было пробурено 2 скважины. Пневмоударник имел хороший запуск и устойчивую работу. Имел надежную блокировку. В режиме блокировки в скважину подавалось достаточное количество воздуха для хорошей ее очистки. Механическая скорость бурения в этих условиях составила 350 мм/мин. После проходки двух скважин коронка имела значительный износ периферийных штырей. Нарботка на коронку составила 24 м. скважин.

На Коенском карьере было пробурено 17 скважин глубиной 13 м. Пневмоударник показал также хорошую работоспособность. При работе давление на компрессоре не превышало 1,2 МПа, что связано с расходной характеристикой пневмоударника. Механическая скорость бурения составила 320 мм/мин. Было

израсходовано 2 буровых коронки. Выход из строя коронок происходил по причине износа периферийных штырей. Нарботка на коронку в этих условиях составила 110,5 м скважин.

Пневмоударник ПВ170М передан ООО «Горно-техническая компания «Сибирь» для эксплуатации на шведских буровых станках СМ760В с давлением 1,6 МПа и ROC L8 с давлением 2,4 МПа для бурения на добычном карьере Искитимского карьероуправления пос. Ложки Новосибирской обл. по мраморизированным известнякам крепостью $f = 11 - 13$ по шкале Протодьконова (рис. 4).



а)

б)

Рис. 4. Испытания пневмоударника ПВ170М на станке СМ760D (а) и на станке Roc L8 (б)

В ходе работ пробурено 22 скважины диаметром 170 мм глубиной 16,5 м. Скорость бурения составила 400 мм/мин.

Всего за время испытаний на карьерах пневмоударником ПВ170М пробурено более 600 пог. м скважин с сохранением работоспособности.

В дальнейшем пневмоударник был передан ОАО «Восток» с адаптером под керноприемник для бурение геологоразведочных скважин. Работа велась на станках СБУ-2РТ на давлении сжатого воздуха 1,0 МПа. Бурение осуществлялось на рассыпное золото по различным породам, включающим галечник, валуны. Глубина скважин - 5 – 20 м.

По заказу предприятия была изготовлена партия пневмоударников в количестве 8 шт, которые переданы в эксплуатацию в районе оз. Шира (Хакасия).

В 2018 г. проводились испытания пневмоударника ПВ130. Работа осуществлялась на шведском буровом станке Roc L8, давление сжатого воздуха составляло 2,1 МПа. На карьере «Скала» НСО проведено пробное бурение, показавшее работоспособность пневмоударника, на карьере «Борок» г. Новосибирска набурено 300 пог.м. скважин, в Алтайском крае набурено 570 м. Ско-

рость бурения по граниту составила 600 мм/мин, что не уступает скорости бурения зарубежных аналогов в этих же условиях.

Испытания показали конкурентоспособность погружных пневмоударников ПВ170М и ПВ130, которые могут успешно эксплуатироваться как на отечественных станках, так и на зарубежных станках высокого давления.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ № гос. регистрации АААА-А17-117122090003-2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов К. И., Глазунов В. Н., Надион М. Ф. Современные методы бурения крепких пород. Москва. Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. 1963.- 324 с.
2. Губенков Е.К. Бурение в вечной мерзлоте // Информ. науч. – техн. сб. «Метрострой». М., 1979. № 7.
3. Медведев И. Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. – М. : Недра, 1968. – 221 с.
4. Hungerford F., Ren T., Aziz N. Evolution and application of in-seam drilling for gas drainage // International Journal of Mining Science and Technology. – 2013. – Vol. 23. – pp. 543-553.
5. Репин А.А., Алексеев С.Е. Создание пневмоударников для работы на повышенном давлении энергоносителя // Фундаментальные проблемы формирования техногенной среды. Т. III. Машиноведение. – Новосибирск: ИГД СО РАН. 2010. – С. 79–85.
6. Репин А.А., Смоляницкий Б.Н., Алексеев С.Е., Попелюх А.И., Тимонин В.В., Карпов В.Н.. Погружные пневмоударники высокого давления для открытых горных работ. //ФТПРПИ. – 2014. – № 5. – С. 157–167.
7. В.А. Еременко, В.Н. Карпов, В.В. Тимонин, Н.Г. Барнов, И.О. Шахторин. Основные направления развития бурового оборудования для системы разработки с этажным принудительным обрушением руды – ФТПРПИ. - № 6. – 2015.
8. Пат. 2090730 РФ: МПК7 E21B 4/14, E21C 3/24 Погружной пневматический ударный механизм / С. Е. Алексеев; ИГД СО РАН. - № 95107596/03; заяв.11.05.95; опубл. 20.09.97 в Бюл. № 26.
9. Пат. 2343266 РФ: МПК7 E21B 4/14 Погружной пневмоударник / А. А. Репин, С. Е. Алексеев, Г. А. Пятнин; ИГД СО РАН. - № 2007124972/03; заявл. 02.07.2007; опубл. 10.01.2009 в Бюл. № 1.
10. Полезн. модель 121854 РФ. Погружной пневмоударник. / А.А. Репин, С.Е. Алексеев, В.Н. Карпов; ИГД СО РАН. - № 2012118740/03; заяв. 04.05.2012; опубл. 10.11.2012 Бюл. № 31.
11. Алексеев С. Е., Кокоулин Д. И. Повышение качества очистки забоя скважины при использовании погружных пневмоударников // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 5. – С. 3–8.
12. Репин А. А., Алексеев С. Е., Попелюх А. И. Методы повышения надежности деталей ударных машин. – ФТПРПИ. – № 4. – 2012. – С. 94–101.
13. Попелюх П. А., Никулина А. А., Попелюх А. И. Влияние внешней среды на показатели надежности деталей горных машин, работающих в условиях динамического сжатия. Научный вестник НГТУ. – 1013. – № 4(53). – С. 214–229.

14. Попелюх П. А., Попелюх А. И., Юркевич М. Р. Комбинированная термомеханическая обработка стали с мартенсито-бейнитным превращением аустенита. Обработка металлов. – № 2. – 2013.

15. Есин Н. Н. Методика исследования и доводки пневматических молотков. Новосибирск. Редакционно-издательский отдел Сибирского отделения АН СССР. 1965. – 46 с.

16. Суднишников Б. В., Есин Н. Н. Элементы динамики машин ударного действия. Новосибирск. Редакционно-издательский отдел Сибирского отделения АН СССР. 1965. – 84 с.

© В. В. Тимонин, С. Е. Алексеев, Д. И. Кокоулин, 2019