



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПОГРУЖНОГО ПНЕВМОУДАРНИКА**

**С. Е. Алексеев, Б. Кубанычбек, Е. М. Черниенков**

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

Представлена схема погружного пневмоударника и рассмотрен вопрос надежности машины с трехступенчатым ударником, выполненным по данной схеме. Показаны особенности системы очистки забоя таких машин. Определены возможности использования эластичного клапана, располагаемого на большей ступени ударника. Приведены результаты промышленных испытаний погружных пневмоударников,

*Погружной пневмоударник, бурение, скважина, мощность, энергоноситель, система воздухораспределения, упругий клапан*

**IMPROVEMENT OF AIR DISTRIBUTION SYSTEM IN DTH AIR HAMMER**

**S. E. Alekseev, B. Kubanychbek, and E. M. Chernienkov**

*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
E-mail: Alex@misd.ru, Krasnyi pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia*

A scheme of a DTH air hammer is presented and the issue of reliability of a device with a three-stage hammer made according to this scheme is considered. The features of the bottom hole cleaning system of such devices are shown. The possibilities of using an elastic ring valve located at a larger stage of the hammer have been determined. The results of field tests of DTH hammers are presented.

*DTH air hammer, drilling, well, capacity, energy carrier, air distribution, elastic valve*

Опыт использования погружных пневмоударников в течение длительного периода показывает значительный рост их производительности и ресурса. Так, скорость бурения по крепким породам увеличилась до 800 мм/мин и более, а стойкость — до 8000 п. м и более. За рубежом это стало возможным за счет значительного повышения мощности пневмоударников путем применения энергоносителя высокого давления (2.0–2.5 МПа). В России развитие пневмоударников происходило в основном путем совершенствования конструкций. В настоящее время на открытых горных работах достаточно много буровых станков высокого давления, актуальна задача создания отечественных конструкций для работы на повышенном давлении. Все больше пневмоударники используются в геологоразведке и в снарядах для бурения с одновременной обсадкой. При создании конструкций необходимо учитывать специфику горного производства и изготовления этих машин. Изучение современных зарубежных конструкций погружных пневмоударников показывает, что они относятся к беззолотниковому типу с выхлопом всего отработанного воздуха на забой скважины без перфораций стенок корпуса и имеют высокую производительность и ресурс. В качестве энергоносителя используется сжатый воздух высокого давления, что определяет высокую мощность пневмоударников, складывающуюся в основном из высокого значения энергии удара. Конструкции машин опираются на применение высококачественных материалов и прогрессивной технологии изготовления.

В ИГД СО РАН разработана принципиальная схема погружного пневмоударника, соответствующая современным требованиям (рис. 1) [1–3]. Она позволяет наиболее полно использовать площадь поперечного сечения полости цилиндра, что дает возможность повышения энергетических параметров машины.

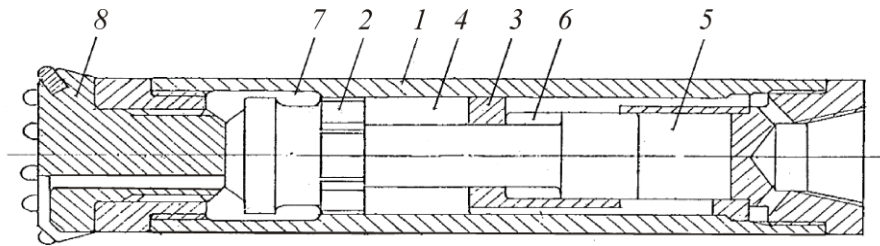


Рис. 1. Принципиальная схема погружного пневмоударника: 1 — корпус; 2 — ударник; 3 — воздушораспределительная гильза; 4 — кольцевая полость камеры рабочего хода; 5 — торцевая камера рабочего хода; 6 — камера холостого хода постоянного давления; 7 — расточка; 8 — буровая коронка

Преимущество данной схемы заключается в том, что ударник не имеет внутренних каналов, что повышает его прочность, позволяет создавать машины малого диаметра и использовать при работе на повышенном давлении энергоносителя. В схеме полость между ударником и коронкой является полостью атмосферного давления и не требует герметизации, что допускает в конструкции корпуса буровой коронки ограничиться минимальным количеством посадочных поверхностей, снижаются требования к точности и чистоте посадочных поверхностей, а следовательно затраты на производство бурового инструмента. Есть возможность проектирования буксы-адаптеры к буровым коронкам различного типа. Это позволяет использовать как специальные, так и серийные буровые коронки разной конструкции, что расширяет диапазон применения пневмоударников данной схемы.

В конструкции машины, выполненной по данной схеме, ударник имеет три ступени с посадочными поверхностями (рис. 2) [4]. Для обеспечения надежности работы свободного перемещения ударника без риска образований “задилов” посадочных поверхностей в конструкцию введена втулка с уплотнительным кольцом, имеющая некоторую свободу перемещения в радиальном направлении.

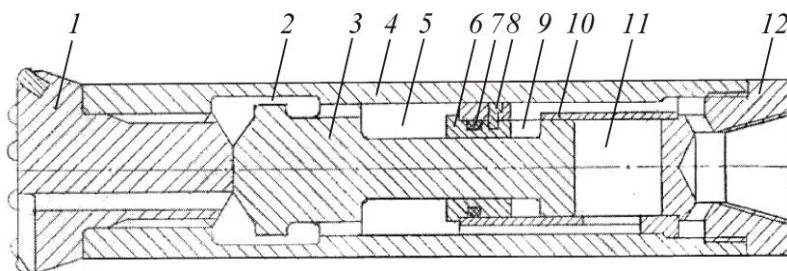


Рис. 2. Схема погружного пневмоударника П165: 1 — буровая коронка; 2 — расточка; 3 — ударник; 4 — корпус; 5 — кольцевая полость камеры рабочего хода; 6 — разрезная втулка; 7 — уплотнительное кольцо; 8 — стопор; 9 — камера холостого хода постоянного давления; 10 — воздушораспределительная гильза; 11 — торцевая полость камеры рабочего хода; 12 — переходник

Сжатый воздух через каналы в переходнике 12 и воздушораспределительной гильзе 10 поступает в камеру холостого хода постоянного давления 9. От положения ударника 3 зависит периодический впуск в полости камеры рабочего хода (полости 5 и 11) через камеру холостого хода 9 и периодический выхлоп из них через расточку 2 в корпусе 4 и далее через канал в буровой коронке 1 на забой скважины. При опорожнении камеры рабочего хода, сила, действующая на ударник 3 со стороны камеры холостого хода 9, становится преобладающей, за счет чего осуществляется холостой ход. При возвратно-поступательном движении ударник 3 в

конце каждого рабочего цикла наносит удар по торцу буровой коронки 1. Втулка 6 охватывает среднюю меньшую ступень ударника 3 по достаточно плотной, но подвижной посадке Н8/е7. Контакт втулки 6 с поверхностью воздухораспределительной гильзы 10 осуществляется по посадке Н9/с8 с гораздо большим зазором, обеспечивающим возможность некоторого перемещения разрезной втулки 6 в радиальном направлении при движении ударника 3. Перетеканию сжатого воздуха из камеры холостого хода 9 в полость 5 препятствует уплотнительное кольцо 7. Стопор 8 предотвращает от выдавливания втулки 6 в полость 5. Устройство обеспечивает надежную работу пневмоударника.

Важным элементом технологии бурения является очистка забоя скважины от буровой мелочи и вынос ее из скважины. Без очистки забоя процесс бурения невозможен, а от качества очистки непосредственно зависит скорость бурения. При неполной очистке забоя скважины происходит переизмельчение частиц породы, на что непроизводительно расходуется значительное количество энергии. В качестве очистного агента используется сжатый воздух или промысловая жидкость, подаваемые к забою скважины [5, 6].

В подавляющем большинстве существующих конструкций погружных пневмоударников для совершения перемещения ударника применяются управляемые камеры холостого и рабочего ходов, из которых попеременно осуществляют выхлоп отработанного воздуха на забой скважины. Для очистки забоя наиболее эффективен выхлоп из камеры рабочего хода в конце одного и в начале следующего рабочего цикла. Выхлоп из камеры холостого хода в середине цикла, менее полезен для очистки забоя. В предложенной схеме весь выхлоп воздуха сосредоточен в наиболее полезный для очистки период, непосредственно до и после нанесения удара по инструменту [7].

Повышение рабочего давления — важная, но не единственная возможность совершенствования погружных пневмоударников. Разработку системы воздухораспределения следует вести в направлении максимально допустимого упрощения формы наиболее ответственных ударных деталей, что является конструктивной основой повышения долговечности этих деталей при отечественном производстве. Ставится задача дальнейшего повышения мощности пневмоударников и расширения диапазона диаметров бурения.

Проводилась работа по созданию вспомогательных клапанных систем. Их особенность заключается в том, что они могут устанавливаться на погружные пневмоударники с беззолотниковой системой воздухораспределения, достаточными для надежной и эффективной работы. Вспомогательная клапанная система позволяет форсировать энергетические параметры. Это нужно для повышения конкурентоспособности машин, расширения области использования. Вспомогательная клапанная система не должна нарушать базовую конструкцию и должна быть предельно простой. Она должна сохранять преимущества беззолотниковых машин, такие как хороший запуск, относительно малая чувствительность к сечениям подводящей магистрали. В качестве базовых конструкций выбраны пневмоударники с данной принципиальной схемой.

Представляет интерес применение упругих клапанов в качестве разрядных для создания рабочего цикла с увеличенным ходом ударника, обеспечивающим увеличение энергии единичного удара и площади опасных сечений ударника.

Предлагаемые конструкции пневмоударников имеют между инструментом и ударником полость атмосферного давления, что позволяет установить разрядный клапан непосредственно на ударнике. Такой клапан установлен на ударнике пневмоударника П110ГМУ (рис. 3) [8].

Эластичное кольцо 5, расположенное в кольцевой канавке на головке ударника 4 с зазором с продольной ее поверхностью большего диаметра, исполняет роль разрядного клапана. При движении ударника 5 на холостом ходу, воздух, сжимаемый в торцевой и кольцевой камерах рабочего хода после отсечки выхлопа, а также воздух перетечки, поступающий в эти камеры через зазоры подвижных посадок ударника, имеет свойства выходить через указанный зазор,

каналы с торца ударника и далее в атмосферу. Поскольку площади ударника со стороны торцевой и кольцевой камер рабочего хода в несколько раз больше площади ударника со стороны кольцевой камеры холостого хода, то сжатый воздух в торцевой и кольцевой камерах рабочего хода существенно тормозит движение ударника на холостом ходу и ограничивает величину его хода. Выпуск воздуха из торцевой и кольцевой камер рабочего хода после отсечки выхлопа через эластичное кольцо 5 позволяет существенно снизить противодавление и, как следствие, уменьшить сопротивление движению ударника, при этом ход ударника на холостом ходу увеличивается. В период рабочего хода ударник 4 находится под давлением сжатого воздуха со стороны торцевой и кольцевой камер рабочего хода на большей величине хода, что увеличивает энергию единичного удара и ударную мощность в целом.

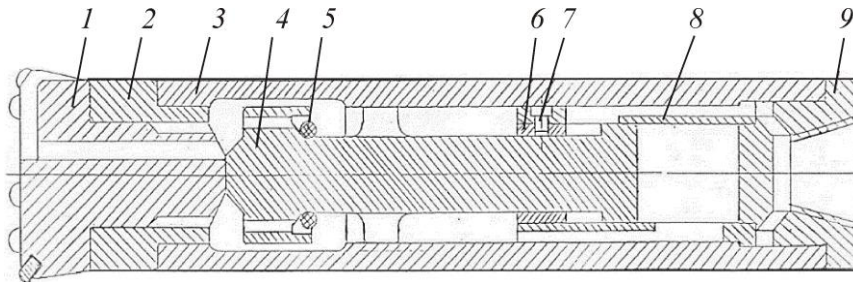


Рис. 3. Схема погружного пневмоударника П110ГМ с эластичным клапаном на ударнике: 1 — буровая коронка; 2 — букса; 3 — корпус; 4 — ударник; 5 — эластичный клапан; 6 — полукольца; 7 — стопор; 8 — гильза; 9 — переходник

Конфигурация канавки, наличие продольной поверхности большего диаметра, позволяет осуществить периодический выпуск воздуха из камер рабочего хода с использованием только двух деталей — ударника и эластичного кольца, без участия других элементов конструкции, что делает эту систему автономной. Влияние клапана на работу пневмоударника выявлено при съемке и обработке диаграмм давлений в камерах (рис. 4) [9].

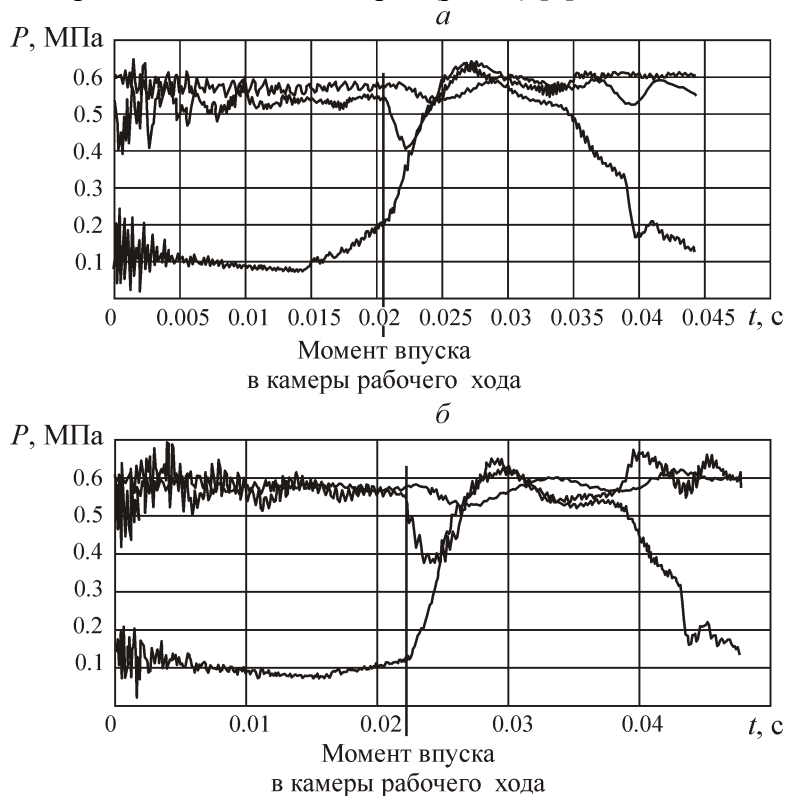


Рис. 4. Диаграммы давлений в рабочих камерах пневмоударника П110ГМУ: а — без клапана; б — с эластичным клапаном на ударнике

На диаграммах видно, что у варианта с клапаном давление в камере рабочего хода перед началом впуска сжатого воздуха на 0.1 МПа меньше, чем без клапана. Это уменьшило сопротивление движению ударнику при совершении им холостого хода, позволило увеличить ход с 82 до 92 мм и энергию удара на 20 %. По рассматриваемой схеме разработаны конструкции погружных пневмударников различного диаметра с широким диапазоном давления сжатого воздуха — ПВ170М и ПВ130 на диаметры скважин 156–170 и 134–152 мм. Рабочее давление сжатого воздуха 1.2–2.0 МПа. Изготовление ударников к этим машинам осуществлялось в Новосибирском государственном техническом университете. Пневмударники предназначались для бурения скважин в породах средней и высокой крепости с возможностью их использования на отечественных станках типа УРБ-2А2 и зарубежных ROC L6, ROC L8. Опытные образцы пневмударников отправлены на испытания на производство.

Образец пневмударника ПВ170М передан на испытания в производственных условиях ООО “Сибирская горная компания”, где на карьерах пневмударником ПВ170М пробурено более 600 пог. м скважин с сохранением работоспособности, скорость бурения составила 400 мм/мин. В дальнейшем пневмударник был передан ОАО “Восток” с адаптером под керноприемник для бурения 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 изготовлена партия пневмударников в количестве 8 шт., которые переданы в эксплуатацию в Хакасию (район оз. Шира).

Проводились испытания пневмударника ПВ130 на шведском буровом станке Roc L8 при давлении сжатого воздуха 2.1 МПа. За время испытаний набурено 870 пог. м скважин. Скорость бурения по граниту составила 600 мм/мин, что не уступает скорости бурения зарубежных аналогов в тех же условиях. Испытания показали конкурентоспособность погружных пневмударников ПВ170М и ПВ130, которые могут успешно эксплуатироваться как на отечественных станках, так и на зарубежных станках высокого давления [10]. Для нужд геологоразведки предприятие “Спецгидравлика” по заказу ОАО “Восток” изготовило два пневмударника П165.

На угольных шахтах для эффективной работы комплексно-механизированных забоев необходимо снижение концентрации метана в поземной атмосфере. Это обеспечивается методом предварительной дегазации и интенсивным проветриванием как горных выработок, так и выработанного пространства [11]. Наиболее результативным методом предварительной дегазации является метод обуривания подготовляемого очистного блока сеткой подземных дегазационных скважин из оконтуривающих выработок, при котором необходима проходка весьма протяженных скважин. Для этой цели по данной схеме создан малогабаритный погружной пневмударник АШ43.

Погружные пневмударники малого диаметра используются для решения проблем прямой проходки скважин [8, 9]. По данной схеме перспективна разработка погружных пневмударников большого диаметра для бурения скважин с железнодорожной платформы под опоры контактной сети электрофицируемых железных дорог в криолитозонах [10–12].

## **ВЫВОДЫ**

Рассматриваемая принципиальная схема погружного пневмударника позволяет разрабатывать эффективные конструкции машин различного диаметра на широкий диапазон рабочего давления и различного назначения. Испытания погружных пневмударников, выполненных по данной схеме, подтвердили их высокую производительность и надежность. Схема может служить основой для модернизации системы воздухораспределения с созданием вспомогательных клапанных систем и использованием эластичных клапанов

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Pat.** 2090730 RF. Down-the-hole pneumatic percussion mechanism, S. E. Alekseev, *Vyull. Izobret.*, 1997, no. 26. [**Пат.** 2090730 РФ. Погружной пневматический ударный механизм / С. Е. Алексеев // *Опубл. в БИ.* — 1997 — № 26.]
2. **Sudnishnikov V. V., Esin N. N., and Tupitsyn K. K.** Analysis and Design of Pneumatic Percussive Machines, Novosibirsk, Nauka, 1985, 135 pp. (in Russian) [**Суднишников Б. В., Есин Н. Н., Тупицын К. К. Исследование и конструирование пневматических машин ударного действия.** — Новосибирск.: Наука, 1985. — 135 с.]
3. **Belyaev N. A.** Pneumatic Reamers, Novosibirsk, IGD SO AN SSSR, 1987. (in Russian) [**Беляев Н. А. Пневмоударные расширители скважин.** — Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1987. — 133 с.]
4. **Petreev A. M. and Primychkin A. Yu.** Ring-type elastic valve operation in air hammer drive, *Journal of Mining Science*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 135–145. (in Russian) [**Петреев А. М., Примычкин А. Ю. Работа кольцевого упругого клапана в пневмоударном приводе // ФТПРПИ.** — 2016. — № 1. — С. 132–143.]
5. **Chervov V. V. and Chervov A. V.** Temperature of compressed air and exhaust in air hammer with elastic ring valve, *Fundamental and Applied Mining Science*, 2014, no. 2, pp. 192–198. (in Russian) [**Червов В. В., Червов А. В. Температура сжатого воздуха и выхлопа в пневмомолоте с упругим кольцевым клапаном // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук.** — 2014. — № 2. — С. 192–198.]
6. **Pat.** 2689463 RF. DTH air hammer, V. V. Timonin, S. E. Alekseev, D. I. Kokoulin, E. M. Chernienkov, and N. N. Zabolotskaya, *Vyull. Izobret.*, 2019, no. 16. [**Пат.** 2689463 РФ. Погружной пневмоударник / В. В. Тимонин, С. Е. Алексеев, Д. И. Кокоулин, Е. М. Черниенков, Н. Н. Заболоцкая // *Опубл. в БИ.* — 2019. — № 16.]
7. **Esin N. N.** Procedure for Analysis and Engineering Development of Air-Driven Hammers, Novosibirsk, Publishing house, SO AN SSSR, 1965. (in Russian) [**Есин Н. Н. Методика исследования и доводки пневматических молотков.** — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1965. — 48 с.]
8. **Hungerford F., Ren T., and Aziz N.** Evolution and application of in-seam drilling for gas drainage, *Journal of Mining Science and Technology*, 2013, vol. 23, pp. 543–553.
9. **Kondratenko A. S., Timonin V. V., and Patutin A. V.** Prospects for directional drilling in hard rocks, *Journal of Mining Science*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 129–134. (in Russian) [**Кондратенко А. С., Тимонин В. В., Патутин А. В. Перспективы направленного бурения прочных горных пород // ФТПРПИ.** — 2016. — № 1. — С. 124–131.]
10. **Karpov V. N. and Vorontsov D. S.** Problems of specialization of railway lines in the conditions of Siberia and the Far East, Scientific problems of the implementation of transport projects in Siberia and the Far East, Political transport systems, Materials of the VIII International Scientific and Technical Conference in the framework of the Year of Science Russia, Novosibirsk, Siberian State Transport University, 2015, pp. 56–62. [**Карпов В. Н., Воронцов Д. С. Проблемы специализации железнодорожных магистралей в условиях Сибири и Дальнего Востока // Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке. Политранспортные системы: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. в рамках года науки Россия.** — Новосибирск: СГУПС, 2015. — С. 56–62.]
11. **Timofeev N. G. and Skryabin R. M.** Large borehole drill rig, *Polzunovsky Almanac*, 2011, no. 4/2, pp. 84–86. [**Тимофеев Н. Г., Скрыбин Р. М. Буровой снаряд для бурения скважин большого диаметра // Ползуновский альманах.** — 2011. — № 4/2. — С. 84–86.]
12. **Harlamov Yu. P.** State and perspectives for the construction of pile foundations in the development of oil and gas fields in South Yakutia, *Fundamental Problems of the Formation of the Technogenic Geoenvironment*, Conference proceedings, Novosibirsk, IGD SO RAN, 2009, vol. 2, pp. 58–61. [**Харламов Ю. П. Состояние и перспективы сооружения свайных фундаментов при обустройстве нефтегазовых месторождений в Южной Якутии // Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: труды конф.** — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2009. — Т. 2. — С. 58–61.]