

*Ю. П. Харламов<sup>1</sup>*

## **Создание кольцевых пневмоударников для работы на высоком давлении энергоносителя**

<sup>1</sup>Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: harlamov.igd@mail.ru

**Аннотация.** Приведены отличительные особенности способа бурения с обратной циркуляцией очистного агента и его преимущества. Рассмотрены конструктивные особенности созданных в ИГД СО РАН погружных пневмоударников, работающих на высоком давлении энергоносителя. Предложена методика создания на основе описанных конструкций кольцевых пневмоударников.

**Ключевые слова:** погружной пневмоударник, двойная буровая колонна, высокое давление энергоносителя, теория подобия и моделирования

*Yu. P. Kharlamov<sup>1</sup>*

## **Creation of annular pneumatic hammers for operation at high pressure of an energy carrier**

<sup>1</sup>Chinakal Institute of Mining Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: harlamov.igd@mail.ru

**Abstract.** The distinctive features of drilling with reverse circulation of the purifier and its advantages are given. The design features of down-the-hole hammers created at the Institute of Mining, SB RAS that operate at a high pressure of an energy carrier are considered. A technique for creating annular pneumatic hammers based on the described designs is proposed.

**Keywords:** Down-the-hole hammer, double-pipe drill string, high pressure of an energy carrier, theory of similarity and modeling

### ***Введение***

Основное отличие кольцевых пневмоударников заключается в том, что они имеют сквозной осевой канал, по которому отработанный воздух выносит на поверхность разрушенную при бурении породу. Буровая колонна также состоит из двух концентрически расположенных труб. Пространство между внутренней и наружной трубой используется для подачи сжатого воздуха, а полость внутренней трубы – для транспортирования продукта бурения. Реализуется так называемая «обратная схема продувки» (рис. 1).

Как уже отмечалось, для бурения применяются двойные бурильные трубы. Агентом по подъему разбуренной породы является сжатый воздух, который подается на забой скважины по межтрубному пространству двойной бурильной трубы. Разбуренная порода – проба вместе с потоком воздуха поступает во внутреннюю трубу двойной бурильной трубы и транспортируется на поверхность.

Проходя через циклон, после чего в результате сброса скорости потока воздуха проба собирается в пробосборник [1].

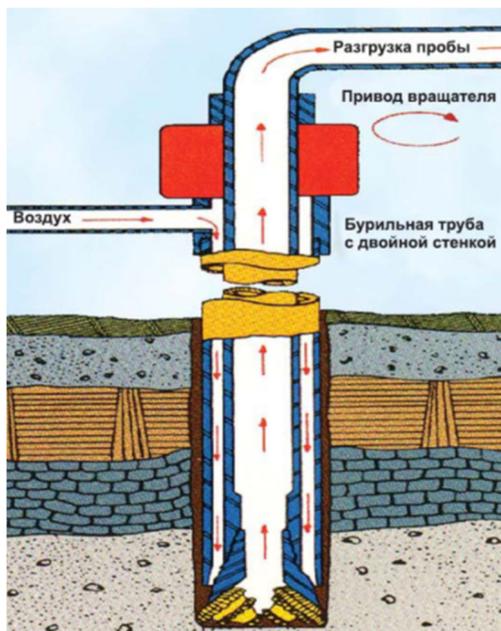


Рис. 1. Технологическая схема бурения с обратной циркуляцией очистного агента



Рис. 2. Двойные буровые трубы шведской компании Atlas Copco

### ***Области применения и достигаемый положительный эффект от использования обратной схемы продувки***

1. При бурении горизонтальных и наклонных скважин существенно улучшается транспортирование продукта бурения. Процесс транспортирования по вращающемуся трубопроводу имеет иную физическую природу по сравнению с классическими пневмотранспортными системами. За счет этого уменьшается расход воздуха, увеличивается дальность транспортирования, в целом повышается надежность работы. Вариант применения – бурение горизонтальных и наклонных дегазационных скважин из выработок в подземных и наземных условиях на значительную длину (более 100 метров) (рис. 3).

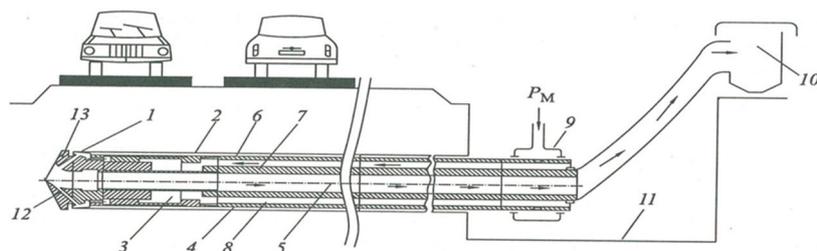


Рис. 3. Технологическая схема бурения горизонтальной скважины кольцевым пневмоударником с двойной буровой колонной

1 – грунт; 2 – скважина; 3 – пневмоударник; 4 – двойная буровая колонна; 5 – сквозной осевой канал; 6 – наружная труба двойной буровой колонны; 7 – внутренняя труба двойной буровой колонны; 8 – межтрубное пространство для подачи энергоносителя; 9 – подвижный вращатель; 10 – разгрузочный циклон; 11 – прямик; 12 – продувочные каналы для выхлопа воздуха; 13 – породоразрушающий инструмент;  $P_M$  – давление в магистрали [2].

2. При бурении скважин большого диаметра (более 200 мм и, к примеру, до 500 мм) устраняется проблема снижения эффективности транспортирования продукта бурения из-за нехватки скорости воздушного потока, обусловленной слишком большой площадью сечения затрубного пространства (между буровой колонной и стенками скважины). Вариант применения – бурение дегазационных скважин с поверхности на большую глубину (до 400-600 метров) с телескопической обсадкой. Бурение скважин большого диаметра (более 300- 500 мм) различного технологического назначения.

3. При бурении скважин в мерзлых и неустойчивых породных массивах устраняется проблема растепления стенок и обрушения скважины за счет отсутствия циркуляции воздуха по затрубному пространству. Область возможного применения – бурение скважин различного назначения в зонах многолетней мерзлоты. При бурении разведочных скважин повышается достоверность получаемой геологической информации, так как в прямом гладком шламопроводе продукт бурения транспортируется без задержек и зависаний. Это подтверждено при бурении разведочных скважин на россыпных месторождениях золота в Северо-Восточном районе страны [3, 4].



Рис. 3. Замена технологического переходника на установке УБВ-318 в г. Кемерово

## Уровень развития кольцевых пневмоударников

Оценивая степень оригинальности предложенных технических решений и возможность их адаптации к существующему технологическому оборудованию можно сказать следующее. Оригинальными являются сами кольцевые пневмоударники, двойная буровая колонна и герметизатор устья скважины. Использовать их можно с уже существующими и применяемыми буровыми установками. Необходимы лишь специальные адаптеры, переходники для соединения вращателя буровой установки с двойной буровой колонной. На рис. 3 показана установка подобного переходника на российскую буровую установку УБВ-318 компании «Геомаш», а на рис. 4 – конструкция такого переходника[5].

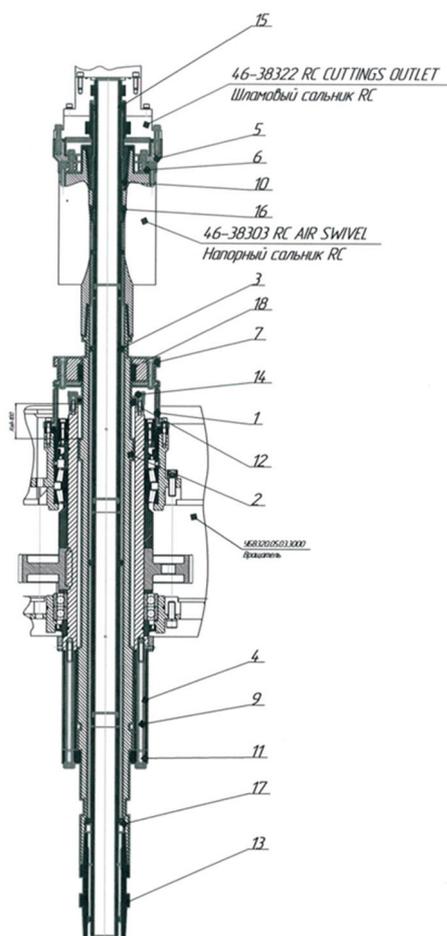


Рис. 4. Переходник плавающий для обратной циркуляции (RC технология)

1 - фланец в сборе; 2 - вал; 3 - штанга в сборе; 4 - втулка шлицевая; 5 - корпус; 6 - фланец; 7 - фланец; 9 - болт специальный; 10 - ниппель; 11 - кольцо; 12 - полукольцо; 13 - переходник; 14 - шайба; 15 - кольцо 075-081-36 ГОСТ 9833-73; 16 - кольцо 090-095-30; 17 - кольцо В110 ГОСТ 13943-86; 18 - Сальниковая набивка AVKOPACK 1201 12x12

Следует отметить, что приоритет на кольцевые пневмоударники принадлежит СССР (России). В начале 80-х годов XX века лидирующие позиции в общей мировой тенденции развития буровых снарядов с центральным транспортом

шлама занимал Институт горного дела СО РАН. Его сотрудниками во взаимодействии с московским СКБ «Геотехника», был создан ряд пневмоударников с центральным шланготранспортом, прошедших испытания в производственных условиях. ИГД СО РАН в настоящее время остается единственным в России институтом, разрабатывающим кольцевые пневмоударники. Созданы РС-пневмоударники, работающие по клапанной (рис. 5) и бесклапанной схеме (рис. 6).



Рис. 5. Кольцевой пневмоударник ПК-132

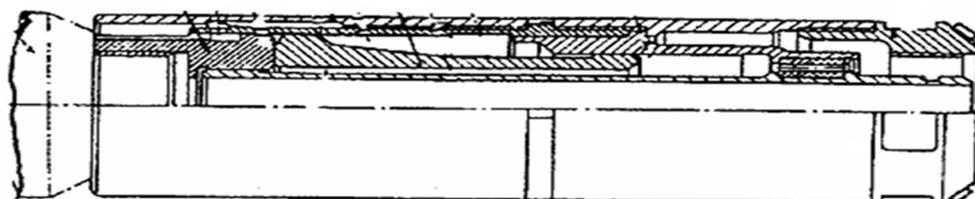


Рис. 6. Кольцевой пневмоударник ПКР-190

Однако кризисные явления в экономике России в последние десятилетия не позволили нашему институту удержать лидерство в производстве кольцевых пневмоударников. За рубежом развитие технологии бурения с обратной циркуляцией очистного агента шло более поступательно. В настоящее время ряд иностранных фирм таких как Numa [6], Sandvik, Epiroc [7] предлагают широкий ассортимент пневмоударников для бурения по РС-технологии (рис. 7).

В настоящее время ИГД СО РАН продолжает разрабатывать пневмоударные машины, соответствующие новым условиям, сложившимся на рынке буровой техники. Одним из общемировых трендов является создание пневмоударников для работы на высоком, до 2,5 – 3,0 МПа, давлении энергоносителя. Не

смотря на то, что в России распространение сжатого воздуха высокого давления, особенно в подземных условиях, происходит очень медленно в силу несовершенства экономических взаимоотношений, низкого технологического уровня производства и многих других причин, в лаборатории бурения и технологических импульсных машин разработаны соответствующие пневмоударники. Сотрудниками лаборатории создана принципиальная схема погружного универсального пневмоударника, конструкция которого при незначительных изменениях позволяет обеспечивать проходку скважин в широком диапазоне давления энергоносителя (рис.8)



Рис. 7. Зарубежные пневмоударники с центральным шламотранспортом

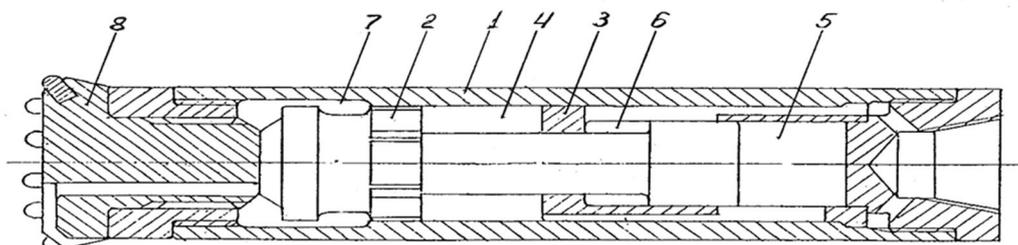


Рис. 8. Принципиальная схема погружного пневмоударника для работы на среднем давлении энергоносителя

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

В предложенной схеме выхлоп происходит только из камеры рабочего хода. При этом уменьшается количество «паразитных» объемов, на заполнение которых непроизводительно расходуется сжатый воздух, что дает возможность создавать достаточно экономичные машины. Также важной особенностью данной схемы является то, что полость между ударником и коронкой является полостью атмосферного давления и не требует герметизации. Это позволяет обходиться минимальным количеством посадочных поверхностей на корпусе буровой коронки, снизить требования к точности и чистоте обработки посадочных поверх-

ностей и, в конечном итоге, уменьшить затраты на производство бурового инструмента [2], Опытные образцы созданных по этой схеме пневмоударников П110ГМ и ПВ170 прошли стендовые и промышленные испытания.

Создание пневмоударников, работающих на среднем (до 1,2 МПа) давлении энергоносителя, является компромиссным решением, и в ИГД СО РАН был параллельно разработан и изготовлен опытный образец погружного пневмоударника, работающего на высоком (2,5 МПа) давлении энергоносителя. На рис. 9 представлена конструкция этого пневмоударника. В стендовых условиях в лаборатории бурения и технологических импульсных машин были проведены испытания, установившие его работоспособность, и зарегистрированы давлений в рабочих камерах при давлении энергоносителя 0,7 МПа (ввиду отсутствия компрессора высокого давления). Тем не менее, полученные диаграммы позволили оценить правильность основных подходов к разработке пневмоударника, построить его силовую характеристику, рассчитать основные энергетические и кинематические параметры. Затем методом интерполяции по известным зависимостям выходных характеристик пневмоударных машин от давления энергоносителя на входе с достаточной степенью вероятности были получены значения основных энергетических параметров пневмоударника П110ВД при давлении до 2,5 Мпа.

Продолжаются в ИГД СО РАН и работы по совершенствованию кольцевых пневмоударников. Так, в ходе этих работ в лаборатории бурения и технологических импульсных машин была создана методика расчеты их циркуляционной системы [8]. На основе экспериментальных данных и математического моделирования (рис. 10) были выявлены наиболее значимые параметры этой системы, а также обосновано их рациональное сочетание. Созданная методика предоставляет возможность на основе, опробованной на практике, конструкции пневмоударника рассчитать параметры подобной машины любого требуемого типоразмера.

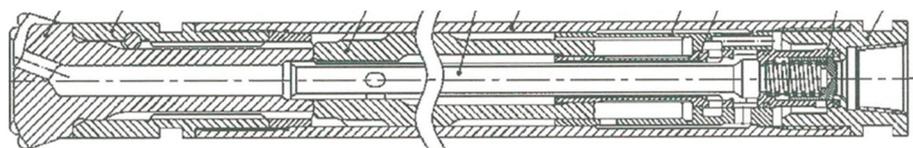


Рис.9. Конструкция пневмоударника П110ВД

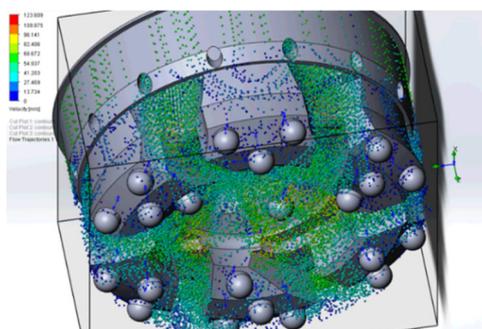


Рис. 10. Моделирование работы циркуляционной системы кольцевого пневмоударника

При создании кольцевого пневмоударника для работы на высоком давлении энергоносителя следует принимать во внимания опыт разработчиков подобных машин, накопленный в ИГД СО РАН [9]. Так, кольцевая машина ПК-132 (рис. 5) создавалась на основе конструкции энергонасыщенного пневмоударника ПП110 – 3,5 (рис. 11) и по своим энергетическим характеристикам полностью ему идентичен. Увеличение диаметра корпуса нового пневмоударника по отношению к прототипу произошло за счет включению в его конструкцию центрального шламотранспортного канала и связанных с этим конструктивных доработок.



Рис. 11. Пневмоударник ПП110-3,5

Аналогично на основе конструкции пневмоударника ПП110ВД методами теории подобия и моделирования целесообразно создание кольцевого пневмоударника для работы на высоком давлении энергоносителя. В последующем, используя упомянутую выше методику, на основе конструкции вновь созданного кольцевого пневмоударника, возможно будет создавать аналогичные пневмоударники любого требуемого типоразмера.

### ***Выводы***

1. Бурение с обратной циркуляцией очистного агента является передовой технологией, получившей продвижение во многих регионах мира. В России имеются наработки по развитию такой технологии бурения, а также изготовленные и испытанные в лабораторных и производственных условиях образцы кольцевых пневмоударников.

2. Применение технологии бурения с центральным шламотранспортом для бурения горизонтальных скважин в наземных и подземных условиях позволяет значительно увеличить их протяженность за счет снижения энергозатрат на транспортирование разрушенной породы. При бурении скважин большого диаметра устраняется проблема снижения эффективности транспортирования продукта бурения, из-за нехватки скорости воздушного потока, поскольку отсутствует ее зависимость от размера затрубного пространства. При бурении скважин в мерзлых и неустойчивых породных массивах устраняется проблема растрескивания стенок и обрушения скважины за счет отсутствия циркуляции воздуха по затрубному пространству.

3. Имеющийся в ИГД СО РАН научно-технический задел позволяет разрабатывать пневмоударники нового поколения, в том числе кольцевые для работы на высоком давлении энергоносителя, на основе испытанных в лабораторных и

производственных условиях конструкций. Необходимо только техническое задание от потенциального потребителя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харламов Ю.П., Сапрыкин С.Н. Использование технологии бурения с обратной циркуляцией очистного агента при создании бурового робота / Ю.П.Харламов, С.Н.Сапрыкин // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. Том 9, №3, 2022г.
2. Повышение эффективности и долговечности импульсных машин для сооружения протяженных скважин в породных массивах / *Интеграционные проекты*. Вып. 43. 2013. Новосибирск. Издательство Сибирского Отделения Российской Академии Наук
3. Липин А.А. Погружные ударные машины с центральным шламотранспортом / А.А.Липин // *Проблемы комплексного освоения минерального сырья Дальнего Востока : тр. научно – практич. конф. с участием иностран. ученых (16 – 18 сентября 2005 г., Хабаровск.)*. – Хабаровск : Ин-т горного дела ДВО РАН. 2005. – С. 170-175.
4. Смоляницкий Б. Н. Погружные пневмоударники для бурения скважин с центральным шламотранспортом / Б.Н.Смоляницкий, А.А Липин // *сб.докл. Международного горного конгресса ( 2008 г., Польша)*
5. ОАО «ГЕОМАШ». Инструкция по эксплуатации буровых установок УБВ320.00.00.000 ИЭ. Курская обл., г. Щигры, 2013 г. [JSC Geomash. Operation manual for drilling rigs UBВ320.00.00.000 IE. Kursk Region, Shchigry, 2013
6. Официальный сайт компании NUMA[электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.numahammers.com>.
7. Официальный сайт компании AtlasCorco [электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.atlascorco.ru>
8. Харламов Ю.П. Обоснование параметров циркуляционной системы кольцевого погружного пневмоударника/ Ю.П.Харламов // *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук*. – Новосибирск. – 2017.
9. Патент РФ № 2463432. Снаряд буровой с обратной циркуляцией шлама/ Липин А.А., Заболоцкая Н.Н.,Харламов Ю.П.// *Опублик. в БИ* – 2012. - № 28.

© Ю. П. Харламов, 2023