

УДК 622.233.53

Чещин Дмитрий Олегович

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
отдел горной и строительной геотехники,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала
СО РАН,
630091, Новосибирск,
ул. Красный проспект, 54
e-mail: dimixch@mail.ru

Данилов Борис Борисович

доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
отдел горной и строительной геотехники,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала
СО РАН

Плохих Вадим Валерьевич

младший научный сотрудник,
отдел горной и строительной геотехники,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала
СО РАН

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПНЕВМОУДАРНОГО БУРЕНИЯ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН***Аннотация:*

Сооружение скважин в массиве горных пород ударно-вращательным способом с помощью пневмоударников достаточно распространено как в России, так и за рубежом. Однако вынос разрушенной породы с помощью энергии воздушной струи накладывает ограничения на предельную длину бурения скважины, что вызвано физической природой движения частиц в воздушном потоке. Особенно остро этот вопрос встает при сооружении горизонтальных скважин. В статье рассматривается способ повышения эффективности пневмоударного бурения горизонтальных скважин. Отмечены особенности пневмоударного бурения и сферы его применения. Выявлены недостатки классического способа бурения пневмоударниками, связанные с пневмотранспортированием разрушенной породы по кольцевому каналу. Предложен способ повышения эффективности пневмоударного бурения путем применения кольцевых пневмоударных механизмов и двойной буровой колонны – метода бурения с обратной циркуляцией очистного агента или RC-бурения. В отличие от классического метода бурения пневмоударниками, эффективность транспортирования частиц при RC-бурении не снижается при увеличении диаметра буримой скважины. Показано, что пневмотранспортирование по вращающемуся каналу позволяет осуществлять удаление разрушенной породы при меньших скоростях воздушного потока. Также путем имитационного моделирования определены скорости потока воздуха для двух систем транспортирования разрушенной породы с аналогичным диаметром бурения: классического пневмоударного бурения и бурения с обратной циркуляцией. В результате проведенного сравнительного анализа скоростей потока воздуха установлено, что скорость воздушного потока в двойной буровой колонне более чем в 2,5 раза выше, чем в классическом пневмоударном бурении, что позволяет увеличить эффективность и предельно возможную длину транспортирования разрушенной породы.

DOI:

Cheshchin Dmitry O.

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Department of Mining and
Construction Geotechnics, N.A.Chinakal
Institute of Mining SB RAS,
630091 Novosibirsk,
54 Krasny prospect,
e-mail: dimixch@mail.ru.

Danilov Boris B.

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Department of Mining and
Construction Geotechnics, N.A. Chinakal
Institute of Mining SB RAS

Plokhikh Vadim V.

Junior Researcher,
department of Mining and
Construction Geotechnics, N.A. Chinakal
Institute of Mining SB RAS

**INCREASING THE EFFICIENCY
OF PNEUMATIC PERCUSSION DRILLING
OF HORIZONTAL WELLS***Abstract:*

The construction of wells in rock masses using the rotary impact method using air hammers is quite common both in Russia and abroad. However, the removal of destroyed rock using the energy of an air jet imposes restrictions on the maximum length of the drilling well, caused by the physical nature of the movement of particles in the airflow. This issue arises especially acutely when constructing horizontal wells. The article considers a method for increasing the efficiency of air percussion drilling of horizontal wells. The features of pneumatic percussion drilling and the scope of its application are noted. The disadvantages of the classical method of drilling with air hammers, associated with pneumatic transportation of the destroyed rock through the annular channel, have been identified. A method has been proposed to increase the efficiency of air percussion drilling by using annular air percussion mechanisms and a double drill string – a drilling method with reverse circulation of a cleaning agent or RC drilling. Unlike the classical method of drilling with air hammers, the efficiency of particle transportation during RC drilling does not decrease as the diameter of the drilled hole increases. It has been shown that pneumatic transportation through a rotating channel makes it possible to remove destroyed rock at lower air flow rates. In addition, through simulation modeling, airflow rates were determined for two systems of transporting destroyed rock with a similar drilling diameter: classical air percussion drilling and reverse circulation drilling. As a result of a comparative analysis of air flow rates, it was found that the air flow speed in a double drill string is more than 2.5 times higher than in classical air percussion drilling, which allows increasing the efficiency and maximum possible length of transportation of destroyed rock.

Ключевые слова: пневмотранспорт, частица, бурение, пневмоударник, шлам, скважина, продувка, шламотранспорт.

Key words: pneumatic transport, particle, drilling, pneumatic hammer, slurry, well, blowing, slurry transport.

Введение

Одним из наиболее эффективных способов проходки скважин в массиве горных пород является ударно-вращательный [1]. Для его реализации на горных предприятиях как в России, так и за рубежом получили развитие погружные машины ударного действия – погружные пневмоударники. Они применяются в качестве рабочего органа бурового станка, который через систему штанг осуществляет подвод энергоносителя, передает осевого усилия и вращающего момента.

Наибольшее распространение пневмоударники получили при бурении взрывных скважин в технологии ударно-вращательного бурения (УВБ) по породам средней и высокой крепости. УВБ с использованием пневмоударников имеет особенность в том, что удар и вращение выполняются независимо друг от друга [2]. Ударно-циклическое воздействие на буровое долото обеспечивает ударный узел машины, вращатель бурового станка обеспечивает вращение всего бурового става, механизм подачи станка создает усилие прижатия пневмоударника к забою скважины для гашения реакции отдачи машины с учетом его мощностных характеристик и прочности пород.

Одной из сфер применения пневмоударников является бурение горизонтальных и наклонных скважин, например, для дегазации угольных пластов из подземных условий. В настоящее время основным методом сооружения дегазационных скважин в подземных условиях является вращательное бурение с промывкой водой. При этом отработанная вода скапливается в зумпфе, откуда откачивается насосными установками. Увеличение объема буримых скважин вызывает повышение водопритока, что приводит к подтоплению шахтного пространства и повышенной нагрузке на насосное оборудование. Применение пневмоударников позволяет не только решить эту проблему, но и увеличить скорость проходки скважин, в особенности при прохождении крепких прослоек в угольном массиве.

Постановка проблемы

Специалистами ИГД СО РАН был проведен ряд производственных испытаний по бурению погружным пневмоударником в шахтных условиях. При этом выявилась проблема недостаточного давления воздуха в шахтной магистрали, что является значимым фактором, ограничивающим предельную длину скважин, пройденных с пневматическим транспортированием продукта бурения. Недостаток давления в шахтной воздушной магистрали вызван такими труднопреодолимыми обстоятельствами, как износ компрессорного оборудования, значительная протяженность шахтной воздушной сети, ветхое состояние напорных трубопроводов и т.д. Давление воздуха в рабочей зоне не всегда достигает значения и 0,4 МПа, а при подключении устройств со значительным расходом воздуха этот показатель и вовсе может снижаться в 1,5÷2 раза. Наиболее критичным следствием этого является нарушение процесса транспортирования продукта бурения.

Рассмотрим процесс транспортирования породных частиц воздушным потоком по трубопроводу. На рис. 1 показаны силы, действующие при этом на породную частицу. Ключевое значение здесь имеет гидродинамическая подъемная сила. Подъемная сила $F_{\text{п}}$ возникает при несимметричном обтекании частицы воздушным потоком. Кроме этой силы на частицу действуют силы тяжести, трения и лобового давления потока воздуха.

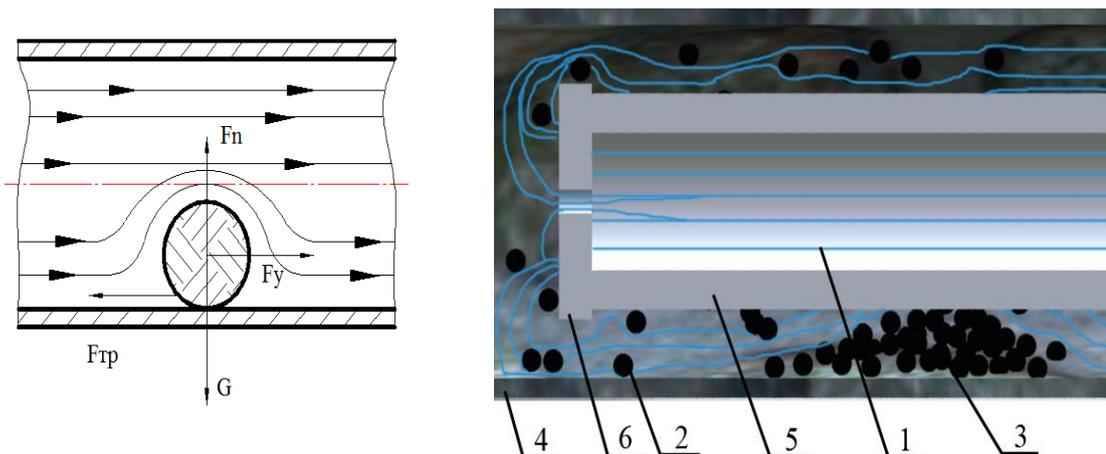


Рис. 1. Схема действия сил на частицу и схема движения потока воздуха и частиц шлама при бурении пневмоударником:

1 – поток воздуха; 2 – частица шлама; 3 – осевшие частицы; 4 – скважина;
5 – буровая колонна; 6 – буровая коронка

Обтекание частицы потоком практически всегда имеет несимметричный характер. Либо форма частицы несимметрична относительно направления обтекания, либо поток обтекает частицу с разных сторон с различной скоростью. Если частица лежит на дне трубопровода, то скорость воздуха над частицей больше, чем под ней. Давление воздуха над частицей в этих случаях будет меньше, чем под ней, вследствие чего возникает подъемная сила. Это явление называется эффектом Магнуса [3, 4].

Гидродинамическая подъемная сила, действующая на частицу, меняет свою величину в процессе движения частицы вместе с потоком. После подъема частицы увеличивается скорость ее обтекания снизу. По мере ускорения частицы в направлении потока уменьшается относительная скорость ее обтекания. Поэтому после подъема и разгона частица вновь опускается на дно трубопровода. В результате частицы в трубе движутся скачками. В процессе такого перемещения они перемешиваются вследствие турбулентности потока, группируются по фракциям.

Из частиц, осевших на дне трубопровода, образуется подстилающий слой. Этот слой имеет различную толщину по длине трубопровода. При определенных условиях подстилающий слой может стабилизироваться, а затем перерасти в пробку, закупоривающую трубопровод. Неблагоприятная с аэродинамической точки зрения кольцевая форма поперечного сечения скважины и ее далеко не гладкие стенки дополнительно усугубляют эту проблему.

Проведенный анализ физических явлений, лежащих в основе транспортирования частиц газовым потоком, позволяет понять природу проблем, затрудняющих удаление из скважины продукта бурения, и предложить методы их устранения.

Для увеличения диапазона технических возможностей пневмоударной технологии бурения горизонтальных и наклонных скважин в подземных условиях необходимо повысить эффективность и увеличить дальность транспортирования продукта бурения воздушным потоком. Одним из наиболее подходящих способов решения этой задачи является использование технологии бурения с обратной циркуляцией очистного агента (рис. 2), называемое в мировой практике «РС» бурением (аббревиатура от «ReverseCirculation») [5, 6].

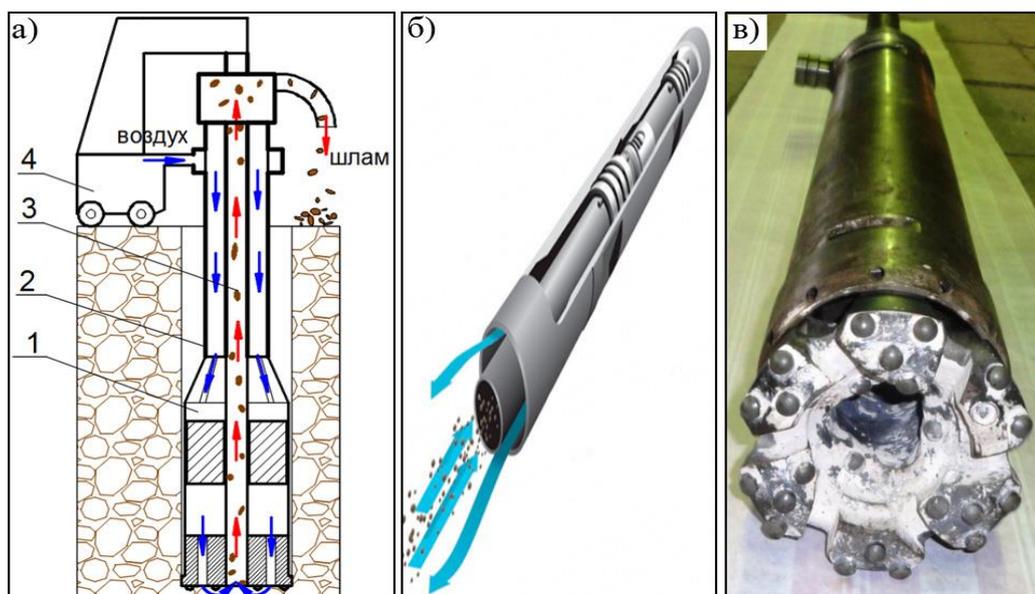


Рис. 2. Технология пневмоударного бурения скважин с обратной циркуляцией:
а) – схема бурения кольцевым пневмоударником; б) – двойная буровая колонна;
в) – кольцевой пневмоударник ПК-132;
1 – пневмоударник; 2 – внешняя буровая колонна; 3 – внутренняя буровая колонна;
4 – буровой станок

Отличительными особенностями этой технологии является использование двойной буровой колонны и кольцевых пневмоударников [7].

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 (рис. 3).

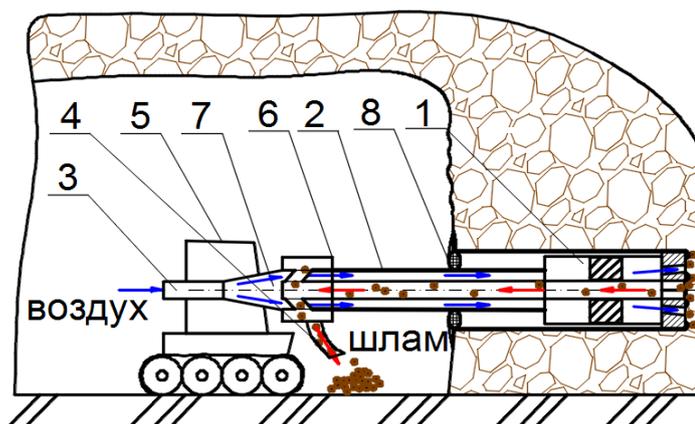


Рис. 3. Бурение с обратной циркуляцией очистного агента:
1 – пневмоударник; 2 – двойная буровая колонна; 3 – впускная магистраль;
4 – выпускная магистраль; 5 – каретка бурового станка; 6 – преვენтор;
7 – адаптер; 8 – герметизатор

Повышение эффективности и увеличение дальности транспортирования по внутренней трубе вращающейся буровой колонны обусловлено иной физической сущностью движения породных частиц в полости вращающейся трубы по сравнению с

классической пневмотранспортной системой. На рис. 4 показаны силы, действующие на породную частицу при повороте трубопровода на некоторый угол.

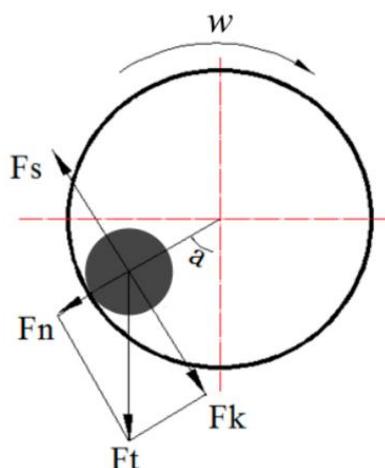


Рис. 4. Схема действия сил на частицу во вращающемся трубопроводе:
 F_s – сила трения; F_t – сила тяжести; F_n – сила нормального давления;
 F_k – касательная составляющая силы тяжести; w – скорость вращения трубопровода;
 α – угол поворота трубы

При вращении трубопровода частицы материала, соскальзывая по стенке трубы, стремятся перейти во взвешенное состояние. При этом они могут транспортироваться при существенно меньшей скорости воздушного потока [8]. Кроме того, при таком характере движения затрудняется образование подстилающего слоя из неподвижных частиц на дне трубопровода. Это является существенным фактором повышения надежности процесса транспортирования.

При вращении транспортного трубопровода улучшается также и транспортирование увлажненной породной массы, частицы которой при механическом контакте склонны к слипанию в единую массу. Эти свойства, как правило, тем больше, чем выше степень влажности. Транспортирование такой увлажненной породной массы может происходить порциями, которые по мере накопления в процессе вращения трубопровода образуют подобие пластичного поршня, который под действием давления воздуха выдавливается по трубопроводу.

Еще одно достоинство технологии бурения с двойной колонной заключается в том, что условия транспортирования могут оставаться неизменными, если в силу какой-либо необходимости будет увеличен диаметр буримой скважины. В классическом же пневмоударном бурении вынос буровой мелочи, как было отмечено, производится в кольцевом канале между стенкой скважины и буровой штангой. При увеличении диаметра буримой скважины и при той же буровой колонне площадь сечения затрубного пространства увеличивается и происходит снижение скорости потока воздуха, что неблагоприятно сказывается на эффективности транспортирования шлама.

Сравнительный анализ скорости воздушного потока, необходимой для выноса буровой мелочи в классическом и "RC"-бурении

Для анализа эффективности пневмотранспортирования бурового шлама определим скорость воздушного потока при использовании бурильных штанг различного диаметра « $d_{ш}$ » для двух диаметров буримой скважины « $D_{ск}$ ». Скорость потока воздуха в затрубном пространстве определим при помощи метода имитационного моделирования в программе ITI SimulationX [9], для чего на основании принятых параметров построена модель и проведены расчеты.

Таблица 1

**Результаты определения скорости воздушного потока
при классическом пневмоударном бурении**

Скорость воздушного потока, м/с		
	$d_{ш}=55$ мм	$d_{ш}=62,5$ мм
$D_{ск}=76$ мм $Q_B=2,8$ м ³ /мин	20,0	27,9
$D_{ск}=93$ мм $Q_B=4,0$ м ³ /мин	14,5	17,0

В расчете учтено, что для бурения скважин разного диаметра будут использованы пневмоударники разных типоразмеров. Соответственно, расход воздуха был принят в соответствии с паспортными данными пневмоударников. Как видно из табл. 1, при увеличении диаметра скважины происходит снижение скорости воздушного потока ($\approx 27\div 39\%$), даже с учетом увеличения расхода воздуха (43 %) пневмоударником.

Надежно транспортирующую скорость воздуха v для горизонтального пневмотранспорта определим из выражения $v=(3,5\div 4)\cdot v_B$, где v_B – скорость витания частицы, м/с [3, 10].

На рис. 5 представлены графики среднего значения надежно транспортирующей скорости воздуха (v) и скорости витания частицы (v_B) в скважине для эквивалентного диаметра частиц угля от 0,2 до 5 мм и плотностью $\rho_T=1300$ кг/м³ [3].

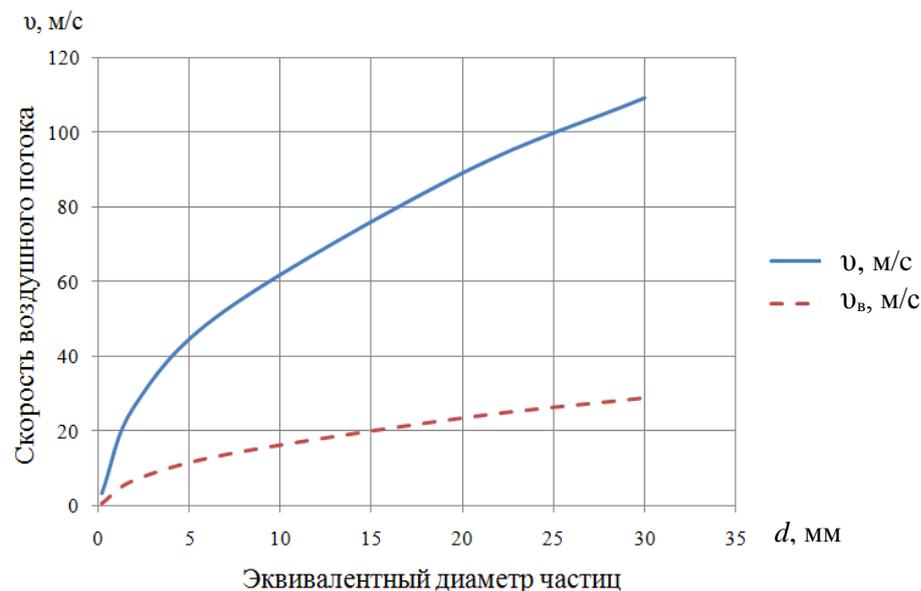


Рис. 5. Зависимости надежно транспортирующей скорости воздушного потока v и скорости витания частицы v_B от эквивалентного диаметра частиц d

Проведя сравнительный анализ полученных результатов, можно сделать вывод, что для скважин диаметром 93 и 76 мм с бурильной колонной диаметром 62,5 мм скорость воздушного потока величиной $v=17$ и 20 м/с, позволяет надежно транспортировать частицы до $d=1$ мм и $d=1,2$ мм, соответственно. При этом более крупные фракции (до 10 – 15 мм) будут перемещаться по скважине нестабильно.

К достоинству технологии с обратной циркуляцией, как было отмечено выше, можно отнести постоянство сечения шланготранспортного канала, что позволяет проводить бурение скважин различного диаметра без снижения эффективности процесса выноса буровой мелочи.

Определена скорость потока воздуха в шланготранспортном канале двойной буровой колонны, параметры которой выбраны в соответствии с серийно выпускаемыми буровыми трубами.

В качестве внешней трубы примем бурильную трубу, согласно [11], внешним диаметром 60,3 мм и внутренним – 46,08 мм. В качестве внутренней – трубу [12] внешним диаметром 33 мм и внутренним 25 мм.

Площадь кольцевого сечения пневмомагистрали принята с двукратным запасом по сравнению с минимально возможным сечением в пневматической линии (поперечное сечение канала в быстроразъемных соединениях).

Скорость потока воздуха в шланготранспортном канале также определена при помощи метода имитационного моделирования в программе ITI SimulationX [9]. В результате была установлена зависимость скорости потока в шланготранспортном канале v от расхода воздуха Q (рис. 6).

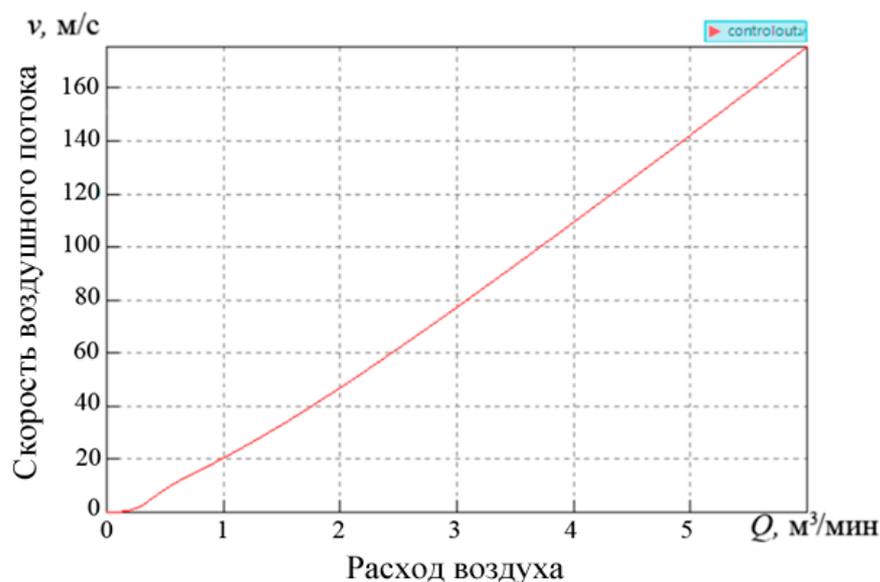


Рис. 6. Зависимость скорости потока в шланготранспортном канале v от расхода воздуха Q

Анализ результатов и выводы

Сравнивая полученные результаты с результатами в табл. 1, можно заметить, что скорость потока воздуха составила для скважины $D=76$ мм и расхода $Q=2,8$ м³/мин $v=71$ м/с, а для $D=93$ мм и $Q=4$ м³/мин – $v=109$ м/с, что, соответственно, в 2,5 и 6,4 раза выше, чем в классическом пневмоударном бурении. Полученное значение скорости воздушного потока позволяет без труда транспортировать частицы с эквивалентным диаметром до 15 мм. Рост скорости потока воздуха обеспечивает повышение эффективности очистки скважины, тем самым увеличивая и предельно возможную длину проходки. При этом в проведенном расчете еще не учитывались другие дополнительные преимущества использования двойной буровой колонны, такие, как ее более хорошее гидродинамическое качество и улучшение условий транспортирования шлама за счет вращения трубопровода.

Таким образом, совершенствование РС технологии с применением кольцевых пневмоударников позволит не только проводить очистку скважины наиболее эффек-

тивным способом по сравнению с классическим пневмоударником, но и в перспективекратно повысить предельную длину сооружаемой скважины с 70 – 90 до 200 – 250 м.

Для реализации этой перспективной технологии бурения потребуются провести разработку энергоэффективных кольцевых пневмоударников, двойной буровой колонны и герметизатора устья скважины, что является не только инженерной, но и серьезной научной задачей. Важно отметить, что рассмотренную технологию «РС» бурения можно использовать уже с существующими и применяемыми буровыми установками. Необходимо лишь оснастить их специальными адаптерами и переходниками для соединения вращателя буровой установки с двойной буровой колонной.

Список литературы

1. Алексеев С.Е., Кубанычбек Б., 2023. Инструмент для проходки скважин прямоугольного сечения. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, Т. 2, № 1, С. 49-55. DOI 10.33764/2618-981X-2023-2-1-49-55.
2. Алексеев С.Е., Данилов Б.Б., Чешин Д.О., Кубанычбек Б., 2024. Система вздухораспределения погружного пневмоударника с разрядным клапаном для использования в роботизированных буровых системах. *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*, Т.11, № 1, С. 42-47.
3. Чешин Д.О., 2023. Обоснование возможности применения способа интервальной продувки при бурении горизонтальных скважин пневмоударниками. *Проблемы недропользования*, № 2 (37), С. 66-76. DOI: 10.25635/2313-1586.2023.02.06622.06.2023
4. Урбан Я., 1967. *Пневматический транспорт*. Под ред. Л.М. Шведова. Москва: Машиностроение, 256 с.
5. Харламов Ю.П., 2023. Создание кольцевых пневмоударников для работы на высоком давлении энергоносителя. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, Т. 2, № 1, С. 248-256. DOI 10.33764/2618-981X-2023-2-1-248-256; 08.08.2023
6. Нескромных В.В., Попова М.С., Петенев П.Г. и др., 2020. *Современные технологии бурения на твердые полезные ископаемые: учебник*. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 340 с.
7. Алексеев С.Е., Харламов Ю.П., Примычкин А.Ю., Кубанычбек Б., 2021. Техника ускоренного получения материала для идентификации горных пород. *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*, Т. 8, № 2. С. 172-177. DOI 10.15372/FPVGN2021080226
8. Данилов Б.Б., 2009. Теория и практика создания оборудования для бурения в грунте горизонтальных скважин с пневмотранспортом разрушенного материала по вращающемуся трубопроводу: дис. ... докт. техн. наук. Новосибирск, 246 с.
9. *Официальный сайт SimulationX*. Загл. с экрана. URL: <http://www.simulationx.com/> (дата обращения: 18.12.2023)
10. Кантаев А.С., Брус И.Д., Тураев Н.С., 2015. *Расчет установок пневмотранспорта: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики*. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 28 с.
11. ГОСТ 631-75 *Трубы бурильные с высаженными концами и муфты к ним*. Москва: Стандартиформ, 2010, 23 с.
12. ГОСТ 3262-75 *Трубы стальные водогазопроводные*. Москва: ИПК Издательство стандартов, 1997, 12 с.

References

1. Alekseev S.E., Kubanychbek B., 2023. Instrument dlya prokhdki skvazhin pryamougol'nogo secheniya. *Interekspo Geo-Sibir'* [A tool for drilling rectangular wells], Vol. 2, № 1, P. 49-55. DOI 10.33764/2618-981X-2023-2-1-49-55.

2. Alekseev S.E., Danilov B.B., Cheshchin D.O., Kubanychbek B., 2024. Sistema vozdukhoraspredeleniya pogruzhnogo pnevmoudarnika s razryadnym klapanom dlya ispol'zovaniya v robotizirovannykh burovykh sistemakh [Air distribution system of a submersible pneumatic hammer with a discharge valve for use in robotic drilling systems]. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk*, Vol.11, № 1, P. 42-47.
3. Cheshchin D.O., 2023. Obosnovanie vozmozhnosti primeneniya sposoba interval'noi produvki pri burenii gorizonta'nykh skvazhin pnevmoudarnnikami [Substantiation of the possibility of using the interval purge method when drilling horizontal wells with pneumatic strikers]. *Problemy nedropol'zovaniya*, № 2 (37), P. 66-76. DOI: 10.25635/2313-1586.2023.02.06622.06.2023
4. Urban Ya., 1967. Pnevmaticheskii transport [Pneumatic transport]. Pod red. L.M. Shvedova. Moscow: Mashinostroenie, 256 p.
5. Kharlamov Yu.P., 2023. Sozdanie kol'tsevykh pnevmoudarnikov dlya raboty na vysokom davlenii energonositelya [Creation of annular pneumatic hammers for operation at high pressure of an energy carrier]. *Interkspo Geo-Sibir'*, Vol. 2, № 1, P. 248-256. DOI 10.33764/2618-981X-2023-2-1-248-256; 08.08.2023
6. Neskromnykh V.V., Popova M.S., Petenev P.G. i dr., 2020. Sovremennye tekhnologii bureniya na tverdye poleznye iskopaemye: uchebnik [Modern drilling technologies for solid minerals: textbook]. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 340 s.
7. Alekseev S.E., Kharlamov Yu.P., Primychkin A.Yu., Kubanychbek B., 2021. Tekhnika uskorennoogo polucheniya materiala dlya identifikatsii gornykh porod. Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk [The technique of accelerated production of material for the identification of rocks], Vol. 8, № 2. P. 172-177. DOI 10.15372/FPVGN2021080226
8. Danilov B.B., 2009. Teoriya i praktika sozdaniya oborudovaniya dlya bureniya v grunte gorizonta'nykh skvazhin s pnevmotransportom razrushennogo materiala po vrashchayushchemusya truboprovodu [Theory and practice of creating equipment for drilling horizontal wells in the ground with pneumatic transportation of crushed material through a rotating pipeline]: dis. ... dokt. tekhn. nauk. Novosibirsk, 246 p.
9. Ofitsial'nyi sait SimulationX. Zagl. s ekrana [The official website of SimulationX]. URL: <http://www.simulationx.com/> (data obrashcheniya: 18.12.2023)
10. Kantaev A.S., Brus I.D., Turaev N.S., 2015. Raschet ustanovok pnevmotransporta: metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu laboratornykh rabot po kursu "Oborudovanie proizvodstv redkikh elementov" dlya studentov IV kursa, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti 240501 Khimicheskaya tekhnologiya materialov sovremennoi energetiki [Calculation of pneumatic transport installations: methodological guidelines for the performance of laboratory work on the course "Equipment for the production of rare elements" for IV-year students studying in the specialty 240501 Chemical technology of materials of modern energy]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 28 p.
11. GOST 631-75 Truby buril'nye s vysazhennymi kotsami i mufty k nim [Drill pipes with planted ends and couplings to them]. Moscow: Standartinform, 2010, 23 p.
12. GOST 3262-75 Truby stal'nye vodogazoprovodnye [Steel water and gas pipes]. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov, 1997, 12 p.