

ПНЕВМО-ЭЖЕКЦИОННЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН БУРОВЫХ СТАНКОВ

Шахторин И. О.

научный руководитель проф., д-р техн. наук Гилев А. В.

Сибирский Федеральный Университет

В настоящее время совершенствование и создание новых конструкций буровых инструментов имеет исключительно важное значение для темпов и экономики бурения взрывных скважин, объемы которых на открытых горных работах ежегодно составляют несколько миллионов метров с миллиардными затратами денежных средств. Буровое долото является не только главным рабочим органом бурового станка, но и важнейшим элементом технологии буровых работ.

В данной статье будет рассмотрена разработка новой конструкции пневмо-эжекционного долота, позволяющего снизить энергетические затраты на извлечение бурового шлама из скважин и как следствие снижение себестоимости бурения.

Предложенная технология шламоудаления характеризуется следующими новыми принципами формирования и движения воздушно-шламового потока в скважине и конструктивного построения става в буровом станке:

а) внутри бурового става происходит распределение потока сжатого воздуха по зонам скважины; б) став сформирован из гладкоствольных штанг, шнекового пневмо-эжекционного эвакуатора и долота с эжекционными каналами; в) в скважине создается эжектирование воздушно-шламового потока разделенными струями сжатого воздуха; г) воздушно-шламовый поток в призабойной зоне и затрубном пространстве скважины приобретает винтообразное движение за счет его закручивания эжекционными струями сжатого воздуха; д) в процессе бурения происходит регулирование параметров сжатого воздуха и концентрации воздушно-шламового потока в скважине.

В буровом стае используется долото разборной конструкции. Воздух подается в эжекционные каналы Н и нижнюю часть забоя через вырезы Л (рис. 1).

Так как корпус имеет цилиндрическую форму, отсутствие продувочных окон в долоте обуславливает повышенное избыточное давление воздуха в зоне технологических вырезов Л, поэтому эжекционные каналы Н обеспечивают создание дополнительного потока Е, направленного под углом α к оси долота в сторону его вращения. Этот поток эжектирует призабойную зону скважины, суммируется с потоком воздуха К, поднимающимся от забоя, увеличивает скорость восходящего потока И в призабойной зоне и активизирует удаление бурового шлама в периферийной зоне М забоя скважины.

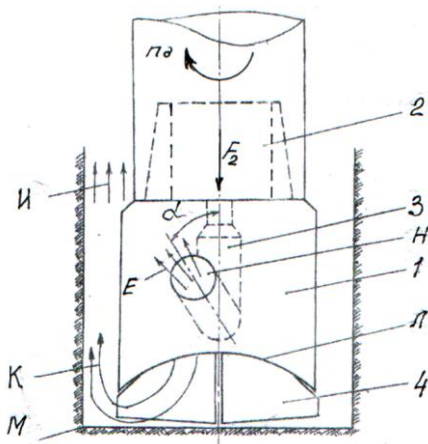


Рисунок 1 - Схема продувки забоя скважины долотом с эжекционными каналами:
1 – корпус; 2 – ниппель; 3 – продувочный канал; 4 – породоразрушающие элементы

Кроме долота рассмотренной конструкции с пневмо-эжекционными каналами могут применяться другие буровые инструменты в сочетании со шнековым пневмо-эжекционным эвакуатором (ШПЭ) (рис. 2).

В верхнем конусе ШПЭ воздух с расходом F_k распределяется на два потока с расходами F_1 и F_2 . Поток воздуха с расходом F_1 поступает в затрубную зону I – II, а поток воздуха с расходом F_2 - на забой скважины. В призабойной зоне III –IV скважины воздух с расходом F_2 поднимает буровой шлам и подает его на первый виток ШПЭ. Далее воздушно-шламовый поток перемещается вверх по межвитковому пространству ШПЭ. Поток воздуха с расходом F_1 при выходе с большой скоростью из эжекционных каналов поступает в конфузурный участок, образуемый верхним конусом ШПЭ и стенкой скважины, где давление воздуха за счет увеличения его скорости оказывается ниже давления воздушно-шламового потока, поступающего из шнековой зоны II - III.

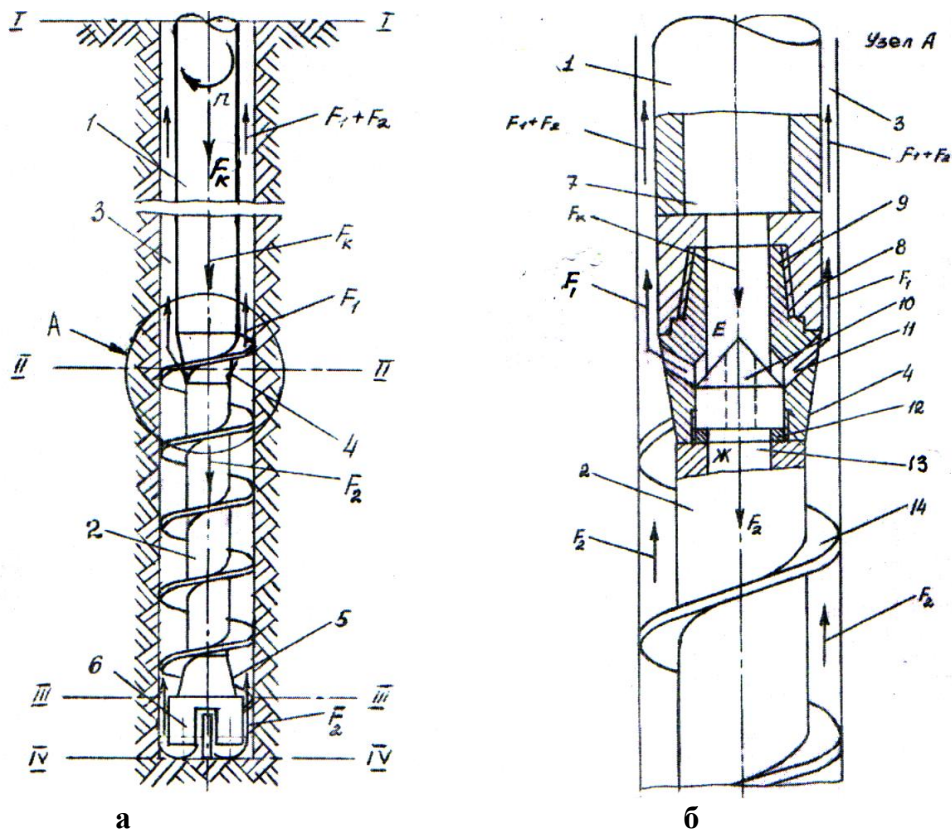


Рисунок 2 - Пневмо-эжекционная эвакуация бурового шлама из скважины:
 а – распределение потоков сжатого воздуха в зонах скважины с помощью ШПЭ;
 б – регулирование потоков сжатого воздуха в механизме управления ШПЭ.
 1- гладкоствольная штанга; 2 – ШПЭ; 3 – скважина; 4, 5 - соответственно верхний и нижний конусы ШПЭ; 6 – долото; 7, 13 - соответственно центральный канал гладкоствольной штанги и ШПЭ; 8 – муфта; 9 – ниппель; 10 – подвижный клапан; 11 – эжекционные каналы; 12 – гайка; 14 – спираль шнека

В эжекционное сечение II - II устремляется воздушно-шламовый поток, скорость которого при этом увеличивается. Далее, в затрубной зоне I - II, до устья скважины, эвакуация шлама осуществляется энергией объединенных потоков сжатого воздуха с расходом $F_k = F_1 + F_2$. Для создания устойчивого режима шламоудаления обеспечивается равенство $F_1 = F_2 = 0,5 F_k$ за счет равенства площадей сечений эжекционных каналов ШПЭ и долота.

При нарушении устойчивого режима эвакуации бурового шлама повышается стесненность его движения. Расход сжатого воздуха на выходе из долота снижается. В результате этого в центральном канале ШПЭ, а следовательно, в области Ж, давление воздуха по сравнению с давлением в области Е возрастает и поднимает клапан вверх.

В этом случае включается в работу механизм управления: подвижный клапан перекрывает часть площади сечений эжекционных каналов, что приводит к снижению расхода воздуха, поступающего в конфузторный участок скважины, на величину ΔF . Вместе с этим, при подъеме подвижного клапана увеличивается ширина его проходных каналов. В этом случае происходит перераспределение расходов потоков воздуха F_1 и F_2 . В зону забоя долота поступает воздух с расходом $F_2^1 = F_2 + \Delta F$, который увеличивает скорость воздушно-шламового потока в призабойной и шнековой зонах и стабилизирует режим эвакуации бурового шлама, снижая уровень стесненности движения за счет увеличения порозности шламового слоя и уменьшения объемной концентрации. Давление в наддолотной части, центральном канале ШПЭ понижается, подвижный клапан увеличивает сечение эжекционных каналов. Это приводит к выравниванию расходов F_1 и F_2 потоков сжатого воздуха и давлений в областях Е и Ж.

Диапазон регулирования параметров воздуха (давления и расхода) устанавливаются, исходя из условия обеспечения объемной концентрации потока бурового шлама, не превышающей предельно допустимых значений ($S \leq 0,01 \text{ м}^3/\text{м}^3$). Это достигается заданным значением перепада давления в каналах ШПЭ и штанги его соответствием значению веса клапана.

Анализ работы ШПЭ приводит к выводу о том, что по отношению к воздушно-шламовому потоку, перемещаемому из шнековой и призабойной зон, он является эжектором, а по отношению к потоку F_k , перемещаемому по затрубному пространству к устью скважины, - инжектором.

Вместе с эжекцией и инжекцией воздушно-шламовый поток в скважине при вращении бурового става приобретает винтообразное движение.

Эжекционные струи потока воздуха F_1 , выходя из эжекционных каналов ШПЭ, вращаются вокруг вертикальной оси скважины с частотой вращения долота n_d . При этом они вовлекают во вращение частицы бурового шлама, которые, перемещаясь в скважине вверх по винтообразной траектории, приобретают абсолютную скорость движения U_a (рис. 3).

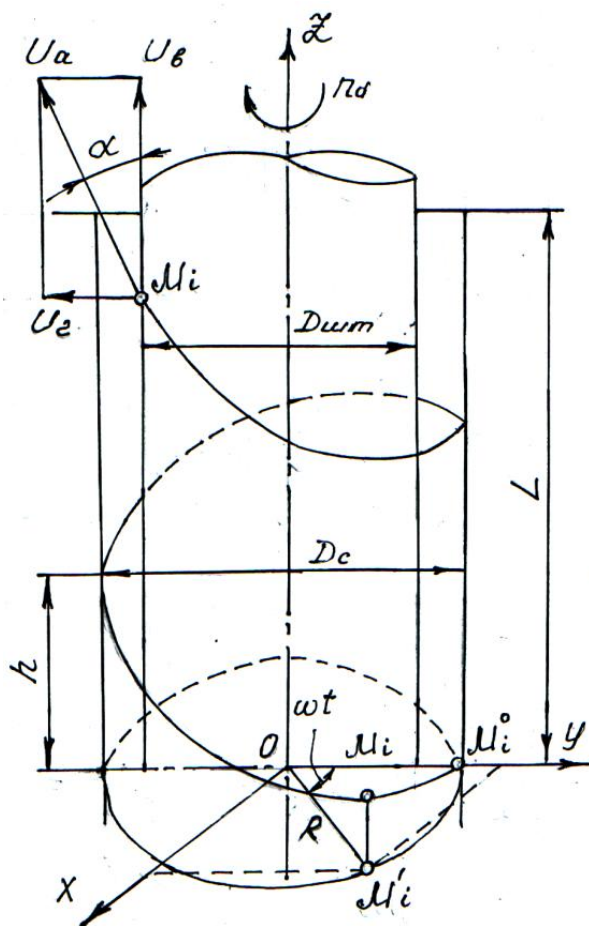


Рисунок 3 - Движение частицы шлама при пневмо-эжекционной эвакуации из скважины

Важное значение при пневмо-эжекционной эвакуации приобретает угол наклона траектории движения бурового шлама. При выходе из устья скважины его частицы удаляются под наклоном к вертикали, что исключает их возврат в скважину. Особую значимость это положительное качество пневмо-эжекционной эвакуации бурового шлама приобретает при бурении вязких глинистых и обводненных горных пород, когда буровой шлам оседает непосредственно у устья скважины и обрушивается в нее.

Наличие шнековой части в ШПЭ увеличивает крупность частиц транспортируемого шлама, поэтому при бурении взрывных скважин, характеризующихся небольшой глубиной, важно установить такой режим бурения, при котором проходка скважины не будет сопровождаться зашламовыванием какого-либо сечения крупными фракциями шлама.

С учетом выявленных преимуществ пневмо-эжекционную эвакуацию бурового шлама из технологических скважин следует рассматривать в качестве дальнейшего направления для научных исследований и практического применения в области повышения эффективности буровых работ.

Буровзрывной способ добычи полезных ископаемых широко распространен на угольных разрезах, но данный способ является трудоемким и энергоемким. Данные разработки направлены на снижение энергетических затрат в процессе бурения, что способствует снижению себестоимости добычи угля.