

По найденным критериям подобия получаем зависимости для определения параметров разрабатываемого образца пневмоударника по значениям параметров существующего

$$m_2 = m_1 \frac{v_{y1}^2 \cdot P_{c2}}{v_{y2}^2 \cdot P_{c1}} \sqrt{\left(\frac{A_{n2}}{A_{n1}}\right)^3}; \quad A_{02} = A_{01} \cdot \frac{A_{n2}}{A_{n1}}; \quad A_{oi2} = A_{oi1} \cdot \frac{A_{n2}}{A_{n1}}; \quad A_{ki2} = A_{ki1} \cdot \frac{A_{n2}}{A_{n1}};$$

$$l_{ki2} = l_{ki1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{nn2} = l_{nn1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{on2} = l_{on1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{np2} = l_{np1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{op2} = l_{op1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}};$$

$$l_{nb2} = l_{nb1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{ob2} = l_{ob1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{nc2} = l_{nc1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{oc2} = l_{oc1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad l_{ny2} = l_{ny1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}};$$

$$l_{oy2} = l_{oy1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad V_{nn2} = V_{nn1} \cdot \sqrt{\left(\frac{A_{n2}}{A_{n1}}\right)^3}; \quad V_{on2} = V_{on1} \cdot \sqrt{\left(\frac{A_{n2}}{A_{n1}}\right)^3}; \quad V_{nb2} = V_{nb1} \cdot \sqrt{\left(\frac{A_{n2}}{A_{n1}}\right)^3};$$

$$V_{ob2} = V_{ob1} \cdot \sqrt{\left(\frac{A_{n2}}{A_{n1}}\right)^3}; \quad R_{ai2} = R_{ai1} \cdot \sqrt{\frac{A_{n2}}{A_{n1}}}; \quad v_{\partial 2} = v_{\partial 1} \cdot \frac{a_2}{a_1}; \quad A_{x2} = A_{x1} \cdot \frac{A_{oy2}}{A_{oy1}}.$$

Таким образом, на основании изложенного можно сделать следующие выводы:

обоснована целесообразность использования подобия технических систем при их модернизации и разработке новых образцов;

на основании анализа рабочего процесса погружных пневмоударников, выполняемых по схеме [3], определены критерии подобия и на их основе получены зависимости для определения параметров разрабатываемого образца пневмоударника по значениям параметров существующего, разработанного в институте ВНИПИрудмаш и испытанного в лабораторных и промышленных условиях.

Список литературы

1. Алабужев П.М., Геронимус В.Б., Минкевич Л.М., Шаховцев Б.А. Теория подобия и размерностей. Моделирование: Учебн. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1968.-205 с.
2. Гуливец А.А., Бойко В.П. Теория подобия и размерностей при изучения рабочего процесса грохота-питателя с поступательным движением рабочего полотна//В кн. Механика горных машин. - К.: Наукова думка, 1980. - С. 145-152.
3. А.с. 1 689 605 (СССР) Погружной пневмоударник / Гуливец А.А., Бовдуй Б.Г., Бабич В.А., Алексеев Г.М.
4. Алимов О.Д., Манжосов В.К., Еремьянец В.Э. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. - М.: Наука, 1985.

Рукопись поступила в редакцию 24.05.04

УДК 624.24.05

Ю.Г.ГОРБАЧЕВ, канд.техн.наук, доц., А.А.ХРУЦКИЙ, ассистент
Криворожский технический университет

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ШТЫРЕВОЙ КОРОНКИ НА ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СКВАЖИНЫ

Изложены результаты теоретического исследования влияния конструкции корпуса штыревой коронки на процесс очистки скважины при вращательно-ударном бурении. Установлен характер влияния каждого из рассматриваемых элементов корпуса и определены комбинации, дающие наименьшие потери скорости потока.

Применение высокоэффективных буровых инструментов на горнорудных предприятиях является важным условием повышения продуктивности и снижения себестоимости добычи полезных ископаемых. Создание и широкое применение такого инструмента требует глубокого знания процессов, протекающих при бурении, и определения рациональных конструктивных решений, обеспечивающих долговечность коронок, высокую эффективность и снижение себестоимости бурения.

Одним из показателей, определяющих эффективность бурового инструмента, является его долговечность, напрямую зависящая от эффективности выноса шлама.

Существующие методы расчета параметров очистки скважины отечественных и зарубежных исследователей основаны на обеспечении способности потока промывочного агента в затрубном кольцевом пространстве транспортировать шлам по стволу скважины без учета степени эффективности очистки призабойной зоны от частиц шлама. В результате нередко получается зашламление забоя, влекущее за собой повышение износа бурового инструмента и снижение скорости проходки. Конструкция корпуса

коронки оказывает непосредственное влияние на эффективность выноса бурового шлама, однако в литературе, посвященной вопросам очистки забоя, разработке нового бурового инструмента и бурению скважин, не освещено влияние конструкции коронки на процесс выноса шлама. Отсюда вытекает необходимость изучения процессов, протекающих в призабойной зоне и влияние на них конструкции корпуса коронки.

Подобные исследования были проведены для шарошечных долот [1], в ходе которых на специально разработанном стенде изучались аэродинамические процессы, протекающие в призабойной зоне в процессе бурения и влияние конструкции шарошечного долота на них. На стенде определялось давление в различных точках забоя и фиксировалось направление движения промывочного агента для определения так называемых мертвых и вихревых зон, в которых может скапливаться буровой шлам без выноса его на поверхность.

Также подобные исследования влияния конструкции породоразрушающего инструмента были проведены для горных сверл [2]. В исследовании определялось влияние расположения промывочных каналов на эффективность выноса шлама.

Гидроаэродинамические процессы, протекающие в призабойной зоне при ударно-вращательном бурении погружным пневмоударником, имеют более сложный характер, чем при вращательном бурении, поскольку процесс быстротечен, расход изменяется в течение цикла несколько раз, что делает крайне затруднительным как теоретическое, так и экспериментальное детальное изучение процесса выноса шлама. Поэтому основной целью данного теоретического исследования является получение в основном качественных зависимостей, которые могут послужить материалом для последующих экспериментальных исследований.

Исследовались два основных типа корпусов коронок: плоский (рис.1,а) и с выемкой (рис.1,б). Анализировалось влияние на поток промывочного агента расположения промывочных каналов (два осевых, рис.2,а; осевой центральный под углом, рис.2,б; осевой и радиальный, рис.2,в; два радиальных, рис.2,г) и взаимное расположение промывочных каналов и пазов для выноса шлама (прямое, рис.3,а; смещенное, рис.3,б).

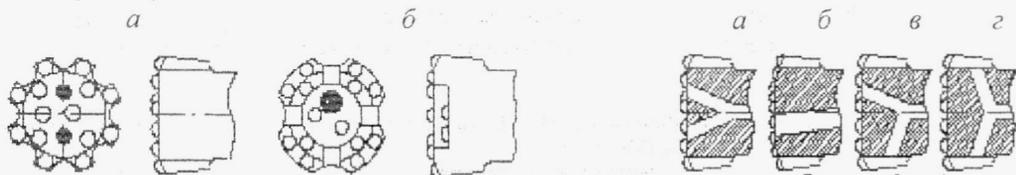


Рис.1. Типы корпусов коронок

Рис.2. Расположение промывочных каналов



Рис.3. Взаимное расположение промывочных каналов и пазов для выноса шлама

Перечисленные схемы анализировались на предмет образования зон завихрений, препятствующих нормальному оттоку промывочного агента из призабойной зоны. Анализ проводился на основе полученных полей скоростей и линий тока. Поле скоростей и линии тока строились в момент максимального значения расхода промывочного агента.

В ходе исследования были приняты следующие допущения:

а) промывочный агент (вода-воздушная смесь) был заменен жидкостью. Такое допущение было принято вследствие сложности математического описания поведения двухфазной системы. Поскольку в данном случае основную роль играют силы трения жидкости, в качестве критерия динамического подобия был принят критерий Рейнольдса [4]

$$Re = \frac{u_0 \cdot l_0}{\nu}$$

где u_0 – скорость потока; l_0 – любой характерный линейный размер, связанный с условием движения; ν – кинематическая вязкость;

б) для исследований была принята модель с неподвижной коронкой;

в) при расчете не учитывалось влияние неровности забоя, стенок скважины и наличия штырьков на рабочей поверхности коронки.

Поле скорости \mathbf{u} для несжимаемой вязкой жидкости в заданной пространственной области определялось решением системы дифференциальных уравнений в частных производных – уравнения Навье-Стокса и уравнения неразрывности потока [3]

$$\begin{cases} -\eta \nabla^2 \mathbf{u} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \nabla p = \mathbf{F} \\ \nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \end{cases}$$

где \mathbf{u} (u, v, w) - вектор скорости потока в пространстве; η - динамическая вязкость; ρ - плотность; p - давление; \mathbf{F} (F_x, F_y, F_z) - вектор силы в пространстве (сила тяжести).

Данная система дифференциальных уравнений в частных производных решалась методом конечных элементов в трехмерном пространстве по времени.

В качестве пространственной области выступала модель призабойного пространства и коронки с различными комбинациями ранее перечисленных конструктивных элементов корпуса. Было исследовано 11 схем корпусов. Результаты представлены в табл.1. На схемах стрелками обозначены основные направления течения. Также на схемах показаны области завихрений, «мертвые зоны» и области наиболее вероятного скопления шлама без его выноса на поверхность.

Анализируя влияние конструктивных параметров корпуса коронки на поток, необходимо отметить, что резкое изменение направления потока является негативным явлением, поскольку приводит к потере скорости и частичному оседанию шлама.

Наиболее благоприятным с точки зрения прямолинейности течения является прямое взаимное расположение промывочных каналов и пазов для выноса шлама (схемы 1, 3, 7 и 9).

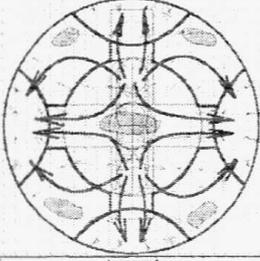
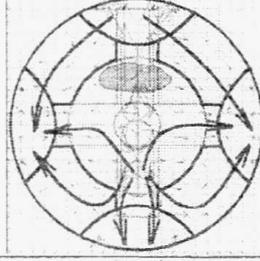
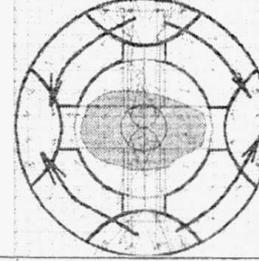
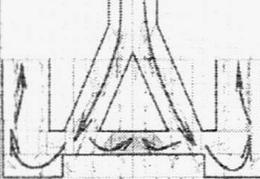
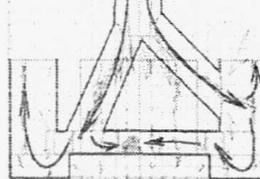
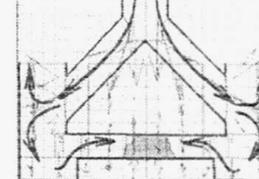
В ходе анализа полученных результатов было установлено, что при симметричном расположении промывочных каналов во всех случаях (схемы 1, 2, 6, 9 и 11) в центре образуется зона столкновения двух потоков, в которой возможно образование вредных завихрений.

Показала свою неэффективность схема с двумя радиальными каналами (схемы 6 и 11), в которой образовывались наибольшие зоны завихрений (схема 6) и «мертвые зоны» (схема 11), характеризующиеся низкой скоростью потока.

Таблица 1

Результаты теоретических исследований

	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
Вид сверху				
Сечение по каналам				
Корпус	Плоский корпус с двумя осевыми каналами, имеющими прямое расположение	Плоский корпус с двумя осевыми каналами, имеющими смещенное расположение	Плоский корпус с одним осевым каналом, имеющим прямое расположение	Плоский корпус с одним осевым каналом, имеющим смещенное расположение
	Схема 5	Схема 6	Схема 7	Схема 8
Вид сверху				
Сечение по каналам				
Корпус	Плоский корпус с осевым и радиальными каналами, имеющими прямое расположение	Плоский корпус с двумя радиальными каналами, имеющими прямое расположение	Корпус с выемкой с одним осевым каналом, имеющим прямое расположение	Корпус с выемкой с одним осевым каналом, имеющим смещенное расположение

	Схема 9	Схема 10	Схема 11
Вид сверху			
Сечение по каналам			
Корпус	Корпус с выемкой с двумя осевыми каналами, имеющими прямое расположение	Корпус с выемкой с осевым и радиальным каналами, имеющими прямое расположение	Корпус с выемкой с двумя радиальными каналами, имеющими прямое расположение

Для плоского типа корпуса коронки наиболее благоприятна, с точки зрения эффективности выноса шлама, схема с одним осевым каналом и прямым взаимным расположением промывочных каналов и пазов (схема 3), менее эффективны, но также применимы схема с двумя осевыми каналами (схема 1) и схема с радиальным и осевым каналами (схема 5).

Вследствие сложной конфигурации корпуса с выемкой и соответственно получаемой формы забоя, при любом расположении каналов имеются небольшие зоны завихрений (схемы 7-11). Так же как и для плоского типа корпуса наиболее эффективна схема с одним осевым каналом и прямым взаимным расположением промывочных каналов и пазов (схема 8), имеющая наименьшие зоны завихрений.

На рис.4 показано влияние расположения радиального канала на направление потока. Стрелками обозначены основные направления движения потока. Как видно из представленных иллюстраций, при низком расположении выхода канала и большом угле наклона α канала (рис.4,б) образуется завихрение, препятствующее нормальному течению потока на забой.

Однако следует учитывать и то, что угол наклона каналов в корпусе коронки α влияет на величину гидравлического сопротивления в них, поэтому уменьшение угла α может способствовать падению скорости потока при проходе каналов.

Параметром, определяющим наличие зоны завихрения, является расстояние между нижней кромкой канала и периметром забоя Δh (рис.4,в). При $\Delta h > 0$ (рис.4, а) завихрение минимально и основная часть потока беспрепятственно оmyвает забой. При значении параметра $\Delta h < 0$ (рис.4,б) образовавшаяся зона завихрения затрудняет течение потока.

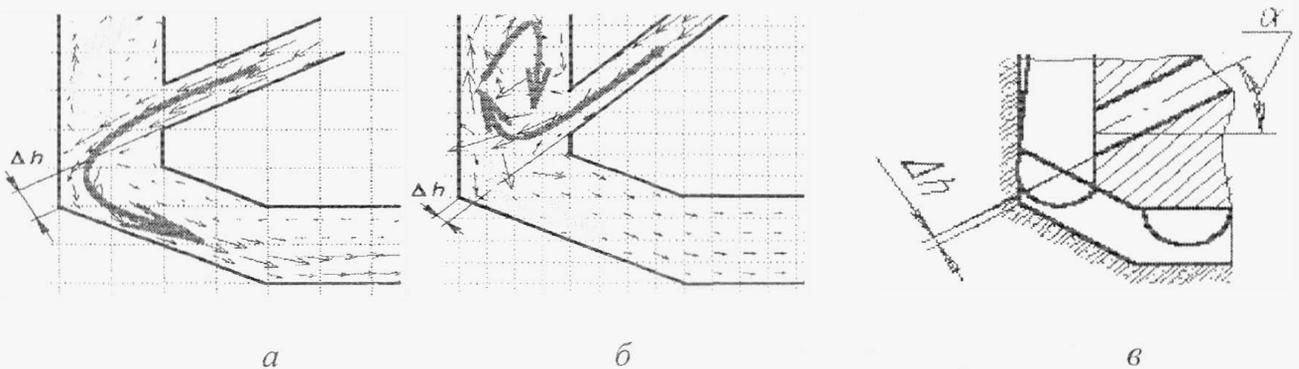


Рис. 4. Расположение радиального канала в корпусе коронки

Таким образом, теоретическое исследование влияния геометрии штыревой коронки на процесс выноса шлама при вращательно-ударном бурении показало, что все анализируемые конструктивные элементы корпуса оказывают непосредственное влияние на эффективность очистки призабойного пространства от продуктов бурения. Также был установлен характер влияния каждого из этих элементов и определены их сочетания, дающие наименьшие потери скорости потока и отсутствие зон завихрений, препятствующих потоку промывочного агента. Так, для плоского типа корпуса и для корпуса с выемкой наиболее эффективна схема с одним осевым каналом и прямым взаимным расположением промывочных

каналов и пазов. Оказалась неэффективной схема с двумя радиальными каналами, также как и схема с симметричным расположением промывочных каналов. Установлено влияние расположения радиального канала на направление движения потока.

Все полученные результаты носят качественный характер и являются априорной информацией для проведения дальнейших экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Мавлютов А.С. Разрушение горных пород при бурении скважин.-М.:Недра, 1978. - 215 с.
2. Катанов Б.А. Стенды для исследования бурового инструмента//Изв. вузов. Горный журнал.- №5.-2000. - С.83.
3. Методы расчета турбулентных течений.-М.:Мир, 1984. - 436 с.
4. Альтшуль А.Д. и др. Гидравлика и аэродинамика.-М.:Стройиздат, 1987.-416 с.

Рукопись поступила в редакцию 24.05.04

УДК 629.114.42.011

В.Д.НОСИК, канд. техн. наук, доц.
Криворожский технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЕРЕДНЕМ И БОКОВЫХ БОРТАХ КУЗОВА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Даны расчетные схемы бортов карьера и приведены формулы для определения прогибов и напряжений от статической нагрузки.

Проблема увеличения долговечности кузова карьерного автомобиля-самосвала затрагивает такие вопросы как рациональные размеры, конструктивные формы и конструкционные материалы. При решении этих вопросов в основу должен быть положен расчет кузова на прочность.

Конструкция кузова автомобиля-самосвала является сложной пространственной статически неопределимой системой, расчет на прочность которой очень сложен. Поэтому, приступая к его расчету, необходимо реальную физическую модель работы кузова аппроксимировать расчетной моделью (расчетной схемой).

Используя современные методы строительной механики и тонкостенных систем, а также на основе анализа результатов экспериментальных исследований нагруженности и анализа особенностей существующих конструкций кузовов, за расчетную схему принимается схема в виде пространственной системы (рис.1), состоящей из четырех пластин, усиленных ребрами жесткости. При расчете система расчленяется на пластины, которые рассматриваются отдельно. Ребра жесткости при этом учитываются посредством введения приведенной толщины пластин.

При выборе расчетной схемы кузова принимаются следующие допущения:

а) каждая пластина пространственной системы рассматривается как тонкая, подвергающаяся малым прогибам. Такое допущение подтверждается данными карьерных экспериментов, в результате которых было установлено, что борта и днище кузова подвержены в основном деформациям изгиба, величины которых не превосходят $0,25 h_0$ (h_0 - толщина обшивки). Это дает основание не учитывать при расчете срединные напряжения, а рассматривать только напряжения изгиба, используя теорию изгиба пластин под действием поперечных нагрузок;

б) при деформации какой-либо пластины системы смежные с ней пластины выполняют роль жестких опор.

Рис.1. Расчетная схема к исследованию напряженного состояния кузова под статическим давлением транспортируемого груза

Данное допущение обусловлено конструктивными особенностями кузова автосамосвала (борта между собой и с днищем соединены при помощи сварки, узел соединения является жестким);

в) граничные условия на краях пластин приняты в виде свободного и шарнирного опирания (по линии соединения смежных пластин).

В случае нагружения кузова статическим давлением равномерно распределенного сыпучего груза пространственная система имеет одну ось симметрии и поэтому продольные борта будут находиться в одинаковых условиях в отношении граничных закреплений и внешнего нагружения. В связи с этим расчет напряженного состояния от статического давления груза необходимо производить для переднего борта (пластина 1), продольного борта (пластина 2, 4) и днища (пластина 3).