

**КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ВРАЩАТЕЛЬНО-ПОДАЮЩЕГО  
МЕХАНИЗМА БУРОВОГО СТАНКА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ  
ПОДАЧИ**

**Волков А.А. Шигин А.О.,**

**Научный руководитель д-р тех. наук, профессор, заведующий кафедрой  
Гилев А.В.**

*Сибирский федеральный университет  
Институт горного дела, геологии и геотехнологий*

В настоящее время в горной промышленности применяются буровые станки с различными типами вращательно-подающих механизмов. Конструкция вращательно – подающего механизма (ВПМ) определяет принципиальные различия моделей станков (вне зависимости от их типа), диапазоны изменения частот вращения и изменения подачи инструмента, величины осевых нагрузок, крутящих моментов, а также длительность вспомогательных операций по приведению бурового става в рабочее положение (свинчивание – развинчивание става) и его подъему после окончания бурения скважины.

При бурении горных пород буровой инструмент и буровой став испытывает спектр сложных нагрузок. Наиболее сложным механическим узлом бурового става является буровой инструмент. С одной стороны его детали испытывают сложнейшие по структуре и величине нагрузки, а с другой – он имеет ресурс, в основе которого лежат механические свойства материалов. В 80 % случаев шарошечный буровой инструмент (ШД) отказывает в работе по причине разрушения подшипниковых узлов [1]. Подшипники качения шарошек испытывают сложную циклическую нагрузку: 1. циклическая нагрузка на тело качения подшипника при качении шарошки по забою; 2. циклическая нагрузка при перекачивании шарошки с зубка на зубок; 3. циклическая нагрузка, характеризующаяся изменением физико-механических свойств горной породы.

В результате исследований выяснено, что непрогнозируемые ударные нагрузки, возникающие при бурении сложноструктурных горных массивов снижают стойкость шарошечных долот до 3-х раз [2]. Проблема применения существующих вращательно-подающих механизмов заключается в высокой жесткости механических характеристик и значительной трудности автоматизации процессов бурения и регулирования рабочих параметров ВПМ. Применение электромагнитной системы подачи позволит преобразовывать непрогнозируемые механические удары и вибрацию бурового става в колебания тока в обмотках статора. Это с одной стороны является механизмом сглаживания величины напряжений в опорах качения шарошек и других высоконагруженных деталей и узлах. С другой стороны изменение тока является сигналом об изменении механической нагрузки, а значит и физико-механических свойств горной породы в процессе бурения.

Вращатели известных буровых станков по принципу действия схожи и состоят из двигателя и редуктора. На вращателях применяют электродвигатели постоянного и переменного тока или гидродвигатели. Последние два типа электродвигателей (постоянного тока и гидравлические) позволяют непрерывно регулировать частоту вращения инструмента и работать на всех породах с оптимальным режимом.

Вращательно-подающий механизм патронного типа [3] состоит из вращателя, закрепленного на платформе станка, гидропатрона и гидроцилиндров подачи. Двигатель постоянного тока через двухскоростной редуктор, переключаемый рычагом, вращает полый шестигранный шпиндель, проходящий через ведущую шестерню

редуктора. Через внутреннее отверстие шпинделя проходит буровой став, который получает вращение от шпинделя через кулаки гидропатроны. Патрон с помощью траверсы и гидроцилиндров перемещается на длину хода цилиндров (1 м), передаваемая буровому ставу усилие подачи.

В ВПМ с цепной подачей [3] вращение буровому ставу передается от двухскоростного асинхронного электродвигателя через двухступенчатый планетарный редуктор. Подающий механизм обслуживает рабочие и маневровые операции и имеет две тягово-роликовые цепи, которые крепятся к коромыслу вращателя. Привод цепи осуществляется звездочкой от пневмодвигателя через двухступенчатый редуктор, содержащий зубчатую и глобоидную передачи. Звездочки установлены в верхней части мачты. Буровой став перемещается вдоль мачты по направляющим. Регулирование скорости и усилия подачи, а также реверсирования скорости подачи достигают изменением подачи воздуха к пневмодвигателю от передвижного компрессора или карьерной пневмосети.

В случае применения ВПМ шпиндельного типа с канатно-поршневой системой подачи [3] вращение осуществляется от электродвигателя постоянного тока через муфту и шлицевой вал передается входному валу двухступенчатого редуктора. От выходного вала последнее вращение получает шинно – шлицевая муфта, служащая для предохранения электродвигателя и редуктора от вибраций. Через опорный узел на вращающийся буровой снаряд передается осевое усилие от нижних механизмов канатов механизма подачи, закрепленных на ползунах опорного узла. Ползуны вращателя движутся по направляющим мачты. Опорный узел, в свою очередь может перемещаться относительно кареток. Электродвигатель с редуктором и блоком подвешен на канатах. Каретка вращателя через полиспадную систему соединена со штоком одного из гидроцилиндров подачи. Ниже опорного узла расположено устройство для подачи воздушной смеси в буровой став. Канатно-полиспадная система осуществляет непрерывную подачу вращателя на длину штанги (8 м) при ходе поршня равном 2 м, и состоит из верхних и нижних канатов, концы которых соединены с верхней кареткой вращателя. При движении штоков гидроцилиндров вверх происходит натяжение нижних канатов и вращатель движется вниз. При опускании штоков натягиваются верхние канаты и происходит подъем вращателя.

Вращение бурового става при использовании ВПМ шпиндельного типа с канатно-полиспадной системой [3] осуществляется через электродвигатель постоянного тока через двухступенчатый редуктор и шинно-зубчатую муфту. Осевое усилие на буровой став передается через опорный узел двумя канатами, образующими 5-кратные нижние полиспасты. Подвижные блоки полиспадов установлены на раме опорного узла, а неподвижные блоки закреплены на мачте. Канаты огибают желобчатые барабаны лебедок подачи и далее идут к неподвижным блокам, установленным на мачте, образуя 5-кратные полиспасты. Подвижные нижние блоки закреплены на вращателе. При бурении вращатель опускается вслед за опорным узлом с сохранением между ними необходимого зазора. Лебедки подачи при бурении получают вращение от гидродвигателей, а при спуско – подъемных операциях – от электродвигателей.

Недостатком этих механизмов является не возможность адаптации при бурении сложноструктурных массивов горных пород, имеющих изменение физико-механических свойств по глубине. Эти изменения приводят к ударным нагрузкам и вибрациям, результаты которых ведут к увеличению циклических напряжений во всем буровом органе. Проблему снижения стойкости долот можно решить путем применения адаптивного вращательно-подающего механизма, способного своевременно определять различные изменения свойств породы и реагировать, корректируя режим бурения. Применение адаптивного вращательно-подающего

механизма [4] позволит использовать узкий промежуток между уровнем напряжения в телах качения и предельными прочностными показателями материала.

Существующие системы подачи рабочих органов буровых станков часто не имеют возможности быстро и своевременно реагировать на изменение свойств горной породы и корректировать режим бурения. Это связано с применением в системе подачи нерегулируемых гидроцилиндров и канатных систем. Поэтому бурение сложноструктурных массивов сопровождается толчками и ударами. Основная ударная нагрузка приходится на рабочий орган и непосредственно на буровой инструмент. Характер разрушений отработавших шарошек указывает на их причины. Компенсировать ударные нагрузки, возникающие по границе изменения крепости пород, можно с помощью адаптивной системы подачи. Ключевым в адаптивной системе является наличие одного или нескольких элементов, способных, во-первых, принимать на себя динамическую нагрузку, смягчая реакцию опоры со стороны грунта с изменяющейся крепостью, во-вторых, быстро и своевременно корректировать подачу, используя обратные связи для силовых органов.

На рисунке 1 представлена схема вращательно-подающего механизма с системой подачи, включающей канатно-полиспадную систему по характеру кинематической схемы вращательно-подающего механизма на основе станка СБШ-250МН-32. При этом гидроцилиндры заменены линейными электродвигателями. Такое конструктивное исполнение позволит использовать адаптивный привод вращательно-подающего механизма с минимальной модернизацией общей конструктивной схемы бурового станка. Также при использовании такой схемы есть возможность максимально проработать конструкцию электрической машины и получить максимальный КПД. К преимуществу такой схемы, кроме адаптивности подачи можно отнести меньшие требования к синхронности работы двигателей, что объясняется компенсирующим действием канатной системы. Кроме того, в данном случае возможно применять секции бурового става без изменения их конструкции.

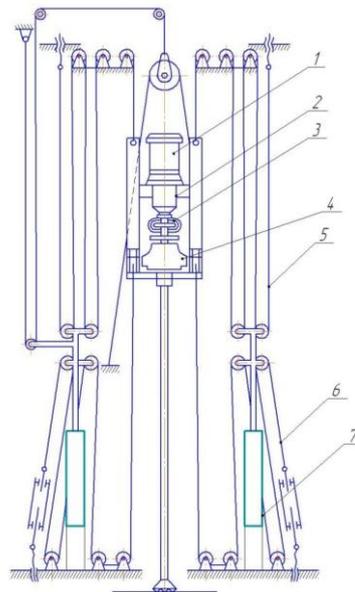


Рисунок 1 – Электромагнитный вращательно-подающий механизм с системой подачи, включающей канатно-полиспадную систему: 1 – электродвигатель постоянного тока, 2- редуктор вращателя, 3 – шинно-шлицевая муфта, 4 – опорный узел, 5 верхние канаты, 6 – нижние канаты, 7 – электромагнитный линейный двигатель подачи.

На рисунке 2 представлена схема на основе кинематической схемы вращательно-подающего механизма станка СБШ-200Н, в котором статор линейного

двигателя охватывает буровой став. При этом буровой став является массивным ротором. Такая конструктивная схема имеет ряд преимуществ: 1) возможность безостановочного бурения на всю глубину скважины; 2) отсутствие необходимости синхронной работы двух двигателей; 3) наибольшая эффективность и своевременность адаптации работы вращательно-подающего механизма к изменениям физико-механических свойств горной породы; 4) максимальное снижение непрогнозируемых нагрузок при бурении сложноструктурных пород; 5) возможность безостановочного бурения при использовании фрикционного захвата механизма вращения бурового става и навинчивания секций выше двигательной системы; 6) возможность безостановочного подъема бурового става.

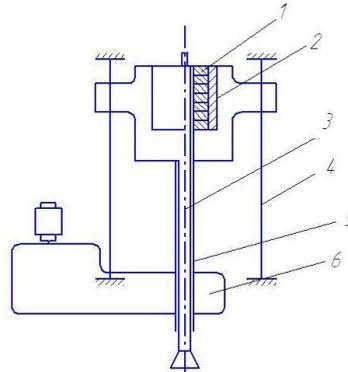


Рисунок 2 - Кинематическая схема адаптивного вращательно-подающего механизма бурового станка с непосредственной электромагнитной подачей рабочего органа: 1 – обмотка линейного двигателя, 2 – линейный трехфазный асинхронный двигатель, 3 – штанга, 4 – стойка крепления механизма подачи, 5 – пустотелый шпиндель, 6 - вращатель (редуктор)

Такое конструктивное исполнение позволит использовать линейный (электромагнитный безредукторный) привод вращательно-подающего механизма с минимальной модернизацией общей конструктивной схемы бурового станка.

Применение показанных конструктивных схем вращательно-подающего механизма бурового станка с электромагнитной системой подачи позволит снизить вибрацию и непрогнозируемые ударные нагрузки, увеличить ресурс бурового инструмента при бурении сложноструктурных горных массивов, а также увеличить среднюю величину рабочих параметров и скорость бурения. Применение электропривода позволит автоматизировать процесс бурения и регулирования рабочих параметров ВПМ.

#### Список литературы.

1. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах. Под ред. В.А. Перетолчина. – М.: Недра, 1993. – 286 с.;
2. Шигин А.О., Гилев А.В. Методика расчета усталостной прочности как основного фактора стойкости шарошечных долот // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2012. – № 3. – С. 22-27.;
3. Горные машины и комплексы для открытых горных работ. Подэрни Ю.Р. Учебное пособие . В 2 т. Т.1 – 4-е изд., стер.. – М.; Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 422 с.;
4. Шигин А.О. Основные принципы адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков // Вестник машиностроения, № 5, 2011. – 3 с.