

### Список литературы

1. Альтшулер Я.Е. Гипоциклоидный пневмодвигатель / Я.Е. Альтшулер // Угольное и горнорудное машиностроение. – М.: НИИ Информтяжмаш, 2-70-8, 1970. – С. 131-139 с.
  2. Пирогов Л.И. Исследование промежуточного преобразующего звена гипоциклоидного вращателя / Л.И. Пирогов // сб. Машины для бурения шпуров и скважин. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1971. – С. 227-234 с.
  3. Васильев В.М. Перфораторы. справочник / В.М. Васильев. - М.: Недра, 1989. - 216 с.
  4. Хуссейн Ш.Д. Совершенствование конструкций вращателей бурильных головок / Ш.Д. Хуссейн // Разраб. рудн. месторожд.. – Вып. 66. – Кривой Рог, КТУ. – 1998. – С. 104-108.
  5. Борисенко А.Е. Пневматические бурильные головки / А.Е. Борисенко, В.Н. Щербина, А.К. Супрун // Горный журнал. - 1999. - № 10 - С.47-48.
- Рукопись поступила в редакцию 15.02.13

УДК 622.233.6

В.А. ГРОМАДСКИЙ, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,  
В.А. ГРОМАДСКИЙ, магистр, ООО «КМШ ПЛЮС»

### СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АМОРТИЗАТОРА ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ (АИК) БУРОВОГО СТАВА СТАНКА ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ СБШ-250

Приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований, и обоснование параметров амортизатора изгибных колебаний бурового става, результаты имитационного моделирования применения такого амортизатора на станке СБШ-250.

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Практически у всех буровых станков, при работе возникают интенсивные динамические нагрузки, разрушающие основные узлы рабочего оборудования, приводящие к значительной вибрации в кабине машиниста и виброболезни обслуживающего персонала. За последние 30-40 лет выполнено значительное количество работ по исследованию и снижению динамических нагрузок карьерных буровых станков типа СБШ. Однако до настоящего времени пока не найдено технического решения эффективного и надежного средства снижения динамических нагрузок этих машин.

**Анализ исследований и публикаций.** Известно применение центраторов бурового става, размещенных в скважине, для снижения изгибных колебаний буровой штанги [1]. Два стабилизирующих устройства (центратора става в скважине), установленные на стыке отдельных штанг бурового става позволили снизить уровень вибрационного ускорения поперечных колебаний бурового става станка БС-1Ш более чем в 4 раза. Однако существенными недостатками такого способа являются трудоемкость установки центраторов на каждом стыке штанг. Не надежность работы в условиях влажной, абразивной и химически агрессивной среды скважины, ухудшение условий выноса буровой мелочи из скважины. Последний недостаток приводит к снижению производительности бурения и повышенному износу бурового инструмента.

**Постановка задачи.** Обоснование структуры и параметров АИК станка шарошечного бурения за счет создания нового и эффективного устройства, размещенного между станком и скважиной.

**Изложение материала и результаты.** При создании АИК нами была использована идея создания устройства, которое ограничивает поперечные колебания бурового става до величины меньшей, чем зазор между стенкой скважины и наружной поверхностью штанги. Это устройство размещается в нижней части мачты станка и через упругодемпфирующие буферы и с четырех сторон сжимает гидроцилиндрами буровую штангу. Разработанный буровой станок с устройством АИК защищен патентом Украины [2].

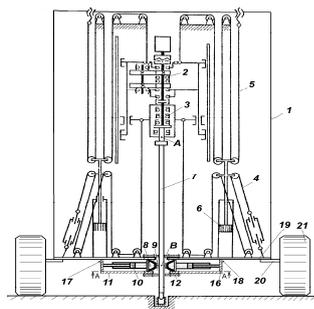


Рис. 1. Схема станка шарошечного бурения с устройством АИК

Станок шарошечного бурения с устройством АИК, рис. 1, состоит из мачты 1, вращателя 2, опорно-подающего узла 3, полиспастов подачи 4 и подъема 5 вращателя 2 с опорно-подающим узлом 3, гидроцилиндров 6 подачи бурового става 7.

Упругодемпфирующие буферы 8 устройства АИК, контактируют с буровым ставом 7 через катки 9 и прижимаются к нему гидроцилиндрами 10. Крышка-щит 11 с резинокордовым фартуком 12 закрывает снизу от выбросов пульпы из скважины гидроцилиндры 10, бу-

феры 8, толкатели 13, направляющие 14 и стойки 15. Корпус 16 закреплен на основании 19 мачты 1, которая имеет ось 20 для поворота в горизонтальное транспортное положение относительно рамы станка и гусениц 21. Кронштейны 22 катков 9, рис. 2, закреплены на упругодемпфирующих буферах 8 стяжками 23, рис. 3. Кронштейны 22 имеют специальную конфигурацию, которая обеспечивает угол  $\alpha$  между осями катков 9 и осью бурового става 7. Благодаря наклону осей катков 9 к оси буровой штанги 7 под углом  $\alpha$ , рис. 3, они перекатываются по спирали по наружной поверхности штанги, которая при бурении постоянно смещается вниз. Это обеспечивает минимальное трение катков о поверхность штанги и их уменьшенный износ.

Упругодемпфирующие буфера 8, прижатые гидроцилиндрами 10 к штанге бурового става 7 значительно повышают его устойчивость, уменьшают величину поперечного изгиба, поглощают энергию поперечных колебаний става и снижают вибрацию бурового станка. Буровой став 7 в процессе бурения и углубления скважины смещается вниз. За счет того, что катки 9 перекатываются по штанге по траектории спирали, облегчается их перекатывание через фрезерованные пазы 24, рис. 2, предназначенные для ключей свинчивания - развинчивания штанг бурового става 7, а также уменьшает боковое проскальзывание катков по поверхности штанги вдоль ее оси.

Одним из наиболее ответственных элементов устройства АИК является упругодемпфирующий буфер 8 - резинокордовая скоба - амортизатор.

Наиболее рациональным вариантом материала скобы - буфера 8 является слоеная анизотропная, конструкция. Амортизаторы такого типа РКВ-К-260 [3,4], рассчитанные на нагрузку 2,6 кН (260 кгс) применены на карьерных экскаваторах.

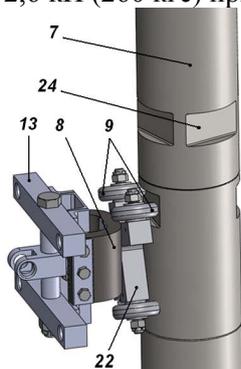


Рис. 2. Фрагмент буровой штанги с прижатыми к ней катками и буфером АИК

Такие амортизаторы показали высокую эффективность снижения динамических нагрузок и надежность в работе. За 7 лет эксплуатации ни один амортизатор не вышел из строя.

Однако для поглощения интенсивных резонансных колебаний бурового става станка СБШ-250 нагрузочную способность амортизатора необходимо увеличить примерно в три раза по сравнению с РКВ-К-260. Для этого вместо кольцевой формы мы применили для буфера 8 АИК арочную резино-кордовую конструкцию и увеличили его ширину до 150 мм со 120 мм.

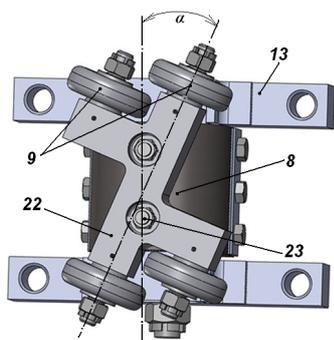


Рис. 3. Крепление катков к буферу АИК

Определены величины деформаций буфера АИК прессе ИП-2000-1 при нагрузке - разгрузке, по которым построены диаграммы, рис. 4 и определен коэффициент поглощения  $\psi$ , характеризующий демпфирующую способность буфера.

После обработки результатов испытаний буферов на сжатие - разжатие получены гистерезисные петли для рабочих усилий прижатия к буровому ставу до 8 кН, приходящихся на каждый буфер.

По результатам экспериментальных данных определен эмпирический коэффициент поглощения энергии  $\psi = 0,26$ . Такие высокие значения коэффициента поглощения позволяют, в сочетании с повышением устойчивости бурового става за счет силового воздействия на него, значительно уменьшить поперечную деформацию и резонансные колебания штанги.

По данным рис. 4 коэффициент жесткости буфера АИК равен

$$C_{АИК-2} = 8 \text{ кН} / 0,2 \text{ м} = 40 \text{ кН/м.} \quad (1)$$

где в формуле (1) усилие сжатия буферов 8 кН и их деформация 0,2 м взяты из диаграммы, рис. 4.

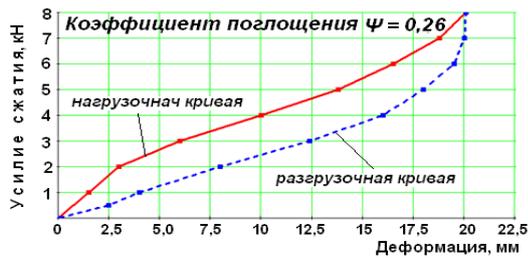


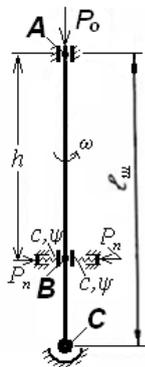
Рис. 4. Гистерезисная петля буфера АИК

Исследование эффективности применения устройства АИК для станка шарошечного бурения СБШ-250 выполнено методом имитационного компьютерного моделирования с использованием программного комплекса SolidWorks в среде COSMOSWorks с использованием приложения динамических расчетов FFEPlus на примере бурового става с двумя тяжелыми буровыми штангами.

Нами установлено, чаще всего и самые экстремальные режимы бурения возникают при бурении двумя тяжелыми штангами  $\varnothing 219 \times 51,5$  мм.

Для построения компьютерной модели буровой штанги использована схема, рис. 5, исходя из допущений о том, что верхний конец штанги в точке *A* вращается в шпинделе опорно-подающего узла станка по скользящей посадке. Катки 9 устройства АИК, контактирующие со штангой в точке *B* также создают эквивалент скользящей посадки. Нижний конец штанги с долотом представлен в виде шаровой пяты в точке *C*.

Рис. 5. Схема бурового става с буферами АИК



Исследования проведены для станка СБШ-250МНА, с долотом 244,5 ОК-ПГВ Ш2.33УН31-М, образующим скважину  $\varnothing 244,5$  мм. В этом случае зазор между стенкой скважины и наружной поверхностью буровой штанги  $S = (244,5 - 219) / 2 \approx 13$  мм. Среднее осевое усилие бурового става  $P_0 = 200$  кН, силы, прижимающие катки 9 к штанге 7 через буферы 8,  $P_n = 8$  кН, угловая скорость вращения (число оборотов) бурового става штатного бурового станка  $\omega = 11,9$  1/с (114 об/мин). У станка с устройством АИК намеренно принят более динамичный режим с повышенной частотой оборотов  $\omega = 12,6$  1/с (120 об/мин).

На рис. 6 приведены результаты сравнительных исследований динамических деформаций буровых ставов для штатного варианта станка СБШ-250МНА и станка с устройством АИК при различных размерах от точки *B* до точек *A* и *C* по мере углубления скважины. Для наглядности на рис.6 выбран различный масштаб шкал деформаций буровых ставов: *a* - 1:10; *б* - 8,5:1; *в* - 3:1; *г* - 1,5:1. Зоны максимальных деформаций ставов показаны на рисунках стрелками, а величины деформаций на шкалах.

Из рис. 6а видно, что буровой став в штатном варианте станка при заданных параметрах бурения имеет амплитуду резонансной деформации  $\Delta_{max} = 155,2$  мм.

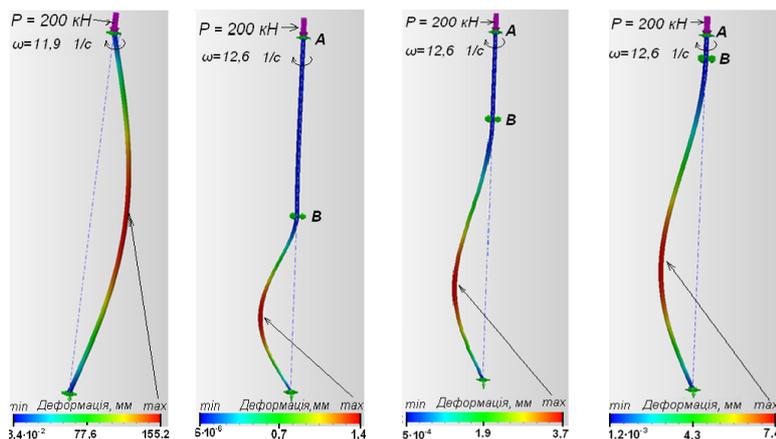


Рис. 6. Результаты имитационного моделирования деформаций буровой штанги на штатном варианте станка СБШ-250 и с применением буферов АИК: *a* буровой став штатного станка *б* АИК в начале бурения 2-й штангой *в* АИК в середине бурения 2-й штангой *г*) АИК в конце бурения 2-й штангой

Поскольку величина зазора *S* между стенкой скважины и поверхностью буровой штанги всего 13 мм, т.е. почти в 12 раз меньше резонансной деформации  $\Delta_{max}$ , поэтому скважина ограничивает эту амплитуду, по-

является интенсивное импульсно-ударное скобление боковой поверхности штанги о стенку скважины с частотой вращения бурового става. При этом верхняя часть бурового става начинает описывать круговые движения с частотой вращения штанги, появляются ударные нагрузки в зазорах между ползунами вращателя, и их направляющими швеллерами. Швеллера от ударов достаточно деформируются так, что вращатель иногда вываливается из них, элементы жесткости решетки мачты разрываются. Виброударные динамические нагрузки передаются на мачту и от мачты на раму станка, возникнет интенсивная вибрация станка.

На рис. 6б показан вариант параметрического имитационного для варианта станка с устройством АИК, когда начато бурение после наращивания второй буровой штанги. В этом случае точка  $B$  разделяет буровой став примерно пополам, т.е.  $AB \approx BC = 8$  м. Как видно из данного рисунка динамические резонансные деформации штанги существенно изменились по сравнению с рис. 6а. На участке штанги  $AB$  внутри мачты станка *min* деформация не превышает  $6 \cdot 10^{-6}$  мм (темно-синий цвет в левой части шкалы деформаций и самой штанги на участке  $AB$ ). На участке штанги ниже точки  $B$  внутри скважины *max* деформация - красный цвет шкалы деформаций и самой штанги (показано стрелкой) не превышает 1,4 мм, что в 110 раз меньше, чем на штатном варианте станка и более, чем в 9 раз меньше зазора  $S$  между стенкой скважины и поверхностью буровой штанги. Поэтому ни какого трения между стенкой скважины и поверхностью штанги нет, виброударные динамические нагрузки отсутствуют.

На рис. 6в показан вариант динамического имитационного моделирования, когда после наращивания второй штанги буровой став дополнительно углубился в скважину примерно на 4 м. Расстояние  $AB$  уменьшилось до 4 м, а расстояние  $BC$  увеличилось до 12 м. В этом случае на участке штанги ниже точки  $B$ , внутри скважины *max* деформация равна 3,7 мм, что в 42 раза меньше, чем на штатном варианте станка, рис. 6а и в 3,5 раза меньше зазора  $S$  между стенкой скважины и поверхностью буровой штанги и, как и в предыдущем варианте, рис. 6б виброударные динамические нагрузки отсутствуют.

Варианты для случаев не полной деформации упругодемпфирующих буферов устройства АИК с усилиями сжатия  $P_n < 8$  кН, рассматривать не будем, так как применение дополнительной опоры бурового става скользящей посадке в точке  $B$  штанги при полной деформации упругодемпфирующей скобы - буфера 8, рис.1-3, позволяет в 21-110 раз уменьшить резонансные амплитуды поперечных динамических деформаций бурового става 7 до величин в 1,8-9 раз меньших, чем зазор между стенкой скважины и поверхностью буровой штанги. Это позволяет исключить виброударный контакт со стенкой скважины и экстремальные динамические нагрузки бурового станка.

Катки 9 устройства АИК, рис. 2, прижимаются гидроцилиндрами 10 к буровому ставу 7 не постоянно, а только в периоды, когда в стае две и более штанги и только тогда, когда в процессе бурения возникает виброударное скобление бурового става о стенку скважины. Это позволяет увеличить срок службы катков, направляющих штоков 14 скоб-буферов и гидроцилиндров 10.

**Выводы.** Наиболее рациональное размещение устройства АИК между нижней частью мачты станка и устьем скважины.

Силовое воздействие на буровой став через упругодемпфирующие буферы позволяет значительно снизить резонансные изгибные деформации штанги в поперечном направлении.

В результате динамического имитационного моделирования применения такого АИК установлено, что в 21-110 раз уменьшаются резонансные амплитуды поперечных динамических деформаций бурового става до величин в 1,8-9 раз меньших, чем зазор между стенкой скважины и поверхностью буровой штанги. Это позволяет исключить виброударный контакт со стенкой скважины и экстремальные динамические нагрузки бурового станка.

**Задачи дальнейших исследований.** Теоретически и экспериментально определить влияние параметров АИК на амплитудно-частотную характеристику бурового става при различных режимах бурения.

Выполнить изготовление опытного образца устройства АИК, его промышленные исследования эффективности и работоспособности.

#### Список литературы

1. Кутузов Б. Н., Шаронов Г. И., Кивва А. В., Филиппов В.С. Исследование влияния центризатора на статистическую устойчивость бурового става // Известия вузов. Горный журнал. -1978. -№ 8. -С. 55-59.
2. Патент Украины на корисну модель № 67285, E21B, Буровий верстат. В.А. Громадський № u 201109259, заявлено 25.07.2011. (Опубл. 10.02.2012: Бюл.№3).
3. Громадский А.С. Снижение динамических нагрузок карьерных экскаваторов / Монография. - Кривой Рог: Издательский центр КТУ. - 2008. - 280 с., ил.
4. Патент № 870759, Україна, F16F 1/02. Амортизатор. / Патентовласник А.С. Громадський // А.С.Громадський, В.А. Громадський - № а 200511180, заявлено 25.11.2005. (Опубл. 25.10.2007: Бюл.№17).

Рукопись поступила в редакцию 18.0313