



УДК 622.063.23

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНКОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ С ПОГРУЖНЫМ ПНЕВМОУДАРНИКОМ

Д.А.ЮНГМЕЙСТЕР¹, И.КРУПЕНСКИЙ², С.А.ЛАВРЕНКО¹

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Таллинский технический университет, Таллин, Эстония

Рассмотрены защищенные патентами конструкции погружных пневмоударников и демпферов для снижения вибрации бурового става карьерных станков шарошечного бурения. Рассмотрены варианты модернизации буровых ставов для бурения крепких пород и забоев сложной структуры. Особое внимание уделено совместной работе погружных ударников и пневмогидроамортизаторов, указаны предпочтительные схемы компоновки указанными устройствами буровых ставов станков. Представлены результаты экспериментальных испытаний станков с пневмоударниками по определению вибрационных показателей работы и скоростей бурения. Пневмоударник позволяет повысить скорость бурения за счет интенсификации разрушения забоя ударной нагрузкой и скола выступов неровности забоя, более полного прилегания долота к забою и освобождения лезвий или штырей долота от буровой мелочи. Выбор конкретного типа демпфера или амортизатора зависит от его конструктивной схемы и возможности изменения конструкции бурового става. При сложности установки демпфирующего устройства в мачте (при значительных габаритах амортизаторов и бурении крепких неоднородных пород) целесообразно использование комплекса средств для снижения гидравлических пульсаций в магистральных и цилиндрах гидросистемы за счет установки в маслостанциях дросселей и пневмогидроамортизаторов. Предложено для совершенствования пневмоударников применять устройство по запатентованному способу бурения с полым поршнем, заполненным магнитоактивной тяжелой жидкостью, что позволит в том числе управлять частотой и размером ударных импульсов и частично компенсировать колебания бурового става, возникающие из-за неравномерности погружения долота в массив. Отмечено, что предлагаемые решения в среднем на 15 % повышают скорость бурения.

Ключевые слова: буровой станок, погружной пневмоударник, амортизатор, демпфер, ударная система, скорость бурения

Как цитировать эту статью: Юнгмейстер Д.А. Анализ вариантов модернизации станков шарошечного бурения с погружным пневмоударником / Д.А.Юнгмейстер, И.Крупенский, С.А.Лавренко // Записки Горного института. 2018. Т. 231. С. 321-325. DOI: 10.25515/PMI.2018.3.321

Введение. К настоящему времени процесс бурения взрывных скважин остается одним из основных и наиболее трудоемких в цикле добычи на открытых горных работах. За рубежом широко применяются самоходные буровые станки с погружными пневмоударниками (ППУ), а также станки с гидравлическими перфораторами, однако на горных предприятиях СНГ наиболее широко распространены станки шарошечного бурения СБШ-250.

Основным достоинством отечественных станков является относительно малая себестоимость бурения. Решением проблемы интенсификации буровых работ на карьерах и разрезах, где применяются станки СБШ-250, является создание новых технических средств, обеспечивающих повышение производительности бурения совместно с пониженным уровнем вибрации бурового става и сохранением стойкости шарошечных долот.

Обеспечить повышенную производительность станков шарошечного бурения позволяют магнитострикционные генераторы, монтируемые над долотом; шарошечные долота прогрессивных конструкций и другие; предполагается существенное изменение конструкции базового станка.

Производительность шарошечного бурения можно увеличить путем приложения ударной нагрузки на долото посредством наддолотного пневмоударника (НПУ). При этом повышение производительности бурения без снижения ресурса породоразрушающего инструмента невозможно без исследования процессов вибрации и выбора рациональных режимов работы бурового станка для заданных горных условий.

Применение метода и средств использования погружных ударников на буровых станках вращательного бурения. Проблема интенсификации буровых работ на открытых разработках стран СНГ может быть решена внедрением в производственный процесс модернизированных станков СБШ-250, оснащенных наддолотными пневмоударниками и пневмогидравлическими амортизаторами между первой штангой и опорным блоком вращателя станка, обеспечивающих меньшую себестоимость бурения скважин, чем стандартные отечественные и импортные станки (рис.1).

Как показано на рис.1, на СБШ могут применяться следующие устройства снижения вибрации, передаваемой от бурового става на машинное отделение, повышения скорости бурения и роста стойкости долот:

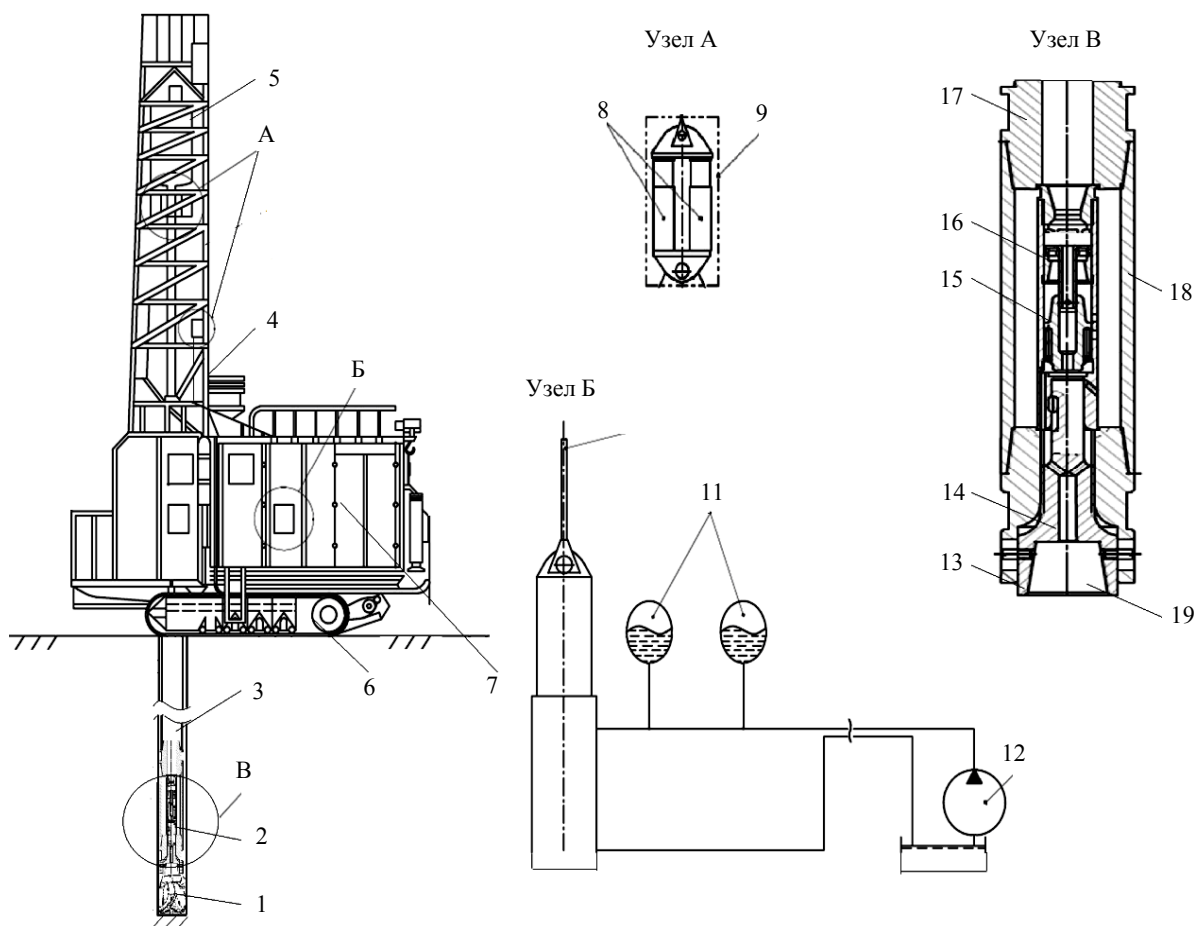


Рис.1. Схема станка СБШ-250 с погружным пневмоударником и дополнительными средствами для снижения вибрации бурового става

1 – шарошка; 2 – пневмоударник; 3 – буровой став; 4 – мачта; 5 – вращатель; 6 – гусеничный ход; 7 – кабина; 8 – пневмогидравлические элементы; 9 – демпфирующий узел; 10 – канат подачи; 11 – пневмогидроаккумуляторы; 12 – гидромотор; 13 – нижняя муфта; 14 – переходник; 15 – поршень погружного ударника; 16 – воздухораспределительное устройство; 17 – верхняя муфта; 18 – корпус погружного ударника; 19 – место установки шарошки

1. Демпфирующий узел (схема А) между вращателем и буровым ставом или демпфирующий узел между канатом и гидроцилиндром подачи. Недостатком способа установки демпфера в ставе является необходимость укорачивания штанг, изготовление блока пневмогидроамортизаторов со скользящим соединением частей при постоянной передаче вращающего момента; настройка амортизатора для бурения пород различной крепости и трещиноватости; недостатком установки демпфера у гидроцилиндра является сложность расположения демпфера в мачте.

2. Установка пневмогидроаккумуляторов (схема Б) на нагнетательной магистрали цилиндра подачи [2, 3, 7, 10-12]. Данный способ имеет следующие недостатки: сложность по набору комплектующих, необходимость изменения конструкции стандартной маслостанции, повышенная сложность производства работ, необходимость согласования изменения конструкции маслостанции с Северо-Западным федеральным округом Ростехнадзора РФ.

3. Установка погружного пневмоударника (схема В), при этом подразумевается, что ППУ работает с одним из вариантов демпферов или устанавливается амортизатор другого типа [5]. Недостатки – сложность наладки частоты ударов и других параметров пневмоударника для выбора такого режима работы, который смог бы снижать уровень вибрации бурового става; требуется проведение НИР.

Исследование параметров и конструкций станков СБШ с ППУ. Анализ перечисленных схем показывает, что для условий открытых работ наиболее применима конструкция погружного ППУ и демпфера по схеме А (рис.1), которая наиболее простым образом может быть реализована механической службой карьера. Например, НИПИГормашем совместно с другими организациями в конце 80-х годов XX в. создана серия пневмоударников оригинальной конструкции для бу-

рения скважин диаметром 105-200 мм. За рубежом погружные пневмоударники выпускают в Швеции, США, Франции, ФРГ, Канаде, Японии, Великобритании, Бельгии. В США пневмоударники выпускают фирмы «Ингерсол Рэнд», «Гарднер Денвер», «Мишн», «Джой» и др. [4]. Фирма «Ингерсол Рэнд» производит серию пневмоударников для бурения скважин диаметром 85-762 мм, ППУ этой фирмы имеют сходную конструкцию. Они рассчитаны на давление сжатого воздуха в сети 0,703; 0,815 и 1,76 МПа. Указанные ППУ предполагают применение специальных коронок.

В 2002-2010 годах в условиях ОАО «Апатит» были проведены замеры параметров вибрации СБШ с целью установления соответствия экспериментальных значений допустимым санитарно-гигиеническим нормам, а также выполнено исследование работы СБШ с погружным пневмоударником (за базовый – принят ППУ Кыштымского машзавода), в том числе для установления влияния износа долота на изменение параметров вибрации. Измерение параметров вибрации проводились при помощи измерительной аппаратуры SVAN946.

Анализ графиков замеров вибрации на машине СБШ-250 (бортовой номер 18) показал, что для низких частот виброускорения превышают санитарные нормы. Это недопустимо для нормальной эксплуатации станков, поэтому необходимо использование средств, снижающих уровень вибрации.

Как показали исследования Э.А.Загрянного, Б.Н.Кутузова и др. [1, 4], применение пневмогидравлического амортизатора по схеме А (рис.1) позволяет снизить параметры вибрации пола машинного отделения и рабочего места машиниста (амплитуду колебаний, а также частоту колебаний) в 3-5 раз, повышает сменную производительность не менее чем на 15 %, до 70 м/см и более.

Анализ экспериментальных зависимостей скорости бурения станком СБШ-250 МНА-32 с НПУ и без него от частоты вращения долота при различных значениях осевой нагрузки P (рис.2) [8] показывает, что скорость бурения имеет степенную зависимость от осевой нагрузки. В рассмотренном диапазоне значений осевой нагрузки и частоты вращения долота, предусмотренном паспортом ведения буровых работ, как при работе базового станка, так и при работе станка с НПУ, критического значения осевой нагрузки не наблюдается. Анализ зависимости

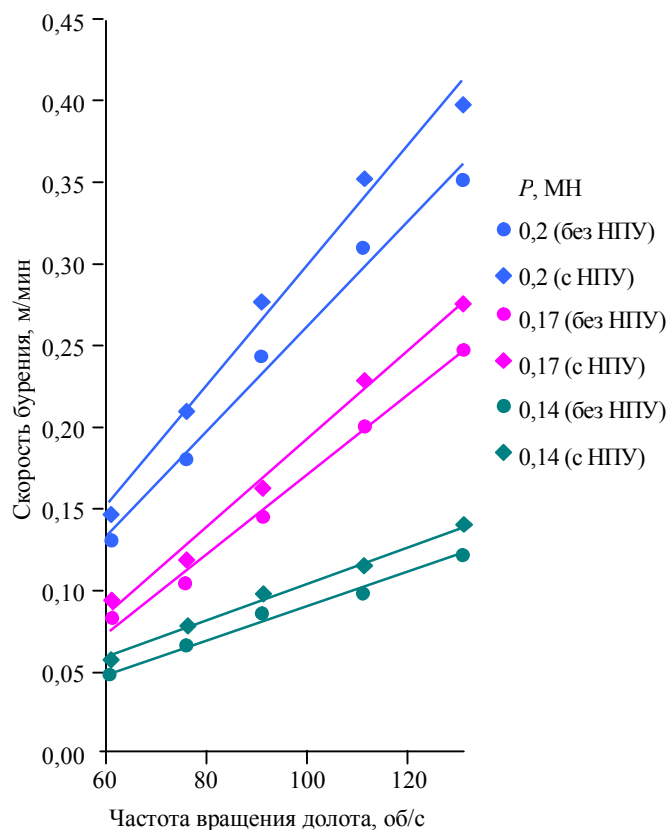


Рис.2. Зависимости скорости бурения от частоты вращения долота

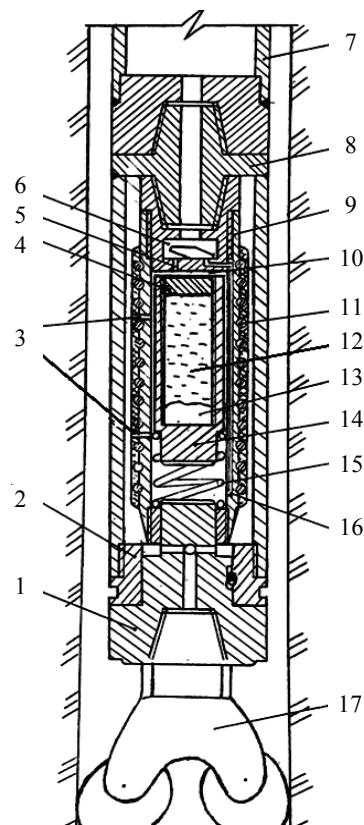


Рис.3. ППУ с полным ударником

скорости бурения от частоты ударов НПУ показал, что прирост скорости бурения скважин станком СБШ-250 МНА-32 при использовании НПУ для интенсификации процесса бурения при $P = 0,2$ МН, частоте вращения долота 2 об/с и частоте ударов 12 с^{-1} составляет 13 %.

Для интенсификации процесса бурения станка СБШ-250 возможно также применение бурового шарошечно-ударного снаряда (Кыштымский машиностроительный завод, СБШУ-250, см. рис.1, схема В) или модернизированных образцов такого снаряда, например ППУ, предназначенного для комбинированного способа бурения взрывных скважин, при котором для уменьшения вредных воздействий ППУ на вращатель и станок в целом используется подпружинивание поршня-ударника. Для защиты шарошки от вредного воздействия ударной нагрузки ППУ необходимо модернизировать, например используя способ бурения полым поршнем [6]. При таком способе на основной ударный импульс, передаваемый в породу, от корпуса ударника накладывается дополнительный импульс за счет перемещения тяжелой магнитоактивной жидкости, которой заполнен полый поршень (рис.3).

Анализ полученных результатов. На основании проведенных исследований ППУ для СБШ рекомендуется их использовать совместно с пневмогидравлическим амортизатором (рис.1, схема А), а конструктивные решения следует принимать в соответствии с ранее выполненными работами [5, 6]. Действие дополнительного амортизатора существенно снижает первую собственную частоту и переводит систему в дорезонансный режим. Резонансные значения невелики, особенно для второго и последующих резонансов, что объясняется достаточно большим вязким сопротивлением демпфера. Совершенствование ППУ предполагает регулирование частоты ударов [6], что является наименее исследованным и, на наш взгляд, перспективным направлением совершенствования ППУ. При этом конструкция ударника с регулируемой частотой ударов и частота ударов подбираются так, чтобы продольные колебания в ставе от ударов долота в породу снижались. По нашему мнению, в этом случае могут быть использованы трехмассовые системы, в которых реализуется дребезг бойка [5, 8, 9].

Техническая модернизация ППУ в соответствии с патентом [6] должна осуществляться за счет нанесения удара, разделенного во времени, и возможности регулирования ударного импульса. На рис. 3 породоразрушающий инструмент 17, установленный на буровом ставе 7, содержит пневмоударник 10 с упругим элементом (например, пружиной 15 в корпусе 9), выполненный со встроенными электромагнитными обмотками 11 для генерирования электромагнитных колебаний. Поршень 14 ударного механизма 10 выполнен полым с наполнением тяжелой магнитоактивной жидкостью с низкой вязкостью 12 (например, жидкостью с наполнением металлическими частицами). Воздухораспределительный механизм 6 с каналами 16, 5 и 3 заставляет поршень 14 совершать возвратно-поступательные движения в корпусе 9, который с одной стороны связан посредством концевой муфты 1, переходника 2 с инструментом 17, а с другой стороны посредством переходной муфты 8 со ставом 7. Поршень 14 имеет камеры 13, разделенные перегородками 4. Изменение передней формы ударного импульса, необходимое при разрушении пород различной крепости, состава и трещиноватости, производится путем создания дополнительного импульса, получаемого при перемещении тяжелой магнитоактивной жидкости с низкой вязкостью. Создание рациональной формы импульса для определенной породы, в зависимости от типа породоразрушающего инструмента и бурового става, позволяет повысить стойкость коронок, а также увеличить скорость бурения [6].

Заключение. Анализ существующих направлений совершенствования средств бурения взрывных шпуров и скважин большого диаметра показывает, что предпочтительным и наиболее просто реализуемым среди прочих при создании ударного импульса заданного вида для СБШ является способ совмещения удара и вращательного (шарошечного) бурения. Необходимо продолжение исследований по изучению влияния на эффективность бурения следующих факторов: параметров демпфирования (в том числе изучение особенностей применения демпферов непружинного типа), различных типов ударников (в том числе гидравлических), конструкции и конфигурации ударников (сдвоенных, с полостями и особым наполнителем).

Экспериментально подтверждена работоспособность разработанной конструкции ППУ и доказано, что использование ППУ не приводит к увеличению максимальных амплитуд продольных колебаний бурового става станка СБШ.



Экспериментально доказано, что использование ППУ для интенсификации процесса бурения станка СБШ-250 МНА-32 позволяет увеличить скорость бурения в среднем на 15 % и стойкость долота до 10 %. Пневмоударники, работающие совместно с демпферами, могут быть рекомендованы заводам для модернизации карьерных станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загивный Э.А. Динамические модели и устойчивость подсистемы «исполнительный орган – забой» горной машины: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 1996. 39 с.
2. Замышляев В.Ф. Исследование влияния конструктивных параметров на устойчивость гидрообъемных линейных двигателей – гидроцилиндров систем подачи карьерных буровых станков / В.Ф.Замышляев, С.К.Прасолов // Горная промышленность. № 2(114)/2014. С. 118-122.
3. Замышляев В.Ф. Современное состояние конструкций карьерных буровых станков / В.Ф.Замышляев, Р.Ю.Подэрни, С.К.Прасолов // Научный вестник МГГУ. 2012. № 12(33). С. 100-113.
4. Кутузов Б.Н. Взрывные работы. М.: Недра, 1980. 392 с.
5. Модернизация ударных буровых механизмов / Д.А.Юнгмейстер, Л.К.Горшков, В.А.Пивнев, Ю.В.Судьенков. СПб: Политехника-сервис, 2012. 149 с.
6. Патент 2209913 РФ. МПК E21B4/14, E21C37/00. Способ бурения крепких пород и устройство для его реализации / М.М.Ветюков, К.А.Лукашов, В.А.Пивнев, Д.А.Юнгмейстер. Оpub. 10.08.2003.
7. Подэрни Р.Ю. Математическая модель обуривания Н-метрового уступа буровым станком с гидрообъемной силовой установкой / Р.Ю.Подэрни, И.Ю.Пятова // Горная промышленность. № 2(120) / 2015. С. 116-117.
8. Расчет и испытания механизмов для ударного разрушения и бурения пород / Д.А.Юнгмейстер, А.И.Исаев, В.А.Пивнев, М.Ю.Платовских, М.Ю.Непран, С.А.Лавренко. СПб: Политехника-сервис, 2014. 128 с.
9. Явление интенсификации передачи энергии удара при центральном повторяющемся соударении твердых тел через промежуточный упругий элемент: Научное открытие № А-415, 2007, диплом № 332 / Д.А.Юнгмейстер, Р.Ф.Нагаев, Ю.В.Судьенков, Л.К.Горшков, В.С.Свинин.
10. Patent Abridgment AU – В 79193/87 № 605790 F 16H 039/00, E02F 009/20. Power drive for working organ of industrial machine. R.Ju.Poderni et al. Australian patent office. 30.01.1989.
11. Poderni R.Y. Blast hole drill rig with extendable mast / R.Y.Poderni, M.R.Chromoy, V.F.Sandalov // The 5-th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. Sao Paulo. Brazil: Proceedings. 1996. P. 387-393.
12. Poderni R.Y. Power pack characteristic selection for rotary blasthole drill rig with advanced hydro-static drive / R.Y.Poderni, M.R.Chromoy, V.F.Sandalov // A.A. Balkema. Mine Planning and Equipment Selektion 1998. Rotterdam, Brookfield, 1998. P. 633-639.

Авторы: Д.А.Юнгмейстер, д-р техн. наук, профессор, iungmeister@yandex.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия), И.Крупенский, канд. техн. наук, науч. сотрудник, igor.krupenski@ttu.ee (Таллинский технический университет, Таллин, Эстония), С.А.Лавренко, канд. техн. наук, доцент, Lavrenko_SA@pers.spmi.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия).

Статья поступила в редакцию 18.04.2017.

Статья принята к публикации 18.02.2018.