

ниппеля на упругие пластины 8. Упругие пластины 8 снабжены буртиками 9 со скошенной передней гранью, которые после допустимого деформирования в конусной проточке 11 фиксируются в кольцевой проточке 10. На дорезьбовой части другого конца ниппеля выполнены лыски 12 под ключ.

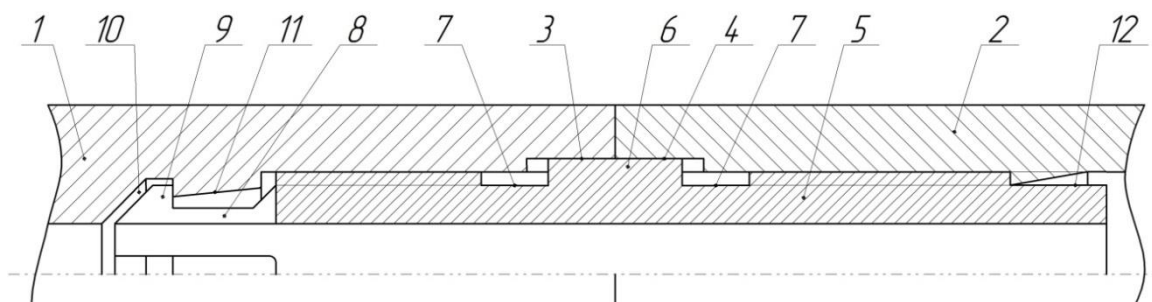


Рис.2 Ниппельное соединение бурильных труб

В процессе бурения вращательно-ударным способом бурильная колонна и соединительные узлы испытывают нагрузки растяжения, сжатия, изгиба и крутящего момента.

Данная конструкция ниппельного соединения имеет следующие отличительные особенности:

- Ниппель расположен внутри двух соединяемых труб стык в стык, что обеспечивает передачу волны деформации с минимальными потерями.
- При прохождении волны деформации через соединение участки бурильных труб сжимаются, а ниппель в свою очередь освобождается от нормальных напряжений растяжения и деформации предварительного момента затяжки соединения.
- Центрирующий буртик и кольцевые проточки выполненные на ниппеле способствуют более долговечной работе соединения на изгиб.
- Возможность автоматизации свинчивания – развинчивания за счет фиксации ниппеля в одной бурильной трубе.
- Ниппель закрытого типа обеспечивает постоянство наружного диаметра колонны, что способствует улучшению выноса шлама из скважины, исключается возможность заклинивания бурильной колонны в скважине.

Новая разработанная авторами конструкция резьбового ниппельного соединения может найти применение при проходке вращательно-ударным способом бурения в породах средней и выше средней крепости ( $f=6 \dots 14$ ). Увеличение коэффициента передачи энергии удара по колонне труб происходит за счет уменьшения жесткости соединительного элемента (ниппеля) при одновременном увеличении контактной жесткости соединений бурильных труб.

#### Литература

1. Жуков И.А. Формирование упругих волн в волноводах при ударе по ним полукатеноидальными бойками: дис. к.т.н. – Томск, 2005. – 132 с.
2. Иванов К.И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К.И. Иванов, М.С. Варич, В.И. Дусев, В.Д. Андреев. – М.: Недра, 1974. – 408 с.
3. Слитин А.П. Расчет параметров процесса передачи продольного ударного воздействия по составным стержням: дис. к.т.н. – Томск, 1990. – 184 с.
4. Шадрин А.В., Саруев Л.А., Саруев А.Л. Динамические процессы в колонне труб при вращательно-ударном бурении скважин малого диаметра из подземных горных выработок. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 175 с.

### ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПЕРФОРАТОРА

А. А. Ефанов

Научный руководитель доцент А.Н. Глазов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ударные механизмы пневматических перфораторов имеют высокий абсолютный и удельный расход воздуха, что приводит к значительным затратам на энергоресурсы, уменьшению производительности и ограничению применения мощных машин при централизованном снабжении сжатым воздухом устройств, к высокому уровню шума выхлопа.

Основными причинами большого расхода воздуха являются значительные утечки сжатого воздуха из пневматической сети через цилиндр в атмосферу в период открытия поршнем выхлопного окна и неэкономичный цикл процессов в рабочих камерах. Эти утечки особенно характерны для клапанного и золотникового распределения и их длительность может достигать до 32% времени цикла работы, а у колонкового

перфоратора ПК-75 составляют 23% времени цикла. При этом доля таких утечек от величины расхода значительно больше, так как в период выхлопа скорость поступающего в цилиндр воздуха возрастает.

В большинстве типов машин ударного действия применяется один распределительный орган (РО) [4], функции которого выполняет золотник, поршень и, чаще всего, клапан. Так как РО имеет два переключения за цикл работы, то невозможно осуществить отсечку рабочих камер от сети до открытия выхлопного окна и осуществить экономичный цикл работы.

В Томском политехническом университете была разработана конструкция ударного механизма с новым воздухораспределительным устройством применительно к колонковому перфоратору ПК-75. Некоторые результаты разработок и исследований рабочих процессов ударных механизмов изложены в работах [1-3].

В данной статье освещена конструкция и принцип работы распределительного устройства с двумя автономными клапанными РО, отдельно управляющими рабочими камерами ударного механизма.

Ударный механизм (рис. 1) состоит из:

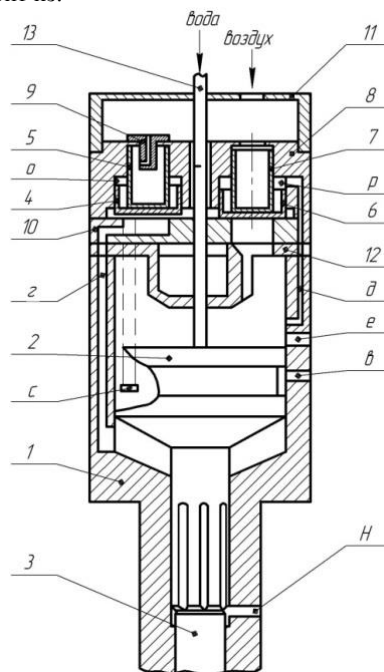


Рис.1 Схема ударного механизма

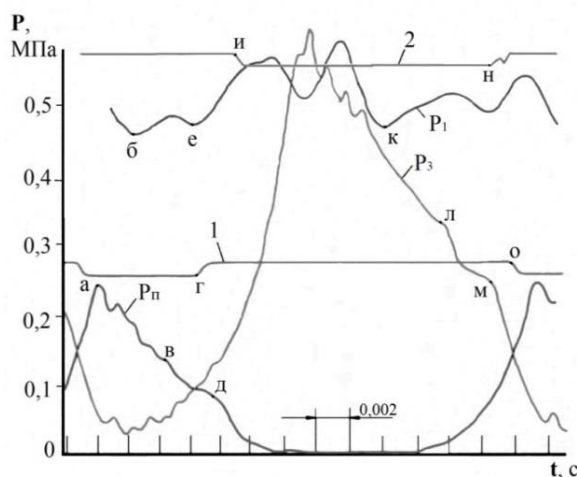
1 – цилиндр с выхлопными окнами *е* и *в*; 2 – поршень; 3 – буровая штанга; 4, 5 – клапан и толкатель камеры обратного хода; 6, 7 – клапан и толкатель камеры прямого хода; 8 – распределительная коробка; 9 – дроссель; 10 – клапанная плита; 11 – крышка; 12 – крышка цилиндра; 13 – трубка подачи промывочной жидкости; *о*, *р* – камеры над клапанами; *с*, *д* – командные каналы камер обратного и прямого хода соответственно; *з* – впускной канал камеры обратного хода; Н – отдушина.

Опишем принцип работы механизма:

Камера *о* через командный канал *с* и проточку поршня 2 сообщается с атмосферой через выхлопное окно *в*. Клапан 4 с толкателем 5 находится в верхнем положении. Сжатый воздух поступает по каналу *з* в камеру обратного хода цилиндра 1, поршень 2 перемещается вверх. Клапан 6 с толкателем 7 находится в нижнем положении. При дальнейшем перемещении поршень открывает командный канал *с*, сжатый воздух из камеры обратного хода поступает в камеру *о*. Сумма сил, действующих на верхние торцевые поверхности толкателя 5 и клапана 4 больше, чем сила под клапаном. Клапан 4 с толкателем 5 перекидываются в нижнее положение и впуск воздуха в цилиндр прекращается до начала открытия поршнем выхлопного окна *в*. Оставшийся в камере обратного хода сжатый воздух истекает при открытии поршнем выхлопного окна *в*. Далее поршень перекрывает выхлопное окно *е* и сжимает воздух в камере прямого хода. Поступающий по командному каналу *д* в камеру *р* воздух способствует устойчивому нижнему положению клапана 6. Затем камера *р* через проточку поршня и выхлопное окно *е* с атмосферой. Клапан 6 с толкателем 7 перемещаются вверх, и сжатый воздух поступает в камеру прямого хода. Далее поршень занимает верхнее рабочее положение и начинается его прямой ход (на рис.1 - вниз). Под действием давления воздуха поршень двигается вперед и через некоторое время открывает командный канал *д*, сжатый воздух из камеры прямого хода поступает в камеру *р*. Клапан 6 с толкателем 7 перемещаются до упора в клапанную плиту 10, т.е. происходит отсечка камеры прямого хода от сети. Оставшийся воздух истекает в атмосферу при открытии поршнем выхлопного окна *е*. Поршень сжимает воздух в камере обратного хода, который поступает по каналу *з* под клапан и в камеру *о* над клапаном 4. Клапан 4 с толкателем 5 находится в нижнем положении. При дальнейшем движении поршня камера *о* с командным каналом *с* соединяются через проточку поршня и выхлопное окно *в* с атмосферой. Клапан 4 с толкателем 5 перемещаются вверх, а затем происходит удар поршня по буровой штанге 3. Под действием импульса отскока и давления сжатого воздуха начинается следующий цикл работы механизма.

Рассмотрим характерные моменты работы распределительного устройства (рис.2).

Из диаграмм 1 и 2 работы клапанов следует, что в периоды времени от точки *г* до точки *и* и от точки *и* до точки *о* сжатый воздух не подается в цилиндр. Моменты впуска и отсечки воздуха по рабочим камерам не совпадают. Все это позволяет осуществить необходимый цикл процессов в рабочих камерах и снизить непроизводительный расход воздуха. Характерные точки на диаграмме давления воздуха в камере обратного хода соответствуют: *а* – переднему положению поршня; *в* – началу открытия командного канала *с*; *д* – открытию выхлопного окна в (рис.1). На линии 1 точки *Г* и *о* соответствуют моментам посадки и отрыва клапана 4 от седла клапанной плиты 10. На диаграмме давления воздуха в камере прямого хода точки *Л* и *М* означают моменты открытия командного канала *д* и выхлопного окна *е* (рис.1) соответственно в период прямого хода поршня. На линии 2 в моменты времени, соответствующие точкам *И* и *Н*, наблюдается начало подъема и посадки клапана 6 на клапанную плиту 10 (рис.1).



**Рис. 2. Осциллограмма рабочих процессов ударного механизма: 1 и 2 – перекидка клапанов камер обратного и прямого хода соответственно;  $P_3$ ,  $P_p$  и  $P_1$  – давление воздуха в камерах прямого и обратного хода, предклапанной камере ударного механизма соответственно.**

В данном ударном механизме в течение 18-20% времени цикла воздух вообще не подается в цилиндр.

В отличие от широко применяемых машин, где два переключения РО и впуск воздуха в цилиндр происходит непрерывно, в новом устройстве – четыре переключения РО за цикл работы, что позволило осуществить экономичный цикл рабочих процессов.

По результатам испытаний нового механизма в лаборатории института НИПИрудмаша расход воздуха составил  $3,8 \text{ м}^3/\text{мин}$ , удельный расход воздуха меньше в 2,3 раза в сравнении с аналогом – ударным механизмом перфоратора ПК-75. Общий уровень шума перфоратора с новым ударным механизмом ниже на 8-10 дБ в сравнении с перфоратором ПК-75.

#### Литература

1. Глазов А. Н. Рабочие процессы пневмоударного механизма перфоратора // Известия Томского политехнического университета. – Томск, – Т. 308. – № 6. – С. 132–136.
2. Глазов А. Н. Энергосберегающие конструкции пневмоударных бурильных машин // Горный журнал. М., – 2007. – № 1. – С. 76–78.
3. Глазов А. Н. Расчетные зависимости статической модели рабочих процессов пневмоударного механизма // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2006. – Т. 309. – № 1. – С. 150–154
4. Есин Н. Н. Пневматические машины ударного действия для бурения шпуров. – Новосибирск, 1978. – 104 с.

### ПРОВЕДЕНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

**А.В. Изофатенко**

Научный руководитель профессор В.Г. Лукьянов

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Подземная прокладка магистральных трубопроводов, осуществляемая более чем на 98% протяженности трасс, обусловила необходимость выполнения земляных работ в большом объеме.

Выполнение земляных работ в обычных условиях механизировано в высокой степени и не представляет большой сложности. Однако разработка имеющих высокую прочность полускальных, скальных и мерзлых грунтов обычными способами и строительными машинами невозможна. В некоторых случаях разработка скальных и мерзлых грунтов возможна после предварительного механического рыхления. Однако