

$$A_1 \rho_1 a_1 t (E_2 A_2 a_1 + 2E_1 A_1 a_2) \ddot{z}_2 + A_1 \rho_1 a_1 (E_2 A_2 a_1 + 2E_1 A_1 a_2) \dot{z}_2 + \frac{2E_2 A_2 E_1 A_1}{t} z_2 = 2A_1^2 \rho_1 a_1 E_1 a_2 \left( v_{01} + \frac{a_1}{2} \right). \quad (23)$$

Как видно, вид уравнений, описывающих процесс деформации бойка (16) и стержня (23) при упругом продольном ударе одинаковы.

Хотя в ударных системах возможна разность продольных жесткостей бойка (14) и стержня (22), а также различные значения  $z_1, z_2$  согласно уравнений (16) и (23) амплитуда генерируемых ударных импульсов и продолжительность их во времени всегда будут одинаковы.

Таким образом на основании полученных дифференциальных уравнений, описывающих процесс деформирования бойка и стержня при упругом продольном ударе могут быть определены формы генерируемых в них ударных импульсов согласно зависимости

$$F_{1(t)} = c_{1(t)} \cdot z_{1(t)}, \text{ или } F_{2(t)} = c_{2(t)} \cdot z_{2(t)}. \quad (24)$$

**Выводы и направление дальнейших исследований.** В результате теоретических исследований получены дифференциальные уравнения, описывающие процесс сжатия бойка и стержня ударной системы при продольном упругом их соударении.

Используя решение полученных дифференциальных уравнений могут быть определены формы ударных импульсов, генерируемых в элементах упругих систем при ударе.

Результаты решения полученных дифференциальных уравнений (16) и (23) и результаты аналитических исследований, выполненных на основе их решений будут приведены в следующих публикациях.

#### *Список литературы*

1. **Андреев В.Д.** Формирование импульсов напряжений в ударных узлах буровых машин. - В кн.: Взрывное дело, 58/15. - М.: Недра, 1966. - С. 147-156.
2. **Иванов К.И., Андреев В.Д.** Разрушение горных пород ударными импульсами, генерируемыми поршнями различной формы. - В кн.: Взрывное дело, 58/15. - М.: Недра, 1966. - С. 244-253.
3. **Александров Е.В., Соколинский В.Б.** Прикладная теория и расчеты ударных систем. - М.: Наука, 1969. - 199 с.
4. **Кильчевский Н.А.** Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. - К.: Наукова думка, 1976. - 320 с.
5. **Алимов О.Д., Манжосов В.К., Емельянец В.Э.** Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. - М.: Наука, 1985. - 356 с.
6. **Горбунов В.Ф., Саруев Л.А., Кашкаров Г.М., Белов А.И.** Исследование передачи ударного импульса через соединения буровых штанг. В сб.: Проблемы повышения стойкости бурового инструмента. - Новокузнецк, 1975. - С.48-49.

Рукопись поступила в редакцию 21.02.13

УДК 622.233.5: 62-192

Д.А. АРТАМОНОВА, В.П. НЕЧАЕВ, кандидаты техн. наук, доц.,  
В.Н. КИСЕЛЕВ, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»  
С.Г. КАССИР, ПАО «КЗГМ»

### **НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПЕРЕНОСНЫХ ПЕРФОРАТОРОВ**

Рассмотрены основные причины выхода из строя основных узлов перфораторов ударно-поворотного действия на примере переносного перфоратора. Описаны существующие методы обеспечения долговечности этих машин. Предложено новое направление, заключающееся в создании регулярного профиля микронеровностей и подборе их направлений на трущихся деталях. Описаны достоинства этого метода.

**Проблема и ее связь с практическими задачами.** Буровзрывные работы остаются основным видом подготовки породы к добыче, при этом наиболее трудоемким процессом является бурение шпуров и скважин для размещения в них заряда взрывчатых веществ. Бурение осуществляется с помощью ручных и телескопных перфораторов, которые используются при добыче руд черных и цветных металлов, при строительстве подземных сооружений. Ручные и телескопные перфораторы относятся к пневматическим машинам ударно-поворотного действия и обладают неоспоримыми достоинствами, такими как: конструктивная простота, низкая стоимость, небольшие габаритные размеры, универсальность, безопасность, простота обслуживания и ремонта, низкие эксплуатационные затраты. Но существенным недостатком отечественных машин является их невысокий уровень качества [1].

**Постановка задачи.** Современные отечественные перфораторы имеют ряд проблем, которые обусловлены конструктивными особенностями, технологией изготовления и

используемыми материалами. Так основной объем масла, предназначенного для смазки, выносится через выхлопное окно после отработки поршнем ударного импульса. В результате сопрягаемые подвижные детали работают в условиях полусухого или сухого трения, что приводит к повышению затрат энергии на трение, снижению шероховатости сопряжений, образованию следов «схватывания» от микроударов.

По данным завода ПАО «КЗГМ», наиболее частыми причинами выхода из строя перфораторов является износ деталей ударно-поворотного механизма. Принципиальная схема переносного перфоратора представлена на рис. 1.

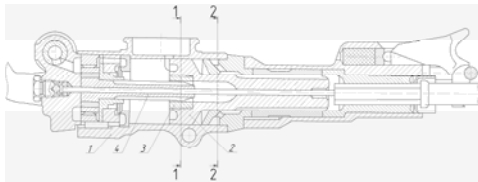


Рис. 1. Перфоратор модели ПП50В1

**Изложение материала и результаты.** Сечения 1,2 проходят через сопряжения, обеспечивающие поворот и удар поршня. В сечение 1 попадает цилиндр 1, головка поршня-ударника 2, бронзовая гайка поворотная 3, которая через шлицевое сопряжение с винтом поворотным 4 осуществляет поворот поршня и става штанг. Это одно из наиболее нагруженных и не долговечных сопряжений. Поэтому выбор материала и вида термической или химико-термической обработки для втулки поворотной является одной из актуальнейших задач.

Головка поршня-ударника в этом сечении выполняет несколько функций: воспринимает давление сжатого воздуха, за счет чего обеспечивает прямой и обратный ход. Величина зазора между головкой и цилиндром отвечает за расход воздуха и энергию удара. Зазор между ними не должен быть меньше 30 мкм., необходимых для прохождения ударного импульса. При зазорах более 150 мкм, работа перфоратора становится не рентабельной из-за снижения энергии удара [3]. Сопряжение подвергается абразивному износу за счет частичек руды, попадающих через выхлопное отверстие и большой скорости перемещения поршня. Они работают в условиях полусухого или сухого трения, что приводит к повышению затрат энергии на трение, снижению шероховатости сопряжений, образованию следов «схватывания» от микроударов.

Для повышения износостойкости сопряжения необходимо обеспечить жидкостное трение и подобрать шероховатость и твердость трущихся поверхностей.

В настоящее время износостойкость обеспечивается путем пористого хромирования цилиндра и цементации и закалки поршня. Применение такого метода повышение износостойкости предложили И. А. Бегагоен и А. И. Бойко: "Трущиеся поверхности зеркала цилиндра и головки поршня должны быть износо- и коррозионно стойкими, сохранять масляную пленку при граничном трении и быть стойкими против задигов при периодическом отсутствии смазки и больших местных давлениях. Этим требованиям лучше всего удовлетворяет антифрикционная пара «пористый хром - цементированная закаленная сталь»." [2]. В этом случае обеспечивается повышение износостойкости поверхностей деталей за счет цементации, а пористое хромирование обеспечивает удерживание капель смазки в порах, но ее количество может быть недостаточным и обеспечивается только структурой самого хрома, а установление требуемых режимов процесса хромирования, для обеспечения необходимой маслостойкости трущихся поверхностей, требует сложных расчетов или может быть установлено только экспериментальным путем. Проведенные авторами исследования, показали повышение срока службы трущихся пар по отношению к их первоначальному значению, но на данный момент это повышение не обеспечивает необходимый срок службы деталей отечественных перфораторов по сравнению с зарубежными. Кроме того, пористое хромирование является химико термическим процессом дорогим и не безопасным для человека и окружающей среды.

Второе сечение 2 проходит через цилиндр, в который неподвижно вставлена втулка направляющая 5, удерживающая поршень через хвостовик. Сопряжение втулка направляющая - хвостовик поршня является базирующим и обеспечивает прямой плоский удар поршня по штанге. Именно к этому сопряжению предъявляются самые высокие требования по точности и шероховатости. Шероховатость сопрягаемых поверхностей в сопряжении Ra 0,8-0,4 мм. Минимальный зазор в сопряжении должен обеспечить прохождение ударного импульса и не должен превышать 25-30 мкм, а максимальный не более 40-45 мкм [2]. Как показали исследования, при перекосах поршня и штанги во время удара до 10 минут, удар получается плоским за счет упругой деформации торцов. При увеличении зазора появляется

внецентренный удар, который приводит к возникновению не только контактных напряжений и напряжений сдвига, вызываемых плоским ударом, но и напряжений изгиба, которые ведут к быстрым поломкам поршня и штанги [2]. Таким образом, обеспечение необходимых зазоров, подбор материала, твердости сопряженных поверхностей, а также сочетание их шероховатостей может обеспечить повышение долговечности сопряжения и качество работы перфоратора, что способно повысить конкурентоспособность отечественных перфораторов по сравнению с зарубежными аналогами.

Как показало исследование рынка на сегодняшнее время отечественные перфораторы не способны успешно конкурировать с аналогичными моделями компаний «Atlas-Copco», «Taik Mining Equipment Co., Ltd» и «Xuanhua Jinke Drilling Machinery Co., Ltd» как на внутреннем так и международном рынке. Разработка новых способов повышения долговечности деталей перфоратора, а именно цилиндра, поршня-ударника и втулки направляющей требует выполнения новых исследований.

**Выводы.** Одним из современных способов повышения долговечности сопряжений за счет обеспечения жидкостного трения, является нанесение регулярного микрорельефа (РМР) на трущиеся поверхности деталей. РМР наносится на детали методом гидродинамического накатывания на любом металлорежущем станке. Подбор направлений микронеровностей на охватывающей и охватываемой детали для обеспечения жидкостного трения может понизить требования к твердости поверхностей.

Нанесение РМР на трущиеся поверхности способен дать следующий эффект:

Увеличение маслоемкости поверхностей;

Уменьшение температуры в зоне трения за счет уменьшения высоты микронеровностей, увеличения радиуса их вершин и обеспечения жидкостного трения;

Дополнительное упрочнение поверхности, что помогает противостоять ее истиранию;

Повышение коррозионной стойкости;

Уменьшение срока приработки за счет уменьшения высоты выступов микронеровностей поверхности;

Повышение срока нормальной эксплуатации.

Также нанесение РМР на внутреннюю поверхность цилиндра перфоратора даст возможность избавиться от вредного для человека и природы, а также дорогостоящего процесса хромирования.

Исходя из всего сказанного понятно, что наносимый микрорельеф должен соответствовать следующим требованиям:

Удерживание достаточного количества смазки для обеспечения жидкостного трения;

Обеспечение достаточной площади контакта поверхностей для сохранения необходимых зазоров в соединениях;

Удерживание смазки при продувке механизма сжатым воздухом, что происходит при его работе в результате выхлопа.

Также, исходя из специфики работы механизма и требований предъявляемым к его работе и работе его составных частей, можно сделать вывод, что профиль и глубина наносимых микронеровностей должна зависеть от характеристик масла используемого для смазки перфоратора, а также от его вибрационных характеристик. Это даст возможность в полной мере обеспечить трущиеся поверхности цилиндра, поршня-ударника и втулки направляющей смазкой. Для обеспечения этих требований необходимо выполнить дальнейшие исследования нацеленные на выбор и расчет параметров регулярного микрорельефа.

#### *Список литературы*

1. Д.А. Артамонова, В.П. Нечаев, С.Г. Кассир Состояние вопроса и перспективы развития отечественных перфораторов ударно-поворотного действия / Д.А.Артамонова, В.П. Нечаев, С.Г. Кассир // Вісник Криворізького технічного університету, 2012. - вип. 30. - С. 139-141.
2. Артамонова Д. А. Исследование точности сопряжений переносных перфораторов. Автореферат диссертации канд. техн. наук. Кривой Рог: КГРИ, 1995. – 110 с.
3. Бегагоен И.А., Бойко А.И. Повышение точности и долговечности бурильных машин. М.: Недра, 1986, 213 с.
4. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. Ленинград «Машиностроение», 1982, 247 с.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.13