

**А.С. Громадский, А.А. Хруцкий, В.Г. Бобырь,  
Д.И. Кузьменко**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗНОСА ШТЫРЕВЫХ КОРОНОК-РАСШИРИТЕЛЕЙ ДЛЯ БУРЕНИЯ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ШПУРОВ И СКВАЖИН В КРЕПКИХ ПОРОДАХ**

Представлены результаты промышленных испытаний штыревых коронок-расширителей для бурения компенсационных шпуров в одну или две стадии по крепким горным породам. Приведена методика оценки износа корпуса и штырей бурового инструмента для ударно-поворотного и ударно-вращательного бурения, основанная на замерах его корпуса в характерных точках и фотопланиметрировании породоразрушающих элементов. В методике рассмотрены особенности определения характерных точек измерения корпуса, которые позволяют упростить и ускорить измерение износа корпуса бурового инструмента. Указаны особенности фотопланиметрирования износа твердосплавных штырей. Приведены данные по износу твердого сплава и корпуса коронок-расширителей. На основе разработанной методики построены эпюры износа, выполнена оценка износостойкости коронок-расширителей и спрогнозирован их срок службы. Установлено, что износ внутренней поверхности боковых пазов для выноса шлама и торцевой поверхности корпуса незначителен и составляет 0,1–0,7 мм. Наиболее подверженной износу оказалась наружная поверхность корпуса коронки-расширителя. Ключевые слова: буровые коронки-расширители, износ бурового инструмента, прогноз износостойкости, эпюра износа, измерение износа, бурение компенсационных шпуров, срок службы.

### **Проблема и ее связь с практическими задачами**

**О**коло 25% железных руд в Украине добывается подземным способом. Наиболее распространенным способом разрушения горных пород средней и высокой крепости являются буровзрывные работы. Эффективным методом проходки

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 24–31.  
© 2016. А.С. Громадский, А.А. Хруцкий, В.Г. Бобырь, Д.И. Кузьменко.

подготовительных выработок малого сечения является использование компенсационных шпуров большого диаметра, которые проходятся с использованием коронок-расширителей.

Так как расход коронок-расширителей при эксплуатации зависит в основном от их стойкости, изучение причин непосредственного износа инструмента и путей его снижения и прогнозирование работы бурового инструмента является актуальным [1].

### **Анализ исследований и публикаций**

Изучением износа породоразрушающего инструмента для бурения шпуров занимались многие исследователи, в том числе Л.И. Барон [2], Г.В. Арцимович [3], Б.З. Изаилит [4], В.А. Мелашенко [5] и др.

В рассмотренных работах отсутствует единая методика определения износа породоразрушающего инструмента и поэтому для каждого вида инструмента и условий работы необходимо проведение промышленных испытаний для анализа его износа.

### **Постановка задачи**

Целью настоящей работы является разработка методики исследований для определения и прогнозирования линейного износа штыревых коронок-расширителей для бурения компенсационных шпуров и скважин диаметром 65–90 мм.

### **Методика исследований**

Следует отметить важность именно линейного износа бурового инструмента из-за того, что различные поверхности инструмента изнашиваются крайне не равномерно.

Рассмотрим методику определения линейного износа корпуса бурового инструмента. Методика основана на методе линейных измерений корпуса в характерных точках. Применить методику искусственных баз [1] в данном случае затруднительно.

Перед проведением измерений изношенный буровой инструмент должен быть зачищен металлической щеткой.

Для определения точек измерений корпуса, проводится серия предварительных установочных измерений.

В начале определяются поверхности с минимальным износом. Это износ, величина которого равна или меньше цены деления измерительного инструмента. Износ таких поверхностей считается нулевым и далее делается только один контрольный замер этих поверхностей.

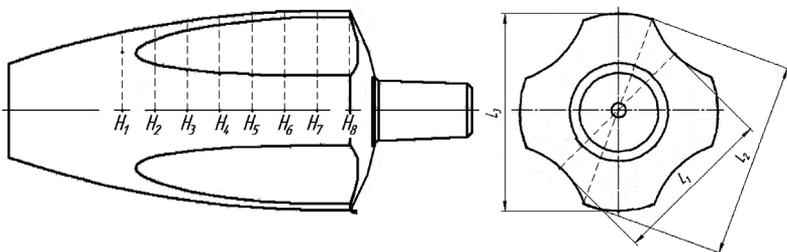


Рис. 1. Точки обмера корпуса коронки

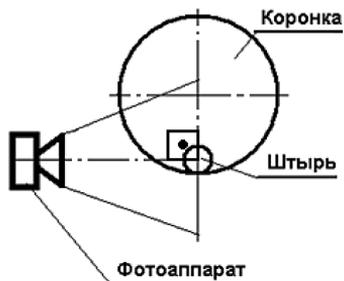


Рис. 2. Фотографирование профиля штыря

Поверхности, имеющие плавно изменяющиеся сечения и такой же плавный износ, обмериваются как минимум в трех точках – в начальной, средней и конечной.

Для определения износа корпуса штыревой коронки-расширителя разработанной нами [6] определены следующие характерные точки, приведенные на рис. 1 (штыри условно не показаны).

Для определения линейного износа штырей используется фотопланиметрический метод [1].

При фотографировании штырей в профиль ось объектива фотоаппарата располагается перпендикулярно плоскости, которая проходит через ось штыря и коронки (рис. 2).

Процесс обработки фотографий приведен на рис. 3.

Для оценки линейного износа штыря необходимы две фотографии – фотография нового штыря (фотография нового шты-

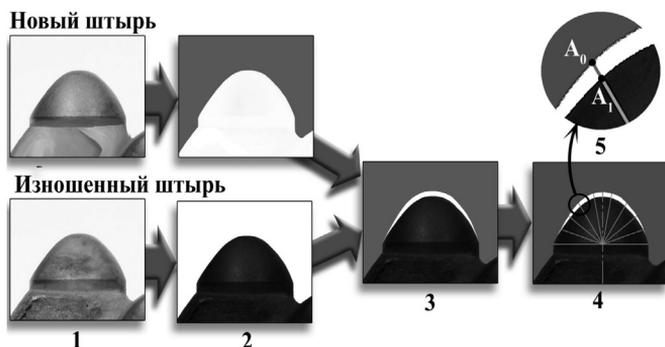


Рис. 3. Последовательность определения износа штыря

ря или начальный контур согласно каталогу производителя) и фотография уже изношенного (рис. 3, 1).

Фотографии обрабатываются для усиления контрастности и четкости контуров штырей. Причем для нового штыря фон затемняется, сам штырь осветляется, а для изношенного штыря наоборот – фон осветляется, а штырь затемняется (рис. 3, 2).

Далее фотографии накладываются друг на друга. Износ штыря выглядит как зазор между базовым и изношенным контурами (рис. 3, 3).

Из точки пересечения оси штыря и линии пересечения поверхности головки штыря и его корпуса проводится серия опорных лучей (рис. 3, 4).

Число лучей и, соответственно, их угловой шаг определяются таким образом, что бы значения двух соседних точек отличались друг от друга не более чем на 20% и контур между точками был монотонным и не имел бы резких всплесков и впадин изменений.

На лучах определяют по две точки пересечения с базовым ( $A_0$ , рис. 3, 5) и изношенным ( $A_1$ ) контурами штыря. Расстояние между этими точками будет величина линейного износа. В результате будет получена эпюра износа твердосплавного породоразрушающего элемента коронки.

### **Изложение материала и результаты**

Было проанализировано 9 коронок-расширителей диаметром 65 мм, отработавших по породам крепостью  $f = 15-18$ . Проходка коронок при бурении составила от 10 до 50 пог. м.

В результате предварительных измерений установлено, что износ внутренней поверхности боковых пазов для выноса шлама незначителен и составляет от 0,1 до 0,7 мм.

Торцевая поверхность корпуса, на которой расположены породоразрушающие элементы, также практически не была изношена. Это объясняется тем, что штыри при работе имели не большой износ и эта поверхность практически не контактировала с породой.

Наиболее подверженной износу оказалась наружная поверхность корпуса коронки-расширителя. Поэтому она обмерялась по максимальному диаметру ( $L_2$ , рис. 1) и около бокового паза ( $L_3$ ). Причем корпус обмеряется в нескольких точках  $H_1-H_8$  по оси корпуса.

Согласно разработанной методике был определен износ корпуса и построены эпюры износа. Пример эпюры износа бо-

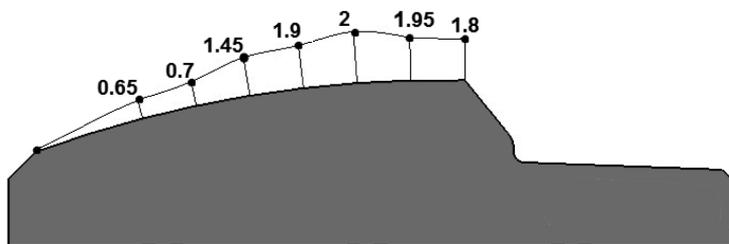


Рис. 4. Эюра износа на сторону боковой поверхности корпуса коронки-расширителя, прошедшей 16,3 м по породе крепостью  $f = 15-18$

ковой поверхности корпуса коронки-расширителя, приведен на рис. 4.

На основе полученных данных, выведена логарифмическая зависимость износа на сторону боковой поверхности корпуса коронки-расширителя диаметром 65 мм от проходки по породам крепостью  $f = 15-18$  (рис. 5)

$$I_c(H) = 0,3 \cdot \ln(H - 9,3) + 1,2,$$

где  $I_c$  – износ на сторону боковой поверхности корпуса, мм;  $H$  – проходка, м.

Такую форму кривой износа можно объяснить формой боковой поверхности корпуса. При постепенном истирании боковой поверхности, резко возрастает площадь контакта металла корпуса и породы, что снижает скорость износа, но увеличивает момент трения.

Согласно разработанной методике фотопланиметрирования, был определен износ породоразрушающих элементов коронки-расширителей и построены эюры износа. Пример эюра износа штыря на рис. 6.

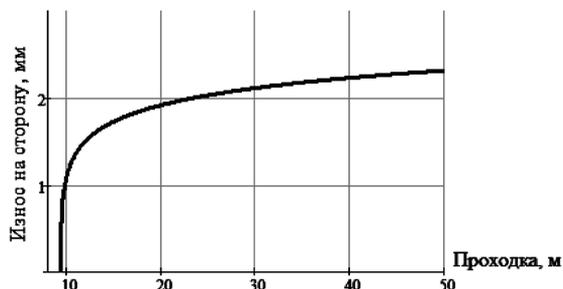


Рис. 5. Зависимость износа на сторону боковой поверхности корпуса коронки-расширителя от проходки по породам крепостью  $f = 15-18$

На основе полученных данных выведена логарифмическая зависимость износа штыря коронки-расширителя диаметром 65 мм от проходки по породам крепостью  $f = 15-18$  (рис. 7).

$I_{\text{ш}}(H) = 0,3 \cdot \ln(H - 9,3) + 1,2$ ,  
 где  $I_{\text{ш}}$  – износ штыря, мм;  $H$  – проходка, м.

Характер кривой объясняется тем, что в процессе износа штыря возрастает площадь контакта, т.е. при притуплении штыря, увеличивается радиус закругления его головки. Это, в свою очередь, снижает скорость износа, но так же при этом уменьшается объем разрушенной породы за один удар, и соответственно, снижается скорость бурения.

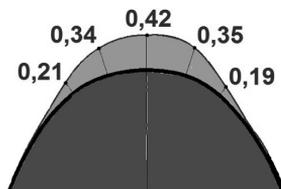


Рис. 6. Эюра износа штыря коронки-расширителя, прошедшей 20 м по породе крепостью  $f = 15-18$

### Выводы и задачи дальнейших исследований

1. Разработана методика исследований по определению линейного износа корпуса и твердосплавных породоразрушающих элементов буровых коронок.

2. Установлено, что износ внутренней поверхность боковых пазов для выноса шлама и торцевой поверхности корпуса незначителен и составляет от 0,1 до 0,7 мм, а наибольшему износу подвержена боковая поверхность корпуса.

3. Получена логарифмическая зависимость износа на сторону боковой поверхности корпуса коронки-расширителя диаметром 65 мм от проходки по породам крепостью  $f = 15-18$ . Та-

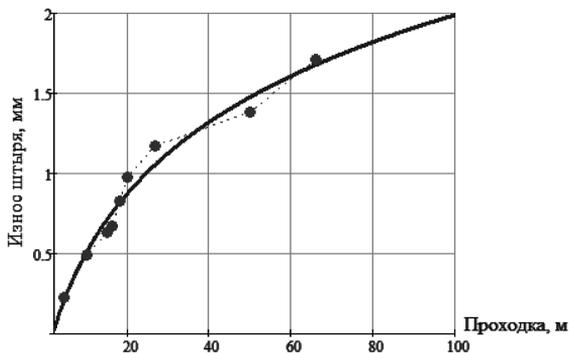


Рис. 7. Зависимость износа штыря коронки-расширителя от проходки по породам крепостью  $f = 15-18$

кая форма кривой износа объясняется тем, что при истирании боковой поверхности, из-за особенностей конструкции корпуса коронки-расширителя, резко возрастает площадь контакта металла корпуса и породы, что снижает скорость износа, но увеличивает момент трения.

4. Получена логарифмическая зависимость износа штыря коронки-расширителя диаметром 65 мм от проходки при бурении по породам крепостью  $f = 15-18$ . Характер кривой объясняется тем, что в процессе износе штыря возрастает площадь контакта. Это, в свою очередь, снижает скорость износа, но так же при этом уменьшается объем разрушенной породы за один удар, и соответственно, снижается скорость бурения.

Направлениями дальнейших исследований являются совершенствование конструкций коронок-расширителей на основе полученных эпюр износа с целью повышения их срока службы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хруцкий А. А., Бобыр В. Г. Анализ исследований по изнашиванию штыревого породоразрушающего инструмента для бурения скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 4. – С. 220–226.

2. Барон Л. И., Глатман Л. Б., Гуюенков Е. К. Критерии и методы измерения износа режущего инструмента для горных пород. – М., 1961. – 56 с.

3. Арцимович Г. В., Свешников И. А., Явтушенко Н. М. Исследование условий работы инструмента при ударно-вращательном бурении / Горный породоразрушающий инструмент. – К.: Техника, 1966. – С. 100–106.

4. Израилит Б. З. Определение наивыгоднейшей проходки инструмента до его затупления / Труды ВНИИБТ. – М.: Недра, 1962. – С. 96–103.

5. Мелашенко В. А. Исследование износа лезвийных коронок и режимов бурения взрывных скважин погружными пневмоударниками: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины». – Кривой Рог, 1978. – 20 с.

6. Громадський А. С., Кузьменко Д. І., Караманиць Ф. І. Спосіб буріння компенсаційних свердловин. Патент України на корисну модель, № 95502, кл. E21 В 7/00, опубл. 25.12.2014., бюл. № 24. **ГІАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Громадский Анатолий Степанович*<sup>1</sup> – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: impulselux@yandex.ua,

*Хруцкий Андрей Александрович*<sup>1</sup> – кандидат технических наук, доцент, e-mail: aсaxa@meta.ua,

*Бобыр Виталий Григорьевич*<sup>1</sup> – аспирант,

*Кузьменко Дмитрий Иванович*<sup>1</sup> – ассистент кафедры, e-mail: kuzmenko.dmitriy24@yandex.ua,

<sup>1</sup> Криворожский национальный университет, Украина.

**A.S. Gromadskiy, A.A. Khrutskiy, V.G. Bobyr', D.I. Kuz'menko**  
**RESEARCH AND FORECASTING OF WEAR**  
**OF THE BUTTON BIT-EXPANDERS FOR DRILLING**  
**COUNTERVAILING HOLES IN HARD ROCKS**

It is reported the results of industrial tests of the button bit-expanders for drilling compensation holes in hard rocks in one or two stages.

It is reported the methods of wear assessment for the body and the buttons of drilling bits for shock-rotary and rotary-percussion drilling is suggested. The methods of wear assessment for drilling bits is based on the measurements of its body in the characteristic points and the photoplanimetric analysis of the carbide buttons. The methods describes the features of the definition of the characteristic points of the body measurements. Such points may simplify and speed up the measurement procedure of drilling tool's body's wear. Further, the features of the photoplanimetric analysis of wear of the carbide buttons were presented.

The data of wear of carbide buttons and drilling tool's body were presented. Based on the developed wear methods of wear assessment for drilling bits, the illustrative diagrams were built, the endurance of button bit-expanders was estimated and the prediction of their service life was provided.

It has been established that the wear of the inner surface of the side grooves for cuttings removal and the end surface of the housing is small and ranges from 0.1 to 0.7 mm. Most exposed to wear was the outside of the bit-expander's body. It is obtained logarithmic dependence wear carbide buttons and the shell side of the bit-expander's body diameter of 65 mm from the penetration of rocks strength  $f = 15 - 18$ .

Key words: button bit-expanders, wear of drilling tools, wear resistance forecast, wear diagram, wear assessment, drilling compensation holes, useful lifetime.

#### **AUTHORS**

*Gromadskiy A.S.*<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: impulselux@yandex.ua,  
*Khrutskiy A.A.*<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,  
e-mail: acaxa@meta.ua,  
*Bobyr' V.G.*<sup>1</sup>, Graduate Student,  
*Kuzmenko D.I.*<sup>1</sup>, Assistant of Chair, e-mail: kuzmenko.dmitriy24@yandex.ua,  
<sup>1</sup> Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine.

#### **REFERENCES**

1. Khrutskiy A. A., Bobyr' V. G. *Gornyy informatsionno-analicheskyy byulleten'*. 2015, no 4, pp. 220–226.
2. Baron L. I., Glatman L. B., Guyuenkov E. K. *Kriterii i metody izmereniya iznosa rezhushchego instrumenta dlya gornyykh porod* (Criteria and methods for measuring the wear of the cutting tool for rocks), Moscow, 1961, 56 p.
3. Artsimovich G. V., Sveshnikov I. A., Yavtushenko N. M. *Gornyy porodorzrushayushchiy instrument* (Rock cutting tools), Kiev, Tekhnika, 1966, pp. 100–106.
4. Izrailit B. Z. *Trudy VNIIBT* (Proceedings of VNIIBT), Moscow, Nedra, 1962, pp. 96–103.
5. Melashchenko V. A. *Issledovanie iznosa lezviyynykh koronok i rezhimov bureniya vzryvnykh skvazhin pogruzhnyimi pnevmoudarnikami* (Research blade bits wear and conditions of drilling blast holes DTH), Candidate's thesis, Krivoy Rog, 1978, 20 p.
6. Gromadskiy A. S., Kuz'menko D. I., Karamanits' F. I. *Patent Ukraïni na korisnu model' № 95502*, kl. E21 V 7/00, 25.12.2014.