

УДК 622.232.72

**С. А. ПРОКОПЕНКО** (НИ Томский политехнический университет)  
**В. С. ЛУДЗИШ** (Кузбасский филиал ФГБУ ГИРШ)  
**И. А. КУРЗИНА** (НИ Томский государственный университет)  
**А. В. СУШКО** (НИ Томский политехнический университет)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ШАХТНЫХ РЕЗЦОВ МНОГОРАЗОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ



**С. А. ПРОКОПЕНКО**,  
проф.,  
д-р техн. наук



**В. С. ЛУДЗИШ**,  
зам. руководителя,  
проф., д-р техн. наук



**И. А. КУРЗИНА**,  
зав. лабораторией, проф.,  
д-р физ.-мат. наук



**А. В. СУШКО**,  
ассистент,  
аспирант

Предприятиями угольной промышленности России в 2013 г. добыто 352 млн т угля. Подземным способом из 89 шахт на-гора было выдано 101 млн т угля, что составило 29 % всей угледобычи [1]. Основной объем (86,3 %) добычи угля шахтами получен из забоев, оборудованных средствами комплексной механизации. На начало 2011 г. в российских шахтах эксплуатировались 134 очистных комбайна, в том числе 108 изготовлены за рубежом, в основном на заводах Украины, Польши, Германии и США [2].

На современном этапе угледобычи использованию шнековых исполнительных органов с тангенциальными поворотными резцами (ТПР) альтернативы не предвидится. Практически во всех действующих очистных забоях работают именно шнековые комбайны, при этом условия нагружения ТПР постоянно усложняются, вследствие явно просматривающейся тенденции увеличения установленной мощности двигателей узлов резания комбайнов [3]. Проведение выработок в шахтах главным образом выполняется с применением современных проходческих комбайнов, исполнительные органы которых также оснащены ТПР.

Конструктивно такой резец представляет собой державку, состоящую из хвостовика и головной части в виде тела вращения,

Освещены проблемы, связанные с малым сроком эксплуатации и низким уровнем ресурсосбережения при изготовлении и использовании тангенциальных поворотных резцов на шахтных комбайнах. Представлена конструкция резца многоразового применения с универсальным хвостовиком для установки на комбайны разных марок. Описан ход и результаты испытаний разработанных резцов. Проведенные испытания показали высокую технико-экономическую эффективность инновационных резцов.

**Ключевые слова:** шахта, комбайн, резец, ресурс, срок, эффективность, универсальность, испытания.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.05.14>

и впаянную в острие головки армирующую вставку из твердосплавного материала. В соответствии с инструкциями по технической эксплуатации резец на комбайне используется до износа твердосплавного элемента, после чего подлежит замене на новый. Изношенный резец после снятия выбрасывается. Участок размещения твердосплавного элемента составляет около 20 % массы и длины всей державки. Таким образом, для отбойки горной массы используется лишь 20–30 % изделия, а остальная часть идет в отходы. Если учесть, что при вытачивании резца отходы составляют около трети массы заготовки, то, как показывает расчет, для отбойки горной массы с пользой применяется лишь 15–20 % всего потраченного на резец металла — высококачественной дорогостоящей стали с высоким уровнем обработки. Значительное число ТПР теряются в процессе отбойки горной массы ввиду ненадежности применяемого крепления.

Согласно результатам промышленных испытаний резцов РШ, проведенных на шахтах Кузбасса, лишь 27 % из них вырабатывают свой ресурс полностью. Почти половина резцов выходит из строя преждевременно, а четверть — теряются и несут шахтам прямые убытки. Малый срок службы резцов определяет высокие затраты на одновременную закупку большого числа резцов и длительные простои оборудования связанные с их частой заменой. Известные передовые методы и технические решения по повышению прочности металлических поверхностей изделий [4–6] при их применении к упрочнению комбайновых резцов результата пока не принесли.

Еще один недостаток нынешних комбайновых резцов обусловлен практически полным отсутствием их взаимозаменяемости.



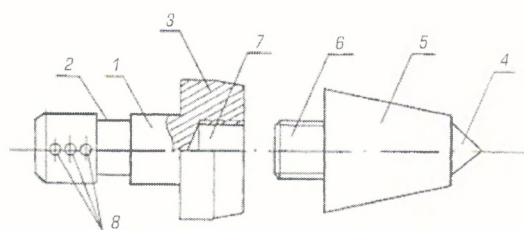


Рис. 1. Конструкция резца многоразового применения

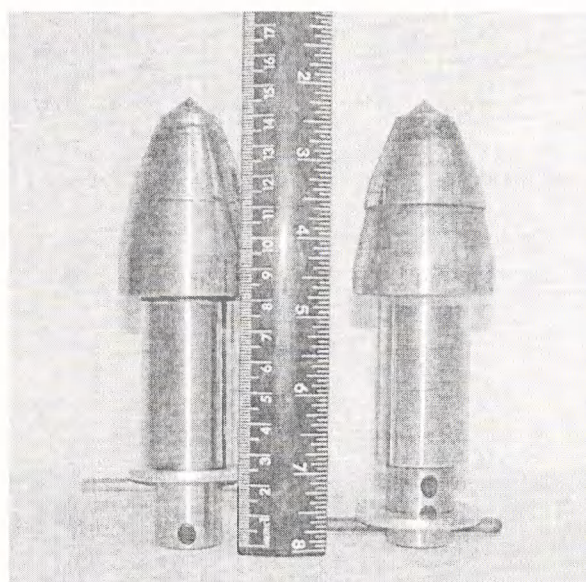


Рис. 2. Универсальные резцы РЕМ многоразового применения

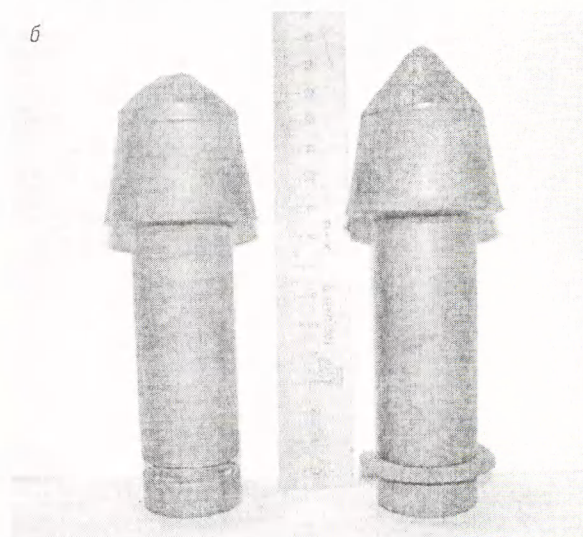
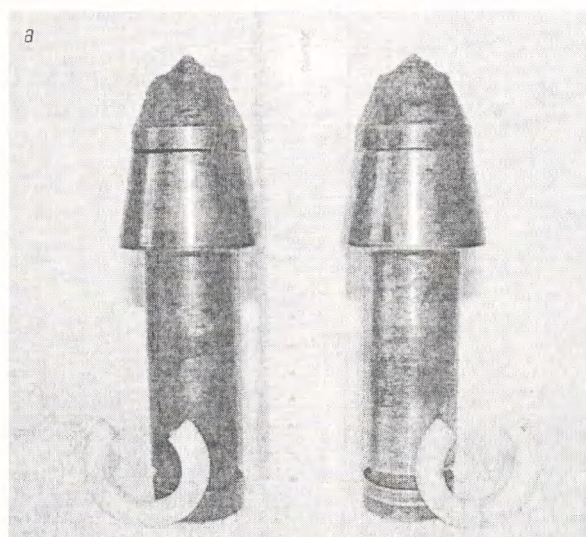


Рис. 3. Резцы многоразового применения РЕМ 33-87-70/16М до испытаний (а) и после первого цикла (б)

Даже в одном классе каждая марка комбайна оснащается резцами, пригодными только для него. Невозможность установить один и тот же резец на комбайны разных марок сопровождается необходимостью приобретения и хранения на складах большого числа резцов различных типоразмеров, а при неожиданном увеличении расхода одного из наименований резцов и исчерпании их запасов может привести к простоям комбайна.

Перечисленные недостатки обусловили потребность создать новую конструкцию резца. Поиски возможностей по повышению срока службы режущего инструмента и снижению металлоемкости процесса отбойки горной массы привели к разработке резца многоразового применения (РЕМ), высокий эксплуатационный результат которого достигается изготовлением головки со сменной рабочей частью (рис. 1). Предлагаемый резец состоит из державки 1 с проточкой 2, головки 3 в виде тела вращения и наконечника 4 из твердосплавного материала. Головка 3 имеет сменную рабочую часть 5, на одном конце которой установлен наконечник, а на противоположном — осевой выступ 6. В головке 3 имеется гнездо 7 для размещения осевого выступа 6. На конце державки выполнены отверстия 8 для установки шплинтов и предотвращения выпадения резца из держателя.

После износа и снятия с комбайна такой резец не выбрасывается, а подвергается восстановлению. Пришедшая в негодность рабочая часть головки заменяется новой, после чего резец становится пригодным к повторному применению. Ожидается, что державка и часть головки, составляющие 70–80 % резца и сегодня выбрасываемые, будут служить на многоразовом резце РЕМ 3–5 циклов и более. Переход на оснащение комбайнов такими резцами обеспечит снижение уровня отходности металла в процессе их изготовления и применения с нынешних 90 до 18 % при пяти циклах и до 9 % — при десяти циклах. Стоимость восстановленного резца составит 50 % от стоимости производства.

После изучения конструкции держателей, их размеров и форм на комбайнах разных марок было найдено решение по хво-



стовику резца, одинаково пригодному для установки и крепления на комбайнах разных марок. Оно заключается в изготовлении на конце хвостовика ряда отверстий, перпендикулярных его оси, на определенных расстояниях от головки. После размещения резца в держателе на хвостовик надевают шайбу и в соответствующее отверстие устанавливают шплинт. Подбор отверстия для крепления осуществляют, исходя из длины втулки держателя и исключения осевого перемещения резца. Установкой нескольких шайб различной толщины выбирают люфт резца при износе втулки, предотвращая его поломку при отбойке крепкой породы. Такая конструкция хвостовика и его крепления обеспечивает универсальность резца и надежность его фиксации.

На рис. 2 представлены опытные образцы универсальных резцов многоразового применения РЕМ 32-70/16УМ, где диаметр хвостовика 32 мм; длина головки 70 мм; диаметр твердосплавной вставки 16 мм. Такой резец одинаково пригоден для применения на комбайнах КП-21, KSW-460, П-110, МВ12, К-500.

Промышленные испытания резцов многоразового применения были проведены в 2012–2013 гг. в ОАО «Шахта Первомайская» (УК «Северный Кузбасс») на участке № 7 при проходке конвейерного штрека 412 сечением 16,5 м<sup>2</sup> комбайном КСП-35. Комбайн обрабатывал угольный пласт № 24 средней мощностью 1,03 м, крепостью 1–1,1 по шкале проф. М. М. Протоdjаконова; с присечкой 70 % породы. Кровля представлена среднезернистым светло-серым песчаником. Крепость пород ложной кровли по шкале проф. М. М. Протоdjаконова составляет 4–6 (мощность — до 0,5 м) основной кровли — 5–11 (мощность — 0,5–0,8 м).

Два резца РЕМ 33-87-70/16М были установлены во второй ряд короны, оснащенной резцами РШ и «Кеннаметал». Резцы эксплуатировали в течение 10 суток, после чего сняли с коронки в связи с их износом (рис. 3). За это время было заменено 169 резцов РШ и «Кеннаметал», а их ежесуточный расход составил от 10 до 20 ед. при скорости проведения выработки 4–5 м/сут. При этом 10 резцов были утеряны из держателей ввиду ненадежной фиксации. Комбайн за этот период прошел 50 м выработки.

Результаты обследования изношенных резцов разных марок показали, что резцы «Кеннаметал» имели предельный износ уже после первых суток эксплуатации и для дальнейшего применения непригодны. Многоразовые резцы РЕМ достигали аналогичного состояния спустя 10 суток эксплуатации (рис. 4). Замена изношенных сменных головок делает их пригодными для последующей эксплуатации.

В дальнейшем были изготовлены новые сменные головки и установлены на испытываемые резцы. Решена возможность замены сменных головок резцам прямо в забое без дополнительных приспособлений. Для этого с помощью отвертки выкручивается стопорный винт и изношенная головка вынимается. Затем на ее место устанавливается следующая (рис. 5). Восстановленные резцы переданы шахте для дальнейших испытаний.

В конце мая 2013 г. на совещании по рассмотрению хода испытаний резцов была отмечена их хорошая ремонтпригодность.

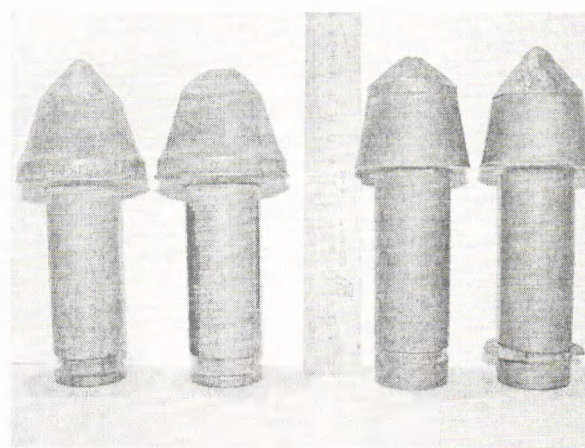


Рис. 4. Вид изношенных резцов марки «Кеннаметал» (слева) и марки РЕМ 33-87-70/16М (справа)

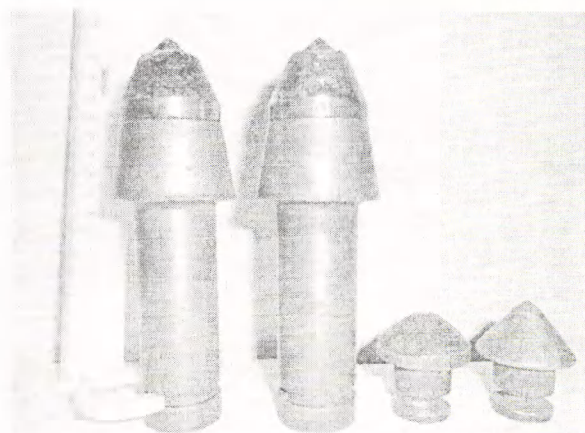


Рис. 5. Резцы РЕМ 33-87-70/16М перед вторым циклом эксплуатации

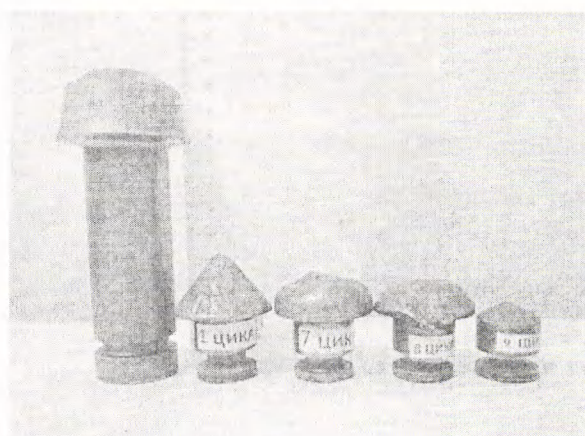


Рис. 6. Резцы РЕМ 33-87-70/16М после девятого цикла испытаний



К этому времени резцы выдержали семь циклов эксплуатации посредством замены изнашиваемых головок, ресурс которых составлял 50–80 м проходки. Также отмечено, что если резцы РШ, фиксируемые металлическими скобами, терялись по 1–2 ед. в сутки, то с резцами РЕМ, фиксируемыми пластиковыми стопорными полукольцами, такого не происходило.

Установлено, что первый резец за восьмой цикл испытаний отслужил 56 м выработки, а второй — 70 м. Девятый цикл испытаний начался в декабре 2013 г., когда оба резца были установлены в первый ряд короны комбайна. Резцы отработали 10 суток, за это время комбайн прошел 24 м выработки. Остальные резцы на комбайне были марки РШ и их расход в сутки составлял 6–10 ед. (многие терялись, выпадая из держателей). После девятого цикла эксплуатации резцы РЕМ 33-87-70/16М вышли из строя. У первого резца в связи с поздним обнаружением сменная головка была чрезмерно изношена с повреждением державки (рис. 6). У второго резца головка оказалась сломанной по хвостовик.


По оценке производителей при более внимательном контроле со стороны всех машинистов комбайна и своевременном обновлении головок сохранившийся резец мог бы использоваться еще несколько циклов.

Оценка эффективности резцов РЕМ 33-87-70/16М показала, что их ресурс за один цикл эксплуатации превысил ресурс применяемых шахтой резцов «Кеннаметалл» и РШ в 5–10 раз. За время промышленных испытаний контрольные многоразовые резцы РЕМ выдержали девять циклов эксплуатации. Расход металла на отбойку горной массы уменьшился в 20 раз. Рентабельность резца РЕМ 33-87-70/16М составила 950 %.

Таким образом, проведенные промышленные испытания разработанных многоразовых резцов для шахтных комбайнов показали высокую надежность и износостойкость изделий новой конструкции, повышенный срок службы и хорошую ремонтнопригодность. Предлагаемая техническая новинка позволит шах-

там существенно улучшить экономические показатели, снизить трудоемкость и затраты на отбойку горной массы и поднять уровень ресурсосбережения.

Библиографический список

1. Итоги работы угольной промышленности России за 2013 год / сост. И. Г. Таразанов // Уголь. 2014. № 3. С. 53–66.
2. Линник Ю. Н. Анализ технико-экономических показателей работы отечественных и зарубежных механизированных комплексов для подземной добычи угля // Горный журнал. 2012. № 8. С. 19–23.
3. Крестовоздвиженский П. Д. Повышение прочности тангенциальных поворотных резцов горных очистных комбайнов : дис. ... канд. техн. наук. — Кемерово, 2011. — 146 с.
4. Aksenov V. V., Blashchuk M. Y., Dybrovsky M. V. Estimation of torque variation of geohod transmission with hydraulic drive // Applied Mechanics and Materials. 2013. Vol. 379. Pp. 11–15.
5. Ryabchikov A. I., Stepanov I. V. Equipment and methods for hybrid technologies of ion beam and plasma surface materials modification // Surface and Coating Technology. 2009. Vol. 203. No.17/18. Pp. 2784–2787.
6. Chinakhov D. A. Study of the thermal cycle and cooling rate of steel 30HGSA single-pass weld joints [Electronic resources] // Applied Mechanics and Materials. 2011. Vol. 52–54. Pp. 442–447.
7. Prokopenko S. A. Multiple service life extension of mining and road machines' cutters // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 682. Pp. 319–323. 

Прокопенко Сергей Артурович,  
Лудзиш Владимир Станиславович:  
e-mail: sibgp@mail.ru  
Курзина Ирина Александровна,  
e-mail: kurzina99@mail.ru  
Сушко Анастасия Викторовна,  
e-mail: sushko.a.v.@mail.ru

«GORNYI ZHURNAL» / «MINING JOURNAL», 2015, № 5, pp. 67–71	
Title	Results of industry testing of multiple use rock-cutting picks
DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.05.14">http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.05.14</a>
Author 1	Name & Surname: Prokopenko S. A.
	Company: Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russia)
	Work Position: Professor
	Scientific Degree: Doctor of Engineering Sciences
Author 2	Contacts: sibgp@mail.ru
	Name & Surname: Ludzish V. S.
	Company: Kuzbass Division, Government Institution for Mine Modernization (Kemerovo, Russia)
	Work Position: Deputy Head
Author 2	Scientific Degree: Professor, Doctor of Engineering Sciences



Author 3	<p>Name &amp; Surname: <b>Kurzina I. A.</b></p> <p>Company: <b>Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russia)</b></p> <p>Work Position: <b>Head of laboratory</b></p> <p>Scientific Degree: <b>Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences</b></p>
Author 4	<p>Name &amp; Surname: <b>Sushko A. V.</b></p> <p>Company: <b>Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russia)</b></p> <p>Work Position: <b>Assistant</b></p> <p>Scientific Degree: <b>Postgraduate student</b></p>
Abstract	<p>Modern coal mines operate high-productive heading machines and cutter-loaders equipped with tangential rotary picks (TRP). Structurally, such a pick represents a cutter block, composed of a backend and a head end as a rotary body, and a hard-alloy reinforcement insert brazed-in in the head end point. The pick is operated until the hard-alloy material shows wear, after which it is removed and often discarded. Only 20–30% of the tool is spent for rock cutting, the rest goes to waste. Many TRP are lost in the course of cutting because of unreliable attachment.</p> <p>Another drawback of the currently operating cutter picks is their non-interchangeability. Even within the same series, a cutter-loader is equipped with the picks that only fit this very model. As a consequence, it is required to purchase and store great many picks of different dimension, and if the same kind picks become shabby and their supply is exhausted, a cutter-loader will simply stand idle. This explains the low resource-efficiency of the operating cutting tools and calls for designing a new cutter pick.</p> <p>The research aimed at enhancement of cutting machine life at the reduced metal consumption has resulted in the development of a multiple use pick (MUP) with the head end with a replaceable working part. Moreover, the newly designed backend of the cutter pick is equally suitable for operation on various model cutter-loaders. The new engineering solution consists in making a row of holes at the end of the backend, in perpendicular to the backend axis and at a certain distance from the head end. After the cutter pick is fixed in the holder, a collar is put on the backend and a forelock is placed in the respective hole. The lock-up hole is chosen based on the length of the sleeve of the holder, so that to eliminate axial movement of the cutter pick.</p> <p>The industry testing of MUP has been carried out in Pervomaiskaya mine, Berezhovskiy town, Kemerovo Region. As follows from the test results, the life of MUP per a single operation cycle 5–10 times exceeds the life of Kennametal cutters and RSH picks that are currently in use in the mine. Over the period of the industry testing, MUP have endured 9 operation cycles. Metal consumption for rock cutting has reduced 20 times. The profitability of spending for MUP has made 10.5 or 950%.</p> <p>The industry testing of the developed multiple use picks for cutter-loaders has demonstrated high reliability and longevity of the new design tools, as well as their extended service life and good maintainability.</p>
Keywords	<p>Mine, cutter-loader, cutter pick, endurance, life, efficiency, versatility, testing.</p>
References	<p>1. Tarazanov I. G. <i>Itoqi raboty ugolnoy promyshlennosti Rossii za 2013 god</i> (Results of Russian coal industry work for 2013). Ugol = Coal. 2014. No. 3. pp. 53–66.</p> <p>2. Linnik Yu. N. <i>Analiz tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley raboty otechestvennykh i zarubezhnykh mekhanizirovannykh kompleksov dlya podzemnoy dobychi uglya</i> (Analysis of technical and economic indices of work of Russian and foreign mechanized complexes for underground extraction of coal). <i>Gornyi Zhurnal = Mining Journal</i>. 2012. No. 8. pp. 19–23.</p> <p>3. Krestovozdvizhenskiy P. D. <i>Povyshenie prochnosti tangentsialnykh povorotnykh reztsov gornyykh ochistnykh kombaynov : dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk</i> (Increasing of durability of tangential indexable inserts of mining cutter-loaders : Dissertation ... of Candidate of Engineering Sciences). Kemerovo, 2011. 146 p.</p> <p>4. Aksenov V. V., Blashchuk M. Y., Dybrovskiy M. V. Estimation of torque variation of geohod transmission with hydraulic drive. <i>Applied Mechanics and Materials</i>. 2013. Vol. 379. pp. 11–15.</p> <p>5. Ryabchikov A. I., Stepanov I. V. Equipment and methods for hybrid technologies of ion beam and plasma surface materials modification. <i>Surface and Coating Technology</i>. 2009. Vol. 203, No. 17/18. pp. 2784–2787.</p> <p>6. Chinakhov D. A. Study of the thermal cycle and cooling rate of steel 30HGSA single-pass weld joints. <i>Applied Mechanics and Materials</i>. 2011. Vol. 52–54. pp. 442–447.</p> <p>7. Prokopenko S. A. Multiple service life extension of mining and road machines' cutters. <i>Applied Mechanics and Materials</i>. 2014. Vol. 682. pp. 319–323.</p>