

УДК 622.23.051

Б.А. Катанов, В.Г. Внуков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ РЕЗЦОВ КАК РАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПОРОД СРЕДНЕЙ КРЕПОСТИ

1. Назначение горных режущих инструментов, предъявляемые к ним требования и область применения

К горным инструментам относятся рабочие инструменты, применяемые для разрушения пород горными машинами.

От инструментов зависят в большой степени производительность горных машин и труда рабочих, износ машин и расход энергии, качество и стоимость добываемой продукции.

Горные инструменты работают в тяжелых условиях: переменные по характеру нагрузки с пиками 5- 8 и большей кратности относительно средних; изменчивые свойства разрушаемых пород; повышение температуры и др. Повышение производительности в мощности горных машин приводит к увеличению нагрузок, что предъявляет все возрастающие требования к прочности и стойкости инструментов. Надзор за состоянием инструмента во время работы затруднителен. Поэтому к горным инструментам предъявляют следующие требования:

эффективное разрушение горной породы с меньшим расходом энергии и с высокой производительностью;

прочность и износостойкость, особенно армировки и рабочих кромок;

минимальное пылеобразование;

соответствие формы, размеров и геометрических параметров свойствам разрушаемых пород, конструкции исполнительного органа и кинематике его работы;

простое и надежное закрепление в исполнительном органе; возможность быстрой замены при износе;

технологичность в изготов-

лении;

удобство осмотра, восстановление и заточки, а также невысокая стоимость изготовления и эксплуатации.

Режущий инструмент отделяет стружку от забоя горной породы в результате непрерывного статического воздействия и перемещения. К режущему инструменту относятся резцы буровых машин. При правильном выборе режима работы режущий инструмент обеспечивает высокую эффективность процесса разрушения; конструкция его проста, он дешев и поэтому широко распространен. В процессе работы инструмент затупляется, вследствие чего снижается производительность машины или возрастает потребляемая мощность. По этой причине твердосплавный режущий инструмент не пригоден для разрушения крепких и абразивных пород, но армирование его рабочей части весьма твердыми и износостойкими материалами – позволяет применять режущий инструмент в ряде случаев и по крепким породам.

2. Стержневые резцы, используемые для оснащения буровых долот карьерных бурстанков

На современном этапе развития буровой техники, являющейся основным видом породоразрушающего инструмента карьерных буровых станков, шарошечные долота в значительной степени исчерпали свои возможности. Проведенные исследования КузГТУ и ИрГТУ показали, что существенное увеличение скоростей бурения и значительное снижение пылеобразования при бурении могут быть достигнуты при разработке и внедрении в практику бурения режущих и комбинированных долот, оснащенных

съёмными стержневыми резцами.

Совершенствование конструкции долот карьерных буровых станков является одним из резервов повышения их производительности и снижения затрат на добычу полезных ископаемых.

На кафедре горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета на протяжении ряда лет проводится разработка новых конструкций режущих буровых долот для станков вращательного бурения.

Применение долот со сплошной прямолинейной режущей кромкой, оснащенной напаянными на корпус пластинами твердого сплава, в какой-то степени могло быть оправдано при бурении слабых пород ($f = 2 - 3$), когда при сравнительно небольших осевых усилиях может быть получена «стружка» толщиной 4 – 5 мм и механическая скорость бурения 1,5 - 2,0 м/мин.

В ходе проведения исследований было установлено, что более эффективное использование твердого сплава при одновременном увеличении скорости бурения может быть получено при применении долот с режущей кромкой, состоящей из отдельных участков, т.е. прерывистой, что достигалось установкой на корпусах долот съёмных стержневых резцов.

Двухлопастные долота ИрГТУ и КузПИ для легких (СБР) станков оснащались резцами ЗНЗ, а более мощные долота для тяжелых (СБШ) станков - резцами И-90 или ЗР2-80.

Однако наилучшие результаты были достигнуты при оснащении режущих долот породными резцами, предназначенными для исполнительных

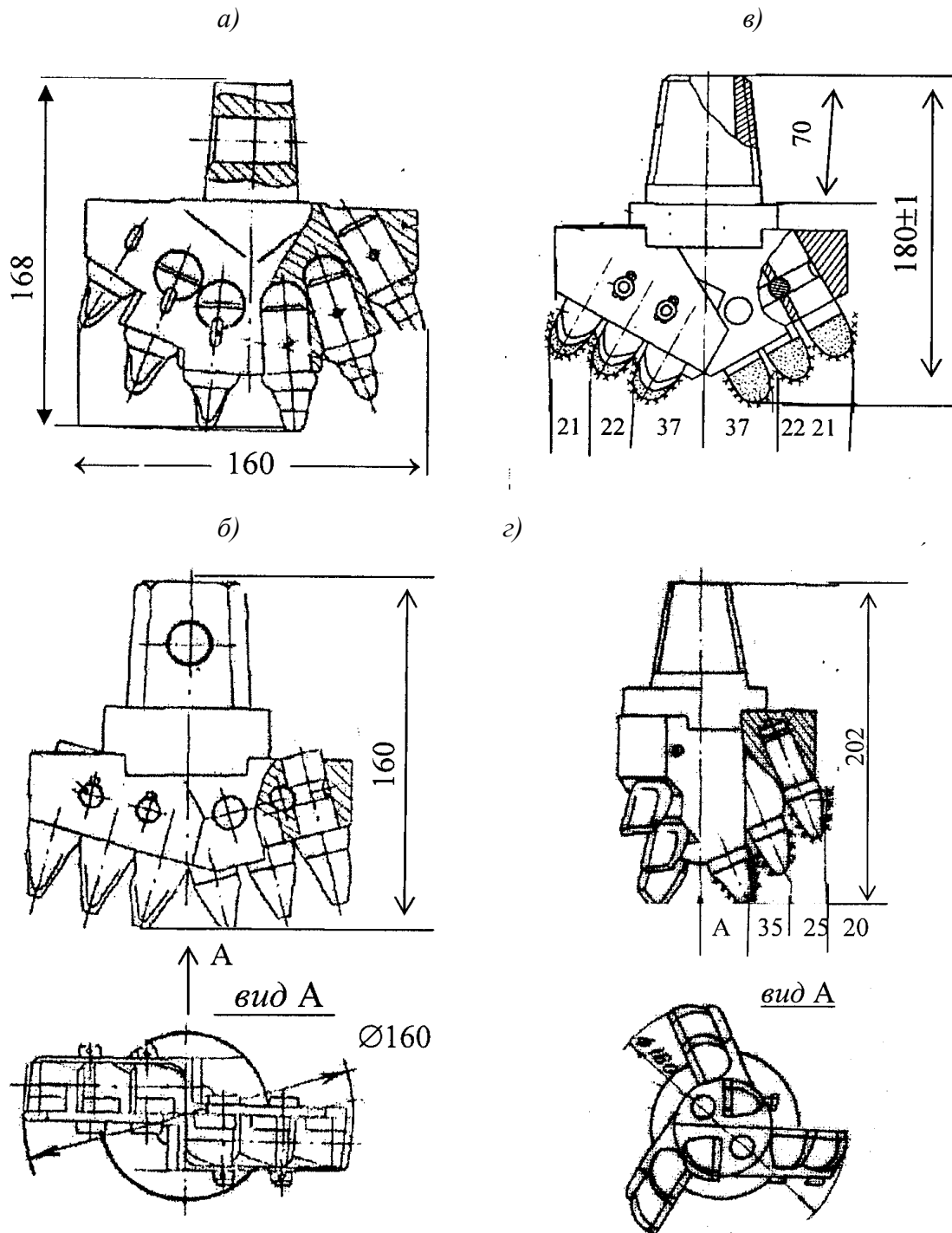


Рис. 1. Режущие буровые долота, оснащённые съёмными резцами:
 а - КБЛ-160Е; б - КБ-160А; в - КБ-160Б; г - трёхлопастное долото

органов проходческих комбайнов.

Долота подобной конструкции (рис. 1) были предложены Кузбасским и Иркутским политехническими институтами [1, 2, 5].

При оснащении долота стандартными резцами высота и

ширина его корпуса, обуславливаемые размерами державок резцов и их ступенчатым расположением, получают значительными, что затрудняет удаление буровой мелочи из призабойной зоны, особенно при шнековой очистке. Кроме того, изготовление конических отверстий (гнезд) под резцы в корпу-

се долота связано с определенными трудностями, а фиксация резцов только за счет сил трения в конусном соединении ненадежна, вследствие вибраций долота, неизбежных при бурении.

КузГТУ были предложены для оснащения долот резцы для оснащения долот резцы (рис. 2) с укороченными цилинд-

дрическими хвостовиками, изготовленные из типовых породных резцов, при использовании которых существенно упрощается изготовление отверстий-гнезд в корпусе долота.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к резцам, устанавливаемым на буровых долотах, является обеспечение их вписывания в прорезаемые ими концентрические канавки малого радиуса, т.к. вследствие плохого вписывания возникает трение боковой или хвостовой частей головки резца о стенки канавки.

Для улучшения вписывания резца предусмотрен разворот его передней грани на угол $\delta = 15^\circ$. Вследствие этого поперечные оси головок резцов образуют с передней гранью корпуса углы, отличные от 90° . Фиксация этих углов обеспечивается сопряжением передних граней резцов с уступом на корпусе.

При наклонной установке резца на корпусе долота пластинкой твердого сплава может быть армирована только часть передней грани, образующая рабочую режущую кромку. При этом обеспечивается не только вписывание резцов на радиусах r_{\min} , сравнимых с размерами рабочей части резца, но и режуще-скалывающая схема разрушения породы на забое скважины.

Резцы, установленные наклонно на корпусе долота, прорезают канавки треугольного сечения и используются в качестве скалывателей, разрушая целики, образующиеся между канавками. При этом, вследствие несимметричности передней грани резца, рабочей является только одна боковая кромка, что делает излишним армирование твердым сплавом всей поверхности передней грани.

Применение резцов новой конструкции предложенных КузГТУ, позволяет не только увеличить скорость бурения, но и износостойкость резцов при одновременном снижении расхода дорогостоящего твердого

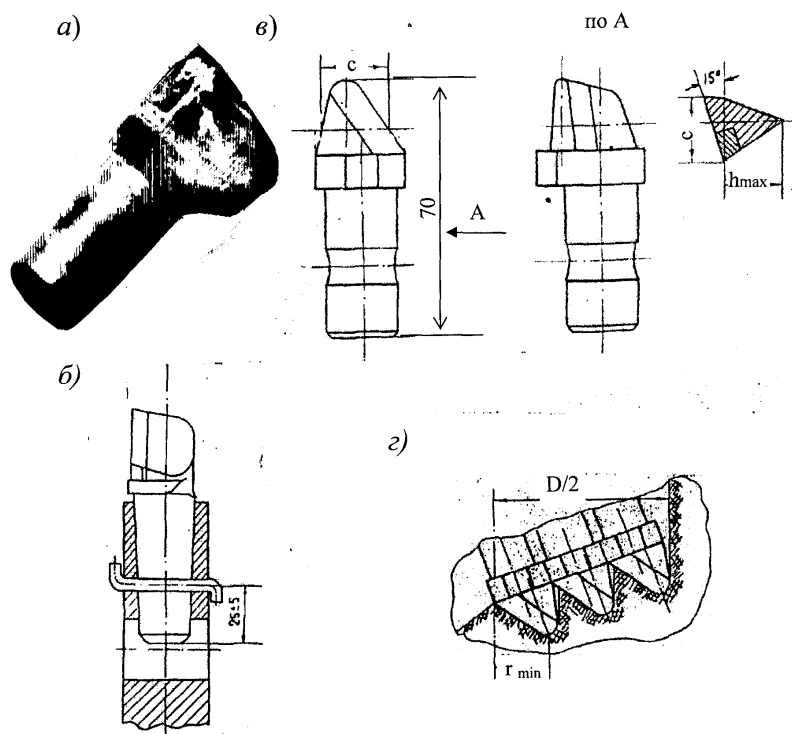


Рис. 2. Резцы КузГТУ для режущих буровых долот: а - резец с укороченной цилиндрической державкой; б - крепление резца с цилиндрической державкой на корпусе долота; в - резец КузГТУ с цилиндрической державкой с частичной армировкой передней грани твёрдым сплавом; г - схема работы резцов долота, установленных наклонно

сплава на их армировку. Кроме того, для обеспечения вписывания резцов в прорезаемые ими канавки минимального r_{\min} радиуса (порядка 20 мм) рабочая часть (головка) резца в поперечных сечениях должна иметь форму, близкую к равнобедренному треугольнику, основанием которого является ширина C передней грани в этом сечении, а высота $h_{\max} \leq 1,3 C$ (см. рис. 2, в).

От геометрических параметров породоразрушающих элементов (резцов) и формы их режущей части (головки) существенно зависят скорость бурения, потребляемая мощность и производительность карьерных буровых станков, а в конечном счете себестоимость буримых ими скважин, которая в большинстве случаев служит критерием оптимальности при определении целесообразности использования того или иного типа буровых машин и при определении их области приме-

нения.

3. Резцы для силового режима резания при бурении взрывных скважин. Надежная работа резцов обеспечивается при глубине резания до 30 мм и шаге до 40 – 50 мм. При сечениях резов $6 - 16 \text{ см}^2$ размер частиц разрушенной породы может достигь 50 – 100 мм и более. При этом количество пыли (частиц меньше 0,5 мм) в ряде случаев не превышало 3 - 3,5 % по массе [3].

Зависимость удельной энергии разрушения ε от глубины реза H имеет вид [4]:

$$\varepsilon = \frac{Cf}{H^m},$$

где f – коэффициент крепости породы по Протодяконову, $C = 2,1$ – для известняка и $C = 1,8$ – для гранита

По данным опытов, проведенных в Новочеркасском политехническом институте и Донгипроуглемаше [3], усилие

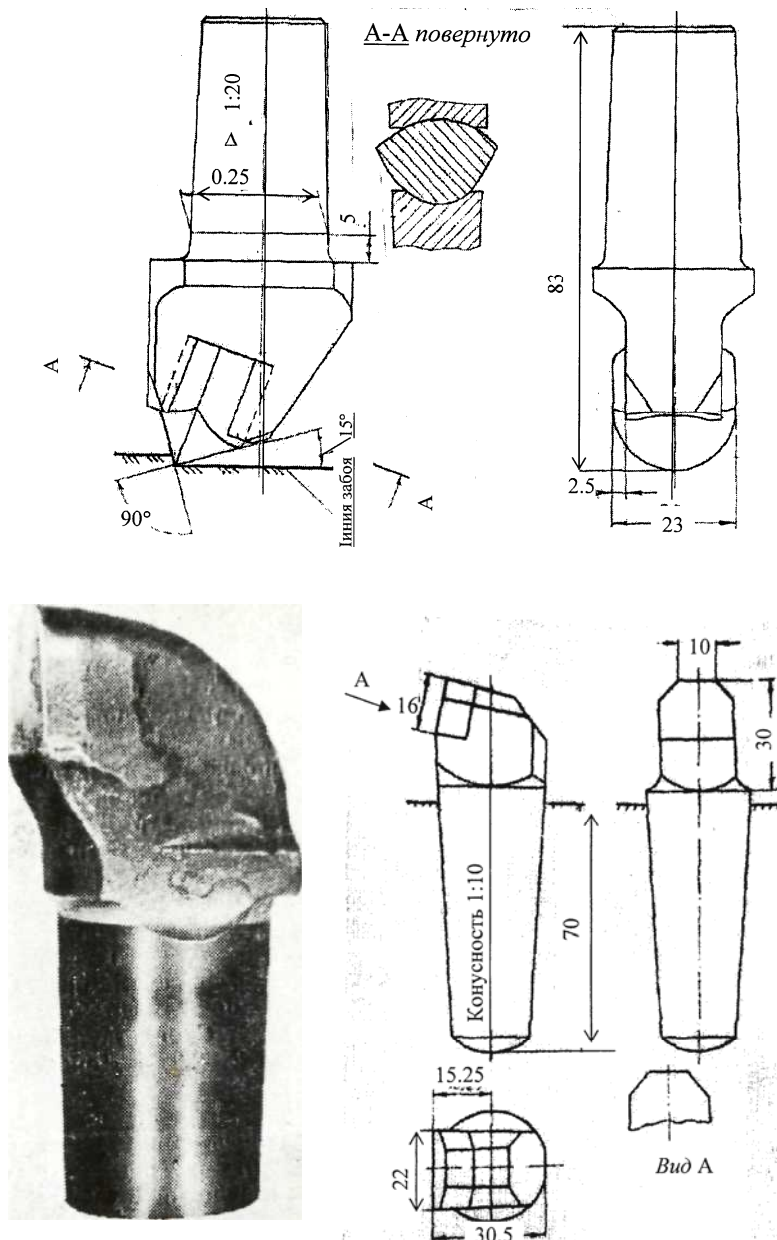


Рис. 3. Резцы с усиленными державками и твердосплавными пластинами для оснащения режущих буровых долот:
 а – резец РБ-242; б – резец с цилиндрической державкой диаметром 30 мм; в – резец для буровых долот с отрицательным углом резания

резания P_z могут достигать 10 кН (1000 кгс) и более при глубине резов 20 мм и более. При этом усилие подачи $P_y = (4 - 6)$ кН.

Такие нагрузки вполне соответствуют прочности резцов РК-8Б и могут быть обеспечены вращательно-подающими механизмами современных станков вращательного бурения тяжелого типа (СБШ).

При расчете и выборе параметров карьерных буровых станков и режимов бурения ими скважин по породам средней крепости с $f = 8 - 10$, а также и при конструировании режущих долот для них, в качестве исходных данных обычно ориентировались не на возможные и допустимые нагрузки на резцы, а на прочность наиболее слабого звена, каковыми являлись

шнековые буровые ставы.

В дальнейшем, когда для очистки скважин от буровой мелочи стали использовать сжатый воздух и комбинированную шнекопневматическую очистку, прочность буровых штанг существенно увеличилась. Стало возможным создание режущих долот и для станков вращательного бурения тяжелого типа (СБШ), параметры которых позволяют создать достаточно высокие нагрузки на долото и на резцы, которыми оно оснащено.

В дальнейшем ИрГТУ и КузГТУ были предложены и внедрены в практику бурения более совершенные конструкции режущих долот для тяжелых (СБШ) станков вращательного бурения.

К числу таких долот относится и долото ЗРД-215,9, предложенное ИрГТУ [3]. Литой корпус долота выполняется четырехлопастным заодно с присоединительным хвостовиком, снабженным стандартной замковой конической резьбой. Съемные резцы фиксируются в пазах валиками, входящими в сквозные поперечные отверстия, просверленные в лопастях корпуса и державках резцов. Центральный канал в корпусе долота и хвостовике обеспечивает очистку скважин диаметром 215,9 мм. Долото может быть использовано на буровых станках ЗСБШ-200-60. Средняя стойкость долота составляет около 2000 м скважин, что в 4 – 5 раз выше, чем стойкость шарошечных долот при бурении в аналогичных условиях. Расход резцов на 1000 м скважин – 16-20 шт. Стоимость изготовления долота значительно ниже стоимости серийного шарошечного долота такого же диаметра.

Долота аналогичной конструкции были предложены и кафедрой горных машин и комплексов КузГТУ. Эти долота выполнялись трехлопастными или четырехлопастными и оснащались – 9 -12 съемными резцами [1, 2].

Значительное снижение энергоемкости процесса разрушения пород на забое скважины объясняется прежде всего тем, что долота, оснащенные съёмными породными резцами, скалывают крупные элементы породы. При этом, естественно, снижается пылеобразование, но одновременно увеличивается динамичность работы долота.

Расчеты показывают, что близкое к оптимальному число резцов на режущем долоте, предназначенном для бурения скважин диаметром 200-215 мм, должно быть близким к 9-10. Такое количество легко размещается на трехлопастном корпусе.

Исходя из количества резцов, размещенных на корпусе долота, следует рассчитывать его прочность, а также параметры и прочность буровых штанг, и режим бурения. Наиболее приемлемым способом очистки скважины в этом случае следует признать шнекопневматический, т.к. для удаления крупных частиц породы, образующихся на забое, сжатым воздухом потребовалась бы слишком большая производительность компрессорной установки, а чисто

шнековая очистка при силовом режиме бурения с малой частотой вращения бурового става не обеспечила бы достаточной производительности шнекового става для эффективной очистки скважин и хотя бы частичного охлаждения долота.

Параметры шнековых штанг должны обеспечивать проход по межвитковому пространству спирали крупных частиц буровой мелочи и при этом иметь достаточную прочность.

Вращательно-подающие механизмы современных серийно изготавливаемых станков вращательного бурения тяжелого типа («СБШ-200-60, 6С БШ-200-32, СБШ-250МНА-32») могут создавать регулируемое осевое усилие подачи до 6 кН на каждый из 10-12 резцов режущего долота, необходимых для силового разрушения резанием пород средней крепости.

Частота вращения бурового става упомянутых станков, равная 150 мин⁻¹ позволит обеспечить механическую скорость бурения при подаче 20 мм/об до 3 м/мин.

Использование бурового инструмента, разрушающего породу по принципу «крупного

скола», и шнекопневматической очистки позволит не только существенно увеличить скорости бурения взрывных скважин на угольных разрезах, но в значительной степени решить проблему снижения количества пыли, образующейся в скважине и выбрасываемой в атмосферу.

Для бурения взрывных скважин диаметром 250-300 мм могут быть спроектированы долота, оснащенные съёмными резцами (рис. 3) с усиленными державками, рассчитанные на усилия резания более 10 кН и оснащенные твердосплавными пластинами более износостойкими чем у серийно изготавливаемых резцов.

4. Резцы для добычных и проходческих комбайнов. Для оснащения исполнительных органов добычных и проходческих комбайнов при подземной добыче наибольшее применение получили поворотные резцы РКС с твердосплавными вставками диаметром 9 и 12 мм. Все резцы типа РКС имеют кольцевую проточку со стороны торца хвостовика, предназначенную для размещения в ней элемента крепления резца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катанов Б.А., Сафохин М.С. Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. – М.: Недра, 1989. – 173 с.
2. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах / Под ред. В.А. Перетолчина. – М.: Недра, 1993. – 286 с.
3. Резание горных пород средней крепости стружками большого сечения / М.Г. Крапивин, И.А. Шиповский, К.Б. Коган, В.И. Чукаловский. – Горные машины и автоматика: Вып. 56 (12). – М.: Недра, 1964. – С. 34-36.
4. Маров И.В. Энергоёмкость разрушения и крепость горных пород. – Известия СО АН СССР, 1962, № 4.
5. Катанов Б.А. Новые конструкции буровых долот для станков шнекового и шарошечного бурения. Сб. науч. тр. № 10 / Редкол.: Егоров П.В. (отв. ред.) и др. Ассоциация «Кузбассуглетехнология» - Кемерово, 1996. – С. 103-108.

□ Авторы статьи:

Катанов
Борис Александрович
– докт. техн. наук, проф. каф. горных машин и комплексов

Внуков
Виктор Григорьевич
– ст. преп. каф. горных машин и комплексов