

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра горных машин и комплексов

РАЗДАВЛИВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ГОРНЫХ МАШИН

Методические указания к практическим работам
по дисциплине «**Горные машины, комплексы и оборудование**»
для обучающихся технических специальностей и направлений

Составители Л. Е. Маметьев
А. А. Хорешок
А. М. Цехин
А. Ю. Борисов

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 24 от 26.04.2021
Рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04
Протокол № 3 от 27.04.2021
Электронная версия
находится в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2021

ВВЕДЕНИЕ

Раздавливающие инструменты (шарошки) имеют самую широкую область применения в горных машинах по сравнению с другими типами инструментов ($f = 1-18$ по шкале Протодьяконова). В настоящее время передовой отечественный и зарубежный опыт, конструкторские проработки позволили усовершенствовать этот инструмент, расширить его ассортимент, увеличить производство новых видов изделий, решить кардинальную проблему повышения стойкости опорных узлов шарошек и их твердосплавной армировки. Реализация новых технических решений позволяет получить инструменты с рациональными геометрическими параметрами, обеспечивающими снижение удельной энергоемкости процесса разрушения породы.

Раздавливающий инструмент – основной породоразрушающий механизм горной машины, поэтому, естественно, от его работоспособности зависят эксплуатационные технико-экономические показатели машины.

Правильный выбор раздавливающего инструмента и узла его крепления на рабочих органах горных машин позволяет увеличить их производительность.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель выполнения работы – приобретение студентами знаний и навыков по выбору типа раздавливающего инструмента при проектировании и эксплуатации исполнительных органов горных машин (проходческих, буровых, очистных и др.).

1. Классификация и область применения раздавливающего инструмента

Большое разнообразие горных машин, их исполнительных органов и способов разрушения массива угля и горных пород предопределило и большое разнообразие раздавливающих инструментов (шарошек). Разработан и предложен целый ряд классификаций этого инструмента, в основу которых положены различные признаки: назначение, область применения, конструктивные особенности и др.

Раздавливающий инструмент по принципу воздействия на разрушаемую породу отличается от других статическим приложе-

нием осевой нагрузки. Раздавливающий инструмент характеризуется непрерывностью процесса разрушения, низкими затратами энергии на трение, что позволяет применять его по крепким абразивным породам. Однако статическое вдавливание требует больших осевых усилий, поэтому машины с таким инструментом имеют большую массу и габариты. К раздавливающему инструменту относятся *шарошки* всех видов. Шарошки применяют для бурения скважин ($f = 3-18$), используют их на очистных и проходческих комбайнах ($f = 1-18$).

Шарошки могут конструктивно сочетаться с другими инструментами. Такой агрегированный инструмент характеризуется тем, что в его рабочем процессе реализуются все положительные свойства других типов инструментов.

Агрегированные инструменты содержат в себе несколько единичных инструментов и подразделяются на *групповые*, если они состоят из однородных инструментов в одном корпусе (например, только из дисковых шарошек), и *комбинированные* (из разнотипных инструментов в одном корпусе).

Примером комбинированного инструмента могут служить комбинированные режуще-шарошечные долота и расширители скважин. Такое сочетание различных способов разрушения расширяет область применения инструмента и обеспечивает разрушение мягких пород, средней крепости и крепких пород при более высокой производительности.

Раздавливающий инструмент классифицируется на *дисковые*, *штыревые* и *зубчатые шарошки* (рис. 1.1).

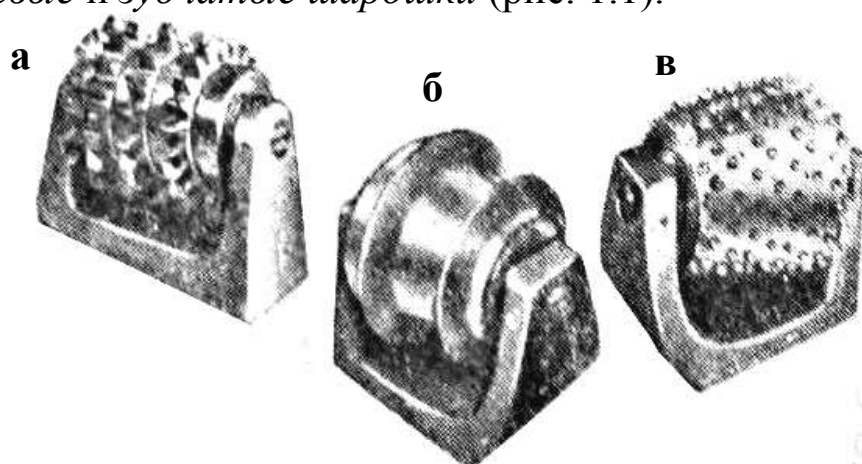


Рис. 1.1. Шарошки фирмы «Хугес Тул» США: а – трехвенцовая зубчатая; б – двухдисковая; в – многовенцовая штыревая

На рис. 1.1, а приведена *трехвенцовая зубчатая шарошка* фирмы «Хугес Тул» (США), ширина ее 175 или 190 мм, зубья упрочнены наплавкой твердого сплава. На рис. 1.1, б показана *двухдисковая шарошка* этой же фирмы, а на рис. 1.1, в – *многовенцовая штыревая шарошка* диаметром 250 мм и шириной 190 мм. Штыри имеют конусную головку, переходящую в сферу. Многовенцовые штыревые шарошки имеют в основном конусный корпус и предусматривают, как правило, сплошное разрушение породы. В опорах качения шарошек используются радиально-упорные роликовые подшипники или комбинация роликовых и шариковых подшипников.

2. Дисковые шарошки

Дисковые шарошки (рис. 2.1–2.8) широко применяются на исполнительных органах следующих горных машин:

- проходческих комбайнах бурового (непрерывного) действия;
- проходческих комбайнах избирательного действия;
- очистных комбайнах;
- бурильных машинах (с использованием шарошечных расширителей прямого и обратного хода);
- стругах и струговых агрегатах (например, патенты РФ № 2232270, 2235876);
- машинах для послойного фрезерования (МПФ) типа ТМ-D25 при работе на карьерах.

Дисковой шарошкой называется свободно вращающийся на оси диск с непрерывным клиновым лезвием, который при работе перекачивается по поверхности забоя и внедряется в нее под воздействием усилия подачи.

Дисковые шарошки создают значительно большее разрушающее усилие, чем резцовый инструмент, так как с породой одновременно контактирует большая по длине режущая кромка дисковой шарошки. В этой связи срок службы шарошек в несколько раз больше срока службы режущего инструмента.

Шарошки имеют и существенные недостатки: сложную конструкцию, большую массу, значительную стоимость. Слабым местом шарошек является их опорный узел, который нередко изнашивается быстрее, чем их рабочая часть.

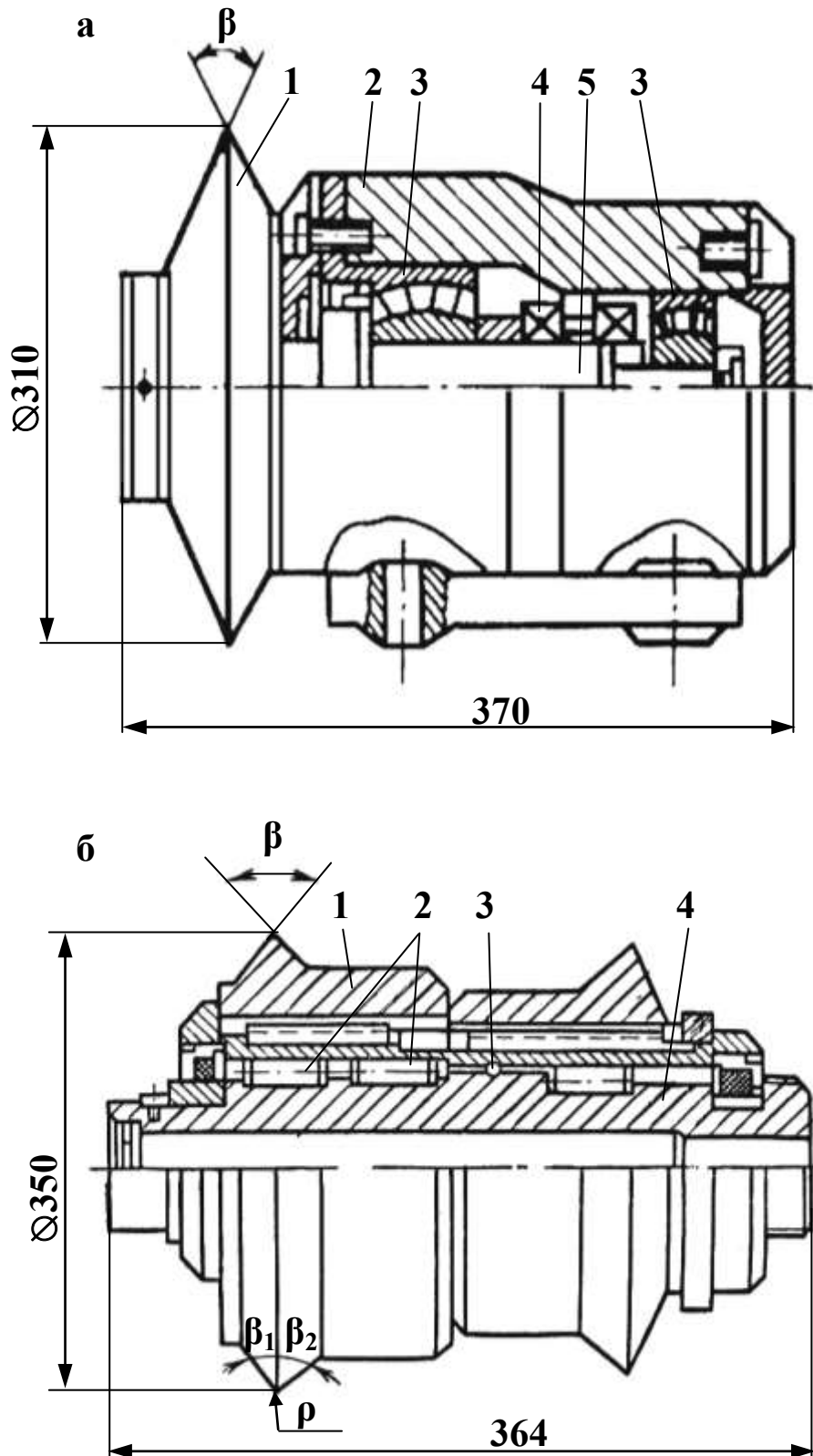


Рис. 2.1. Дисковые лобовые шарошки: а – консольная однодисковая; б – двухфторная двухдисковая с асимметричными лезвиями

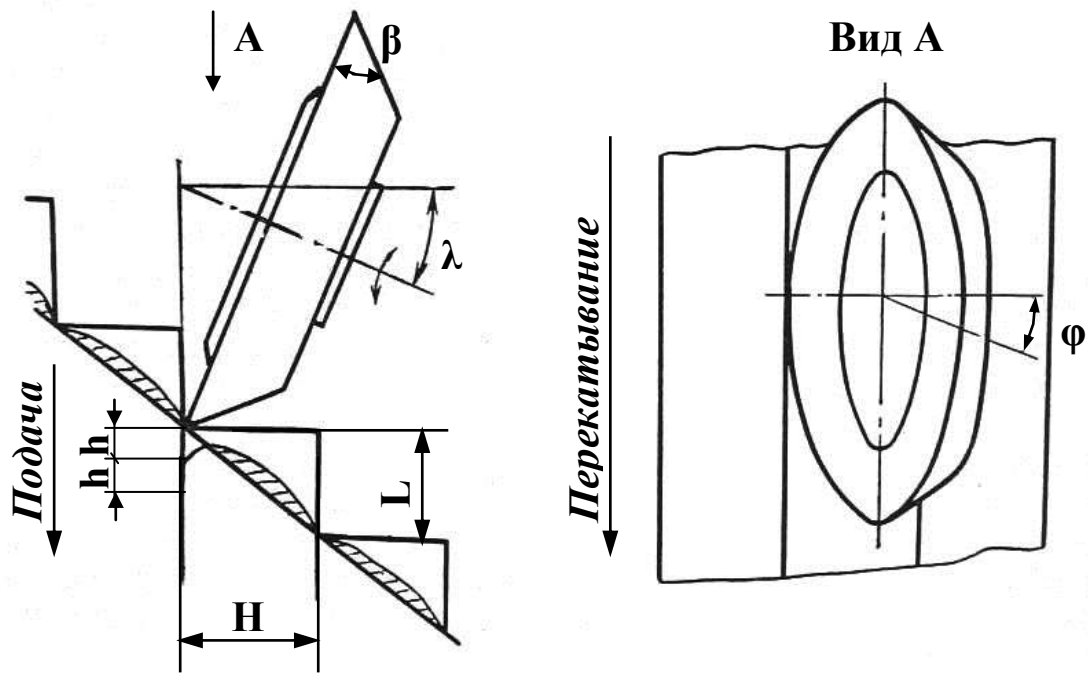


Рис. 2.2. Углы, характеризующие установку шарошек на исполнительном органе

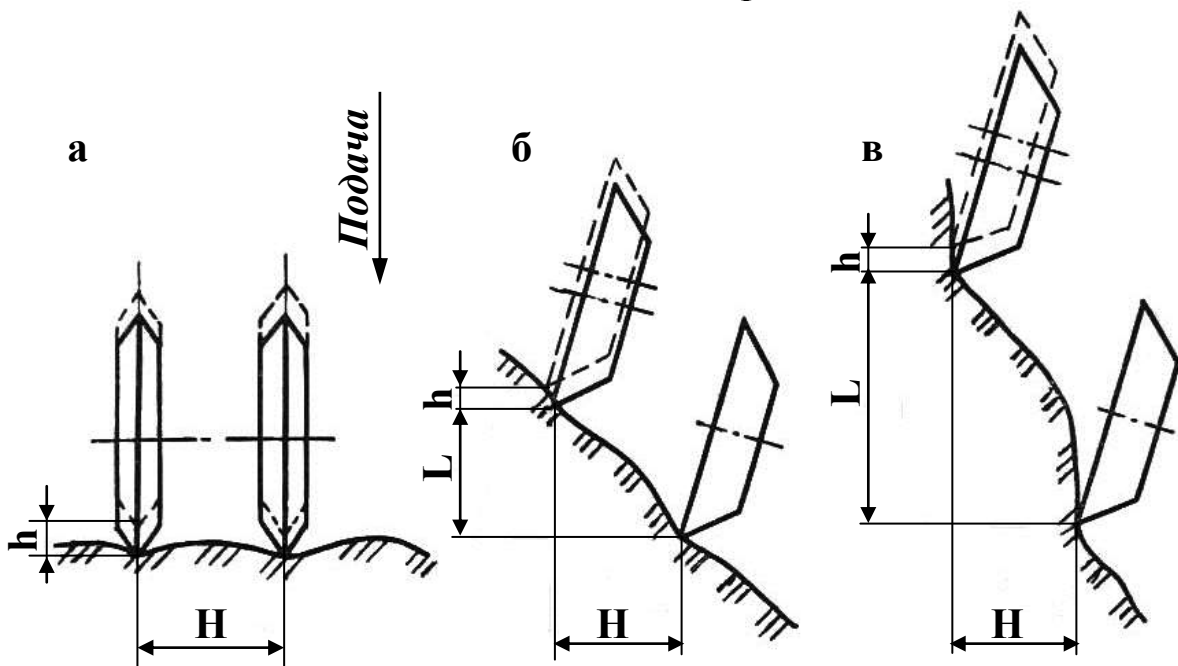


Рис. 2.3. Схемы расположения шарошек относительно заоя

Дисковые шарошки представляют собой симметричные или асимметричные диски, устанавливаемые на подшипниках качения или скольжения. Диск изготавливается из легированной термообработанной стали, рабочее лезвие может наплавляться или армироваться твердыми сплавами. Диаметр D дисковых ша-

рошек, применяемых в *породопроходческих комбайнах*, составляет 150–800 мм, угол заострения $\beta = \beta_1 + \beta_2$ рабочей кромки диска выбирают в пределах 30–90° (по условию прочности лезвия целесообразно выбирать 60–75°), радиус закругления ρ лезвия принимается от 1 до 5 мм. В зарубежной практике фирмой «Herrenknecht AG» на щитах породопроходческих комплексов для прокладки тоннелей диаметром от 4,2 до 16 м применяются диски разной конструкции (рис. 2.4): диаметром 203–482 мм и весом 20–308 кг, рассчитанные на разрушающее усилие 100–411 МПа.

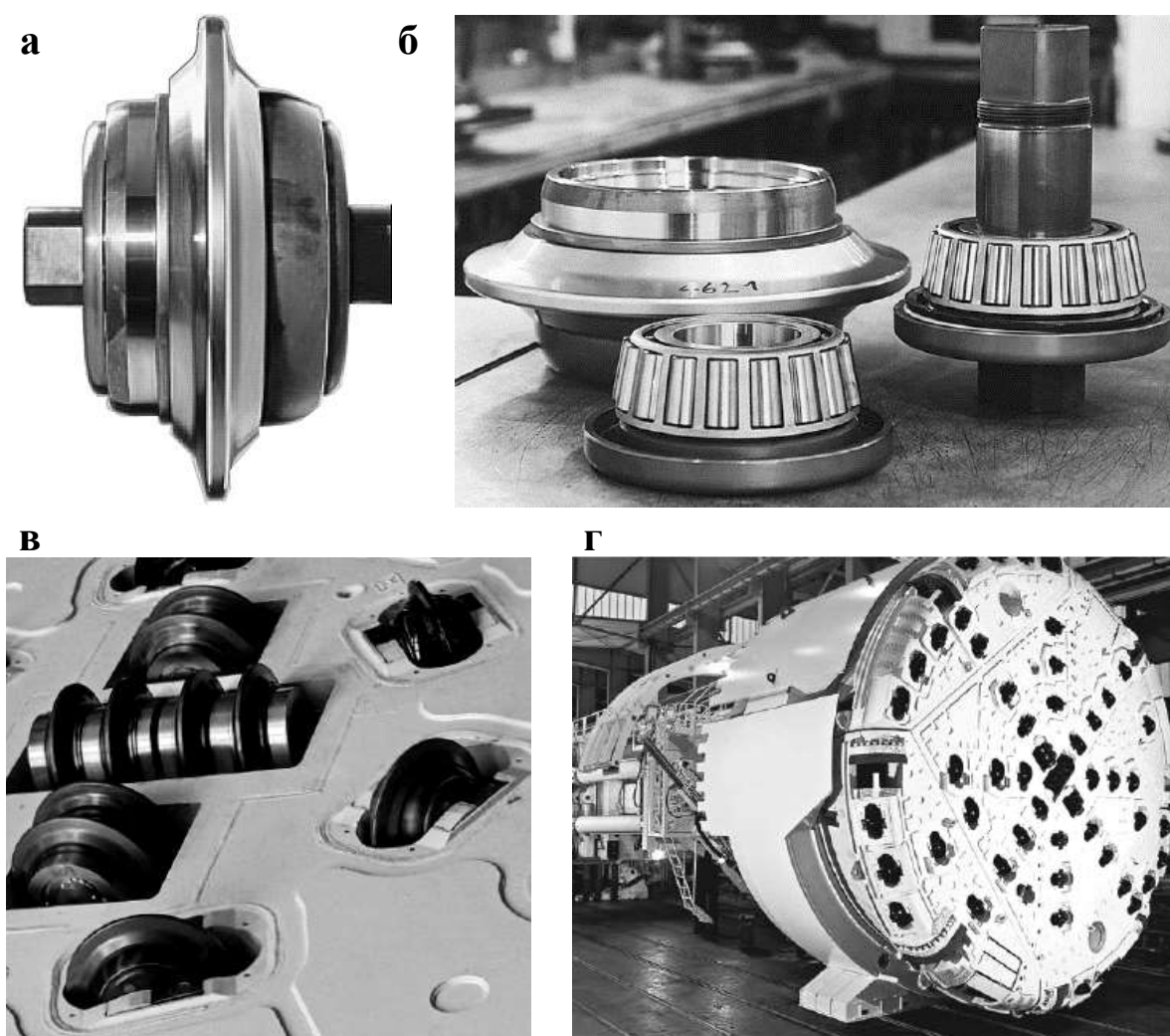


Рис. 2.4. Дискový инструмент и комплекс фирмы «Herrenknecht AG»: а – общий вид; б – в разобранном состоянии; в – крепление дисков разной конструкции на щите; г – общий вид щита породопроходческого комплекса

В зависимости от числа дисков шарошки бывают одно-, двух- и многодисковые (рис. 1.1 и 2.1–2.4), последние могут быть цельными с жестко связанными между собой дисками и составными с вращающимися независимо друг от друга дисками. Цельные шарошки могут быть разборными и неразборными. Диск может быть с одно- (рис. 2.2, 2.6) или двусторонними (рис. 2.1, 2.4), с симметричными или асимметричными лезвиями (рис. 2.1, 2.4, 2.5). Угол заострения $\beta = \beta_1 + \beta_2$ (градус), радиус закругления лезвия ρ (мм), диаметр D (мм) и материал лезвия диска оказывают большое влияние на показатели процесса разрушения, прочность и износостойкость диска. По виду опор дисковые шарошки бывают консольные или двухопорные (рис. 1.1, 2.1, 2.4). От стойкости опоры зависит срок службы шарошки. В современных конструкциях в основном применяются опоры на подшипниках качения.

Дисковые шарошки, установленные нормально к поверхности забоя, называют *лобовые* (рис. 2.1, 2.3, а), а работающие по уступной схеме разрушения – *тангенциальными* (рис. 2.2, 2.3, в).

Лобовые шарошки имеют, как правило, симметричное двустороннее лезвие, тангенциальные – несимметричное, обычно одностороннее.

Тангенциальная дисковая шарошка располагается под острым углом λ к поверхности забоя и имеет два направления перемещения: катится вдоль уступа и перемещается в направлении осевой подачи исполнительного органа горной машины. Диск шарошки односторонний и закрепляется на консольной опоре. Конструкция опоры аналогична опоре консольной лобовой шарошки.

Установка тангенциальных шарошек (рис. 2.2) на исполнительных органах комбайнов характеризуется: *углом наклона* λ и *углом разворота* φ .

Наблюдения за работой лобовых шарошек по песчанику и глинистому сланцу показали, что диск, внедряясь в породу, вначале уплотняет ее поверхностный слой и перемещает его на некоторую глубину без хрупкого разрушения. При дальнейшем увеличении глубины вдавливания образуется уплотненное пылевидное ядро, которое, погружаясь на заданную глубину и одновременно увеличиваясь в размерах, приводит к сколу породы боковыми гранями диска.

При увеличении глубины вдавливания боковые грани диска начинают входить в контакт с породой, причем величина контакта возрастает с глубиной.

Основными параметрами, характеризующими схему расположения шарошек, принимаются (рис. 2.2, 2.3): шаг разрушения H , высота уступа L , глубина резания h (подача шарошки за один оборот исполнительного органа).

В зависимости от величины отношения L/H различают три схемы расположения: *лобовую* (рис. 2.3, а) при $L/H = 0$; *тангенциальную* (рис. 2.3, в) при $L/H \geq 2$; *уступную* (рис. 2.3, б) при $0 < L/H < 2$. В современных горных машинах значения основных параметров находятся в пределах: $h = 2\text{--}30$ мм; $H = 20\text{--}120$ мм; $L/H = 0\text{--}5$.

Длина уступа L влияет на процесс разрушения при отношении $L/H \leq (2\text{--}2,5)$. При большем соотношении длина уступа перестает влиять на процесс разрушения, усилия стабилизируются и разрушение становится таким же, как при тангенциальной схеме.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ проводились исследования по проектированию и применению дисковых шарошек на исполнительных органах проходческих комбайнов избирательного действия (рис. 2.5), очистных комбайнов (рис. 2.6), машинах для послойного фрезерования (МПФ) типа ТМ-D25 (рис. 2.7) на карьерах и бурильных машинах (рис. 2.8).

Дисковые шарошки для рабочих органов проходческих комбайнов избирательного действия отличались их количеством (рис. 2.5), шагом их установки, винтовой линией набора инструмента, конструкцией узла крепления диска, зарубной частью коронки и наличием погружных лопастей. По результатам испытаний удовлетворительная энергоемкость и расширенная область применения проходческих комбайнов по прочности горных пород были получены при эксплуатации коронки, изображенной на рис. 2.5, д.

Методика и условия проведения производственных испытаний реализованы при проведении выработок по рудным телам и угольным пластам с твердыми включениями и прослойками с пределом прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ до 87 МПа и $\sigma_{сж}$ до 112 МПа.

Режущая кромка (рис. 2.5, а, б, в) асимметричного дискового инструмента может быть как непрерывной, так и прерывной – в ви-

де зубьев, в том числе с кромкой переменной кривизны (рис. 2.5, г). Кромка переменной кривизны позволяет уменьшить площадь контакта по мере ее заглубления и тем самым снизить усилия внедрения P_y , резания P_z , а также энергозатраты H_w с учетом рациональных геометрических параметров: радиуса кривизны r_k режущей кромки, высоты зуба h_3 , шага t_3 между зубьями, количества зубьев n_3 .

Основные элементы асимметричного дискового инструмента имеют следующие геометрические параметры (рис. 2.5): диаметр $D = 160$ мм, угол заострения $\beta = \beta_1 + \beta_2 = 30 \div 35^\circ$ при переднем угле $\beta_1 = 25 \div 30^\circ$ и заднем $\beta_2 = 5^\circ$. Дисковые инструменты с прерывной режущей кромкой следует применять на пластах с повышенным содержанием крепких включений.

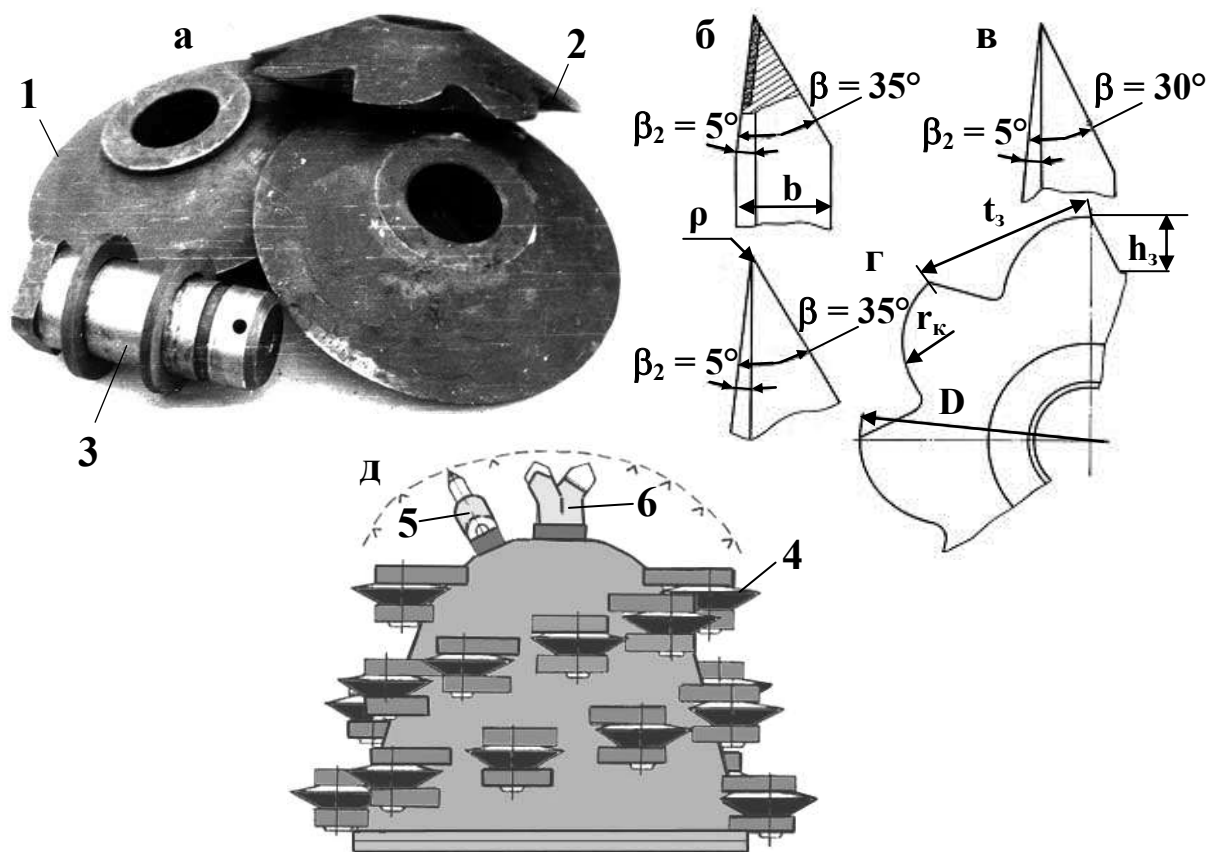


Рис. 2.5. Дисковый шарошки и коронка: а – общий вид дисков (1 – сплошная кромка; 2 – прерывистая кромка переменной кривизны; 3 – ось вращения); б, в, г – режущие кромки дисков; д – коронка, включающая диски 4, резцы 5 и забурник 6

Диски первого типа (рис. 2.5, б) изготавливались из стали 35ХГСА. Кромка диска для повышения износостойкости подвер-

галась упрочнению с помощью наплавки электродом ЭП-60Н по всему периметру. После наплавки диск окончательно обрабатывался и закаливался. Объемная закалка с низким отпуском позволила получить твердость наплавленного слоя $HRC = 50-60$. Диски второго и третьего типа (рис. 2.5, в, г) изготовлены из стали 35ХГСА с объемной закалкой и низким отпуском $HRC = 45-50$.

Дисковые шарошки для шнековых исполнительных органов очистных комбайнов применялись с разной геометрией, имеющие сплошную (рис. 2.6, б) или прерывистую кромки (рис. 2.6, г) в виде зубьев, при этом менялось количество, шаг t_3 (мм) и высота зубьев h_3 (мм).

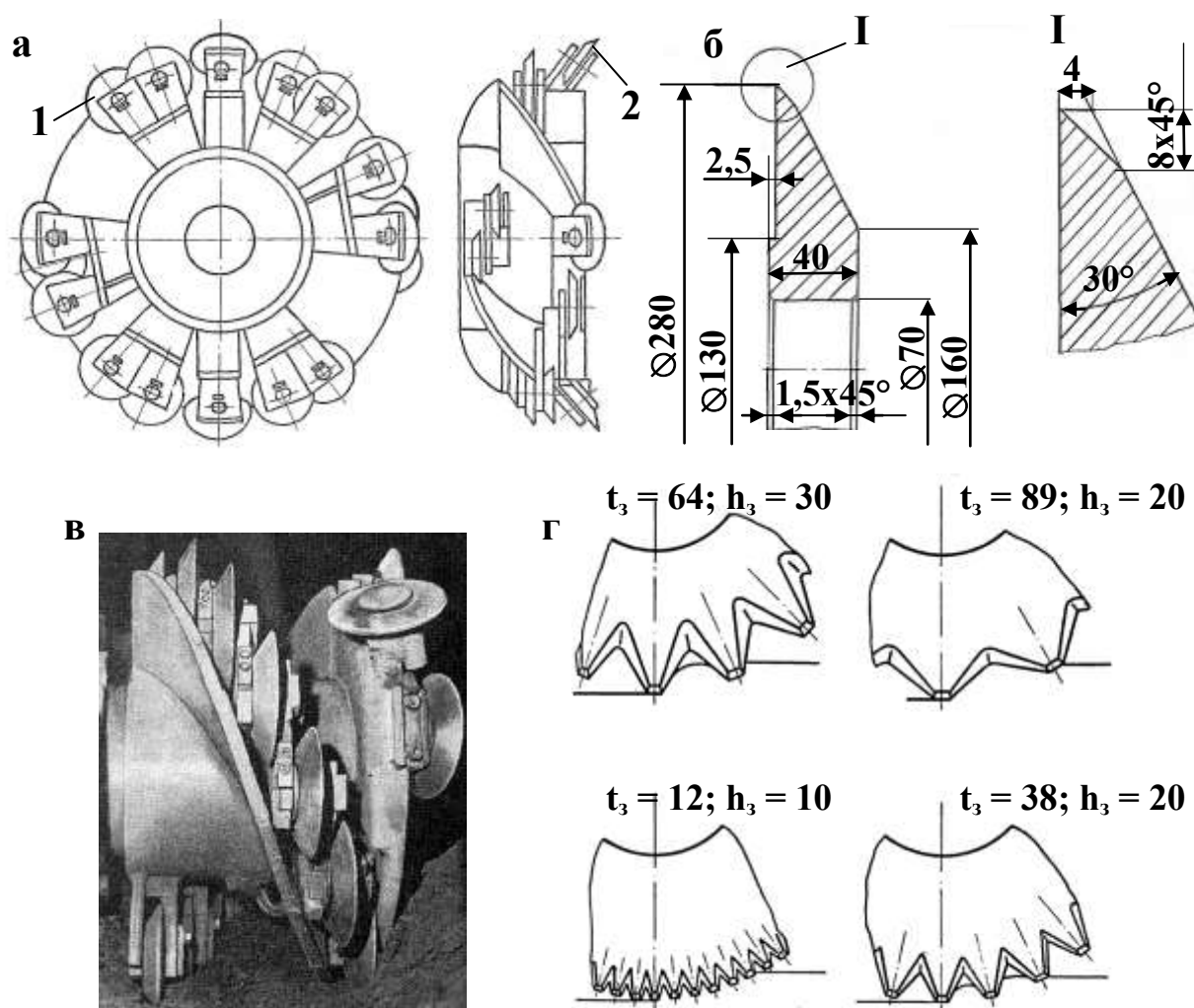


Рис. 2.6. Общий вид: а – шнека экспериментального исполнительного органа очистного комбайна; б – дискового инструмента (1 – забойный; 2 – кутковый); в – шнека (А.с. 1294987 СССР, М.Кл.² Е 21 С 25/10); г – геометрия дискового инструмента

При исследованиях диаметр D дисков составлял 280 и 300 мм, при этом менялась конструкция узлов крепления дисковых инструментов. Диски изготавливались из различных конструкционных и легированных сталей с различными режимами термической и химико-термической обработки, а также с армировкой кромки различными типами твердого сплава, что позволило получить сравнительные результаты по стойкости дисковых шарошек (инструментов).

Исполнительный орган для послойного фрезерования пород, оснащенный дисками, представлен на рис. 2.7.

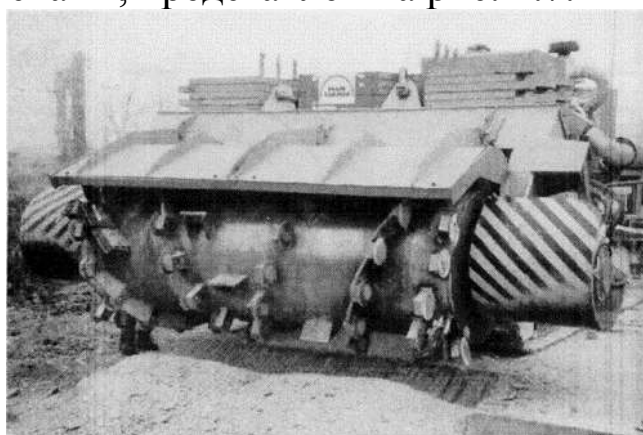


Рис. 2.7. Общий вид машины (МПФ) типа ТМ-D25 с дисковыми инструментами при работе на карьерах

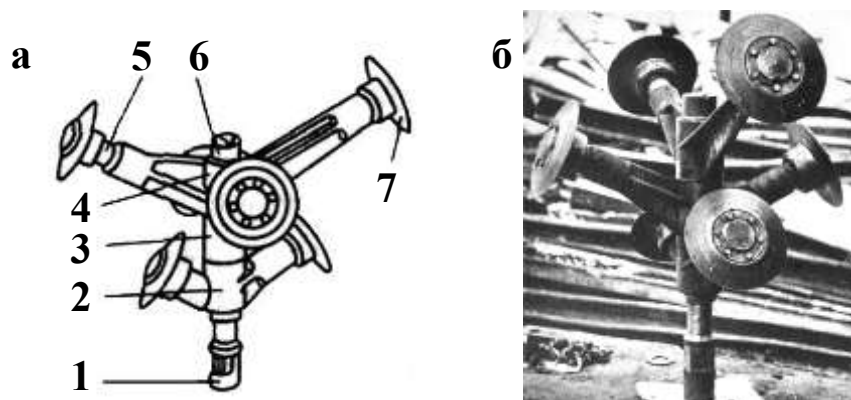


Рис. 2.8. Расширитель скважин РД 1320 с дисковыми шарошками:
а – конструкция; б – общий вид

Дисковый расширитель обратного хода (рис. 2.8, а) состоит из трех несимметричных корпусов-лучей 2–4, закрепленных на валу 1 и зафиксированных от осевого перемещения гайкой 6. В ступицы лучей крепятся оси 5, на которых посредством подшипникового узла установлены дисковые шарошки 7.

3. Штыревые шарошки

Штыревые шарошки (рис. 3.1), армированные твердосплавными штырями, отличаются наиболее высокой износостойкостью и предназначены для разрушения крепких высокоабразивных пород. Основные параметры штыревых шарошек: диаметр D , ширина B , диаметр штыря d , вылет штыря h , угол наклона штыря β , шаг штырей t , межвенцовое расстояние a .

Формы головок штырей представлены на рис. 3.2. Изготавливают штыри из твердых сплавов ВК8В и ВК11В и закрепляют в корпусе запрессовкой или пайкой.

При перекачивании штыревой шарошки (рис. 3.3) контакт с забоем прерывистый и процесс разрушения состоит из последовательных единичных актов ударного внедрения штырей в поверхность горной породы.

При перекачивании шарошки осевое усилие подачи на исполнительном органе горной машины трансформируется в ударную нагрузку штырей о поверхность забоя. В этой связи горная машина, даже, не имея ударного узла, может разрушить крепкие и средней крепости породы ($f = 6-18$).

В результате вдавливания штыря 1 на поверхности породы образуется углубление (рис. 3.3), которое называют лункой выкола. На дне лунки выкола (за исключением весьма пластичных горных пород) обычно образуется плотно спрессованный нарост 2 из тонко измельченных, а затем сильно уплотненных породных частиц. Фактически глубина выкола обычно превышает глубину вдавливания штыря h_v в 2–7 раз.

Шаг штырей, межвенцовое расстояние и смещение штырей по венцам выбирают таким образом, чтобы после вдавливания соседних штырей происходило перекрытие образованных ими лунок и, тем самым, сплошное разрушение слоя горной породы на забое.

Одним из основных элементов вооружения шарошек является форма головки твердосплавных штырей. Наибольшие нагрузки при прочих равных условиях, выдерживает инструмент, оснащенный штырями с головками сферической формы, а минимальные – на шарошках с клиновыми штырями. Это объясняется тем, что штыри со сферической головкой значительно прочнее клиновидных. Экспериментально доказано, что целесообразно применять шарошки с *комбинированным вооружением* в виде чередующихся штырей с

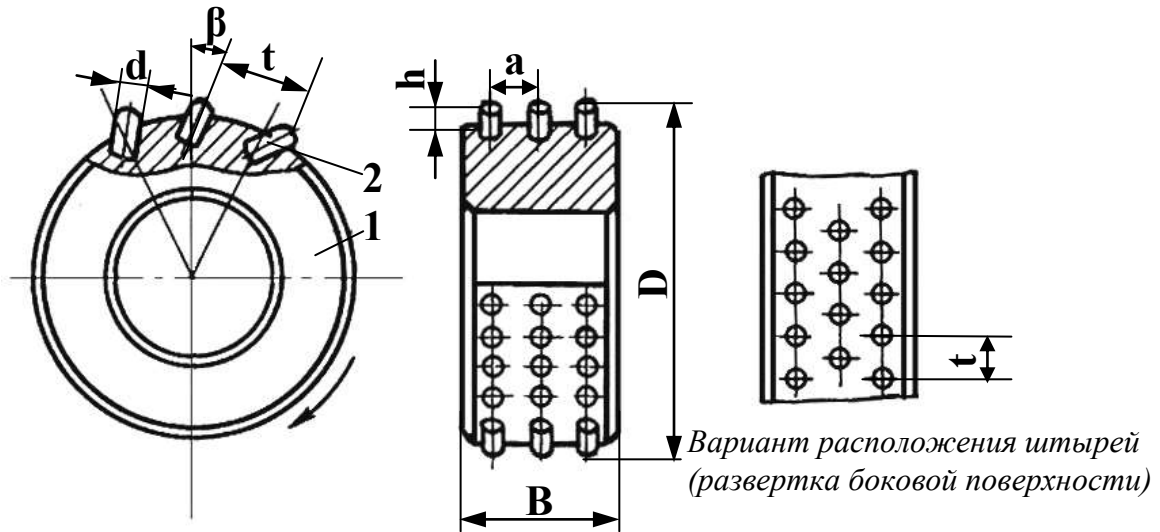


Рис. 3.1. Штыревая шарошка: 1 – корпус; 2 – штырь

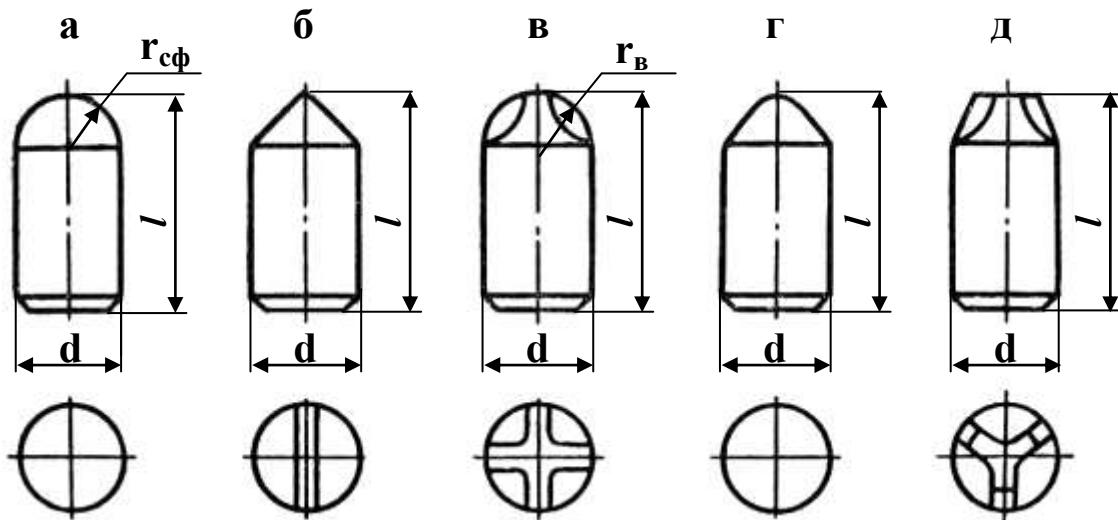


Рис. 3.2. Формы головок штырей: а – сферическая; б – клиновидная; в – лучевая; г – параболоидная; д – трехгранная

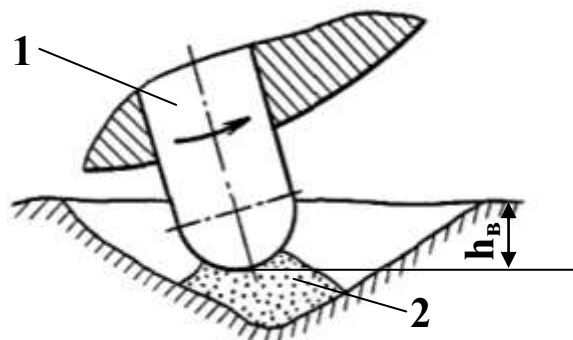


Рис. 3.3. Схема разрушения породы штыревой шарошкой:
1 – штырь; 2 – спрессованный нарост;
 $h_в$ – глубина вдавливания штыря

головками сферической и клиновидной форм. При этом головку клиновидного штыря следует, располагать под углом 90° к оси вращения шарошки. Применение комбинированных шарошек в сравнении с шарошкой, оснащенной только сферическими штырями, дает снижение удельной энергоемкости на 21%, а напорного усилия – на 25%.

Шарошечный инструмент широко применяется в зарубежных проходческих тоннельных комбайнах фирм США и Германии.

В настоящее время как за рубежом, так и в нашей стране разработаны и применяются высокоэффективные конструкции комбинированных диско-штыревых шарошек.

При лобовой схеме разрушения забоя совместное применение штыревых и дисковых шарошек снижает усилия на 20–30% при их размещении: последовательно в одной линии разрушения; поочередно в соседних линиях разрушения. Последовательное размещение шарошек наиболее эффективно, когда штыревых шарошек в 1,5–2 раза меньше, чем дисковых. Радиус штыревых шарошек следует принимать меньше радиуса дисковых на удвоенную величину подачи.

При уступной схеме расположения рекомендуется последовательное размещение штыревых и дисковых шарошек. При этом удельная энергоемкость снижается на 40% по сравнению с процессом разрушения породы только штыревыми шарошками и на 20% по сравнению с разрушением только дисковыми шарошками.

4. Зубчатые шарошки

Зубчатые шарошки (рис. 4.1) могут быть цилиндрической или конической формы.

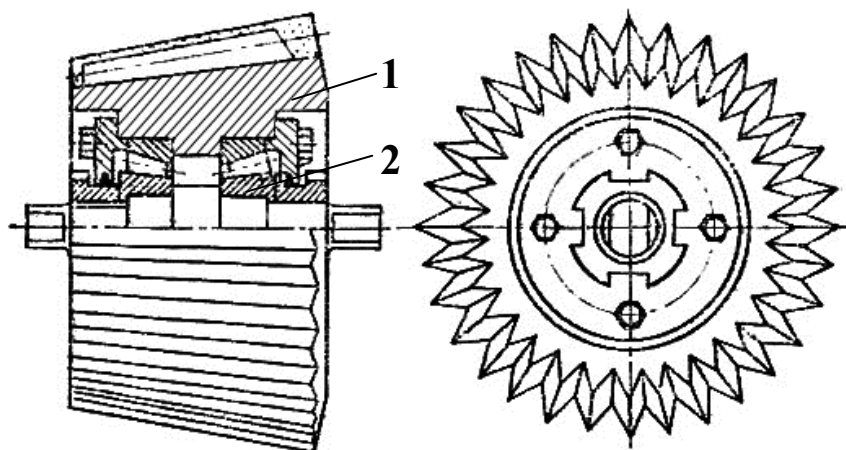


Рис. 4.1. Зубчатая шарошка: 1 – корпус; 2 – подшипниковая опора

Перекатываясь по поверхности забоя, они разрушают породу, скалывая ее стальными зубьями. Данные шарошки могут применяться в исполнительном органе установок для бурения скважин, стволов шахт, на проходческих комбайнах. На рис. 4.1 представлен общий вид зубчатой шарошки для проходческого комбайна бурового действия.

5. Шарошечный инструмент для бурения скважин на открытых горных работах

Основным породоразрушающим инструментом, которым в настоящее время бурится свыше 80 % скважин на открытых горных работах, являются шарошечные долота (рис. 5.1–5.7). Шарошечные долота представляют собой наиболее универсальный породоразрушающий буровой инструмент, поскольку область его применения охватывает практически все многообразие горных пород: от очень мягких до весьма твердых.

В зависимости от крепости и абразивности пород долота имеют либо зубчатое, либо штыревое, либо зубчато-штыревое исполнение. Область применения долот, исполнение и обозначения приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Обозначение шарошек	Область применения	Исполнение шарошек
М ($f = 3-5$)	Бурение мягких пород	С фрезерованными зубьями
МЗ	Бурение мягких абразивных пород	Со вставными штырями
МС	Бурение мягких пород с пропластками средней твердости	С фрезерованными зубьями
МЗС	Бурение мягких абразивных пород с пропластками средней твердости	С фрезерованными зубьями и вставными штырями
С ($f = 5-8$)	Бурение пород средней твердости	С фрезерованными зубьями
СЗ	Бурение абразивных пород средней твердости	Со вставными штырями
СТ	Бурение пород средней твердости с пропластками твердых	С фрезерованными зубьями
Т ($f = 8-10$)	Бурение твердых пород	С фрезерованными зубьями
ТЗ	Бурение твердых абразивных пород	Со вставными штырями
ТК	Бурение твердых пород с пропластками крепких	С фрезерованными зубьями и вставными штырями
ТКЗ	Бурение твердых абразивных пород с пропластками крепких	Со вставными штырями
К ($f = 10-14$)	Бурение крепких пород	Со вставными штырями
ОК ($f = 14-18$)	Бурение очень крепких пород	Со вставными штырями

Области применения твердых сплавов, из которых изготавливаются штыри, выпускаемых «Кировоградский завод твердых сплавов» для бурового инструмента (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Сплав	Области применения
ВК8ВК	- шарошечное бурение геологоразведочных, эксплуатационных и взрывных скважин в крепких и очень крепких абразивных горных породах с коэффициентом крепости по шкале Протодяконова до $f = 18$
ВК11ВК	- шарошечное бурение геологоразведочных, эксплуатационных и взрывных скважин в вязких, средней твердости и твердых абразивных горных породах с коэффициентом крепости по шкале Протодяконова до $f = 16$
ВК12КС	- шарошечное бурение геологоразведочных, эксплуатационных и взрывных скважин в вязких, средней твердости и абразивных горных породах с коэффициентом крепости по шкале Протодяконова до $f = 18$
ВК13	Легированный сплав, заменяет сплавы ВК8ВК и ВК11ВК

Примечание. В табл. 5.2 перечислены вольфрамкобальтовые сплавы: среднезернистые ВК-ВК и крупнозернистые ВК-КС.

Цифровой индекс в обозначении марки сплава указывает на процентное содержание кобальта.

Шарошки долот ОК (штыревые) армированы твердосплавными зубками с полусферическими головками. Штыри закрепляются в теле шарошек методом холодной запрессовки.

Шарошки долот ТК имеют комбинированное вооружение, состоящее из чередующихся твердосплавных штырей, запрессованных в тело шарошек, и выфрезерованных в их корпусе зубцов.

Шарошки долот Т имеют зубцы, выфрезерованные в корпусе шарошек и наплавленные твердым сплавом.

Для предохранения долот от износа по диаметру обратные конусы шарошек также наплавляются твердым сплавом.

Фрезерованные зубья шарошек (рис. 5.4, 5.5, а, 5.6, а) фрезеруются в теле конуса шарошки и наплаваются твердым сплавом. Вставные штыри (рис. 5.2, 5.3, 5.5, б, 5.6, б) запрессованы в отверстия в корпусе шарошек.

При бурении скважин с продувкой воздухом могут использоваться *четыре способа продувки* с учетом расположения и конструкции продувочных каналов: боковая (ПГ), центральная (П), комбинированная (ПК) и реверсивная. На рис. 5.7 представлены *способы продувки* «ВБМ-групп». Также есть центральная (Ц) и боковая (гидромониторная) промывка (Г). Существуют следующие конструкции опор: на подшипниках с телами качения, не-

герметизированная – В; на одном радиальном подшипнике скольжения (остальные подшипники с телами качения), негерметизированная – Н; на двух и более подшипниках скольжения, негерметизированная – А; на двух и более подшипниках скольжения, герметизированная – АУ.

Опоры шарошек (рис. 5.1) долот диаметром 215,9 мм и выше выполнены по схеме: роликовый подшипник – шариковый (замковый) подшипник – роликовый подшипник (сокращенно Р-Ш-Р).

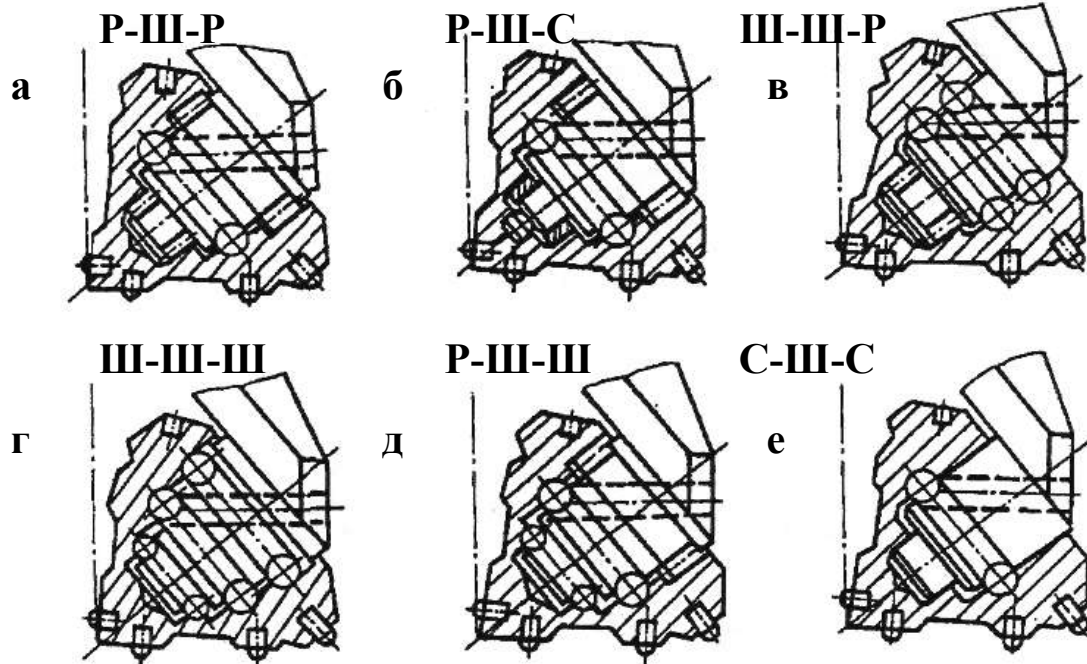


Рис. 5.1. Опоры шарошечных долот

Долота диаметром 244,5 мм и более могут дополнительно содержать упорный подшипник скольжения (УПС) в виде шайбы, воспринимающей осевую нагрузку. Опоры скольжения (С) имеют долота диаметром меньше 120 мм.

Обозначение долота Ш-320ТЗ-ПГВ означает «трехшарошечное долото диаметром 320 мм с вооружением шарошками ТЗ с продувкой опор (П) и боковой (из сопел) схемой очистки забоя (Г) сжатым воздухом с шарошками на подшипниках качения (В)». Так как для бурения на карьерах применяются только трехшарошечные долота, индекс Ш часто опускают.

Шарошки и лапы долот изготавливаются из легированных сталей (12ХН2, 20ХНЗА и др.) и подвергаются химико-термической обработке.

При бурении обводненных пород стойкость шарошечных

долот резко снижается из-за попадания воды и частиц буровой мелочи в опоры через продувные каналы при прекращении продувки во время наращивания штанг.

Шарошечные долота для бурения взрывных скважин могут быть с *одной* (рис. 5.2, 5.3), *двумя* (рис. 5.4), *тремя* (рис. 5.5, 5.6) шарошками и более шарошками. Наибольшее распространение получили трехшарошечные долота.

Одношарошечные долота (рис. 5.2) состоят из корпуса 1 с присоединенной головкой, лапы 2 и сферической шарошки 3. Промывочное устройство выполнено в виде сквозного периферийного отверстия 4, просверленного в лапе недалеко от основания цапфы, направляющего струю жидкости по касательной к поверхности шарошки. Шарошка выполняется с продольными вырезами на ее наружной поверхности, способствующими лучшей промывке долота, и оснащается вставными твердосплавными зубками (ВК8ВК, ВК11ВК).

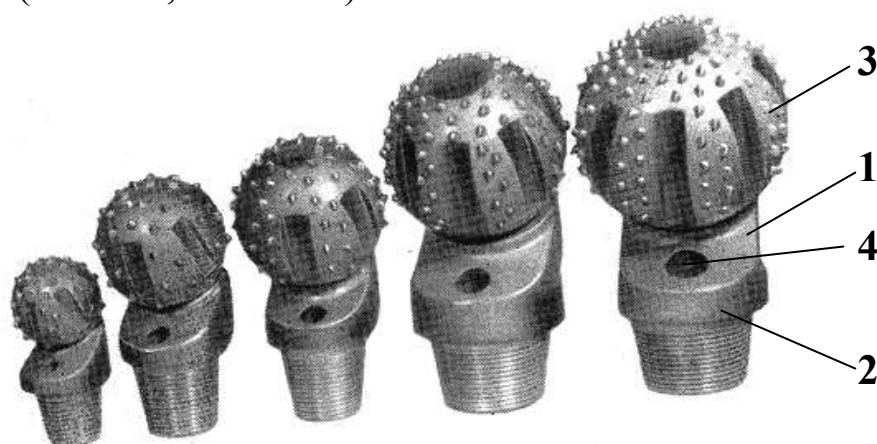


Рис. 5.2. Нормальный ряд одношарошечных долот СевКавНИИ

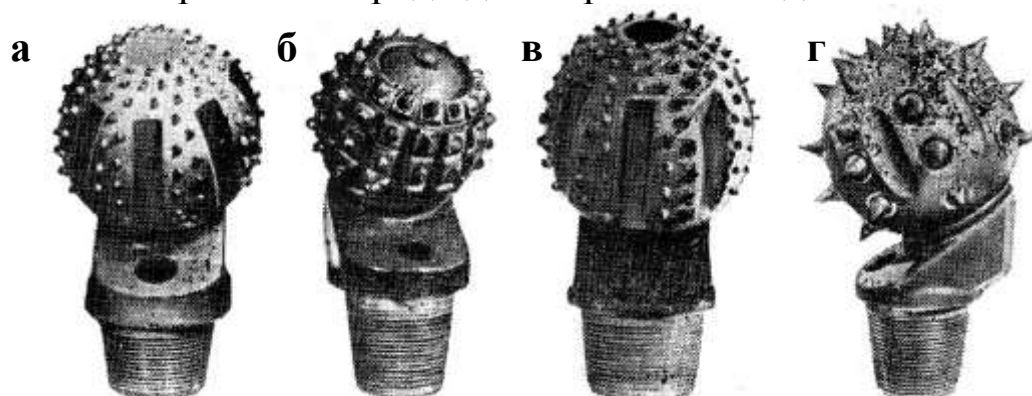


Рис. 5.3. Модификации отечественных одношарошечных долот:
а – серийная; б – с кольцевыми расточками на шарошке;
в – с нижней промывкой; г – с коническими зубками

Одношарошечные долота изготавливались диаметрами 97, 140, 161, 190, 214 (серийные) и 269 мм (опытные) (рис. 5.2, 5.3).

Двухшарошечные долота (рис. 5.4) выпускались в более широком ассортименте, чем одношарошечные. Их применяют главным образом при бурении геологоразведочных скважин. Например, долото В112МГ выполняется двухсекционным. Секции этого долота, похожие на секции трехшарошечного долота, сопрягаются плоскостями на фиксирующих штифтах и соединяются сварными швами. Угол наклона цапф к оси долота $57^{\circ}30'$. Опора каждой шарошки выполнена по схеме СШР, т.е. подшипник скольжения, шарикоподшипник (замковый) и роликовый подшипник. Шарошки – самоочищающиеся со смещением их осей относительно осей долота на 3 мм.

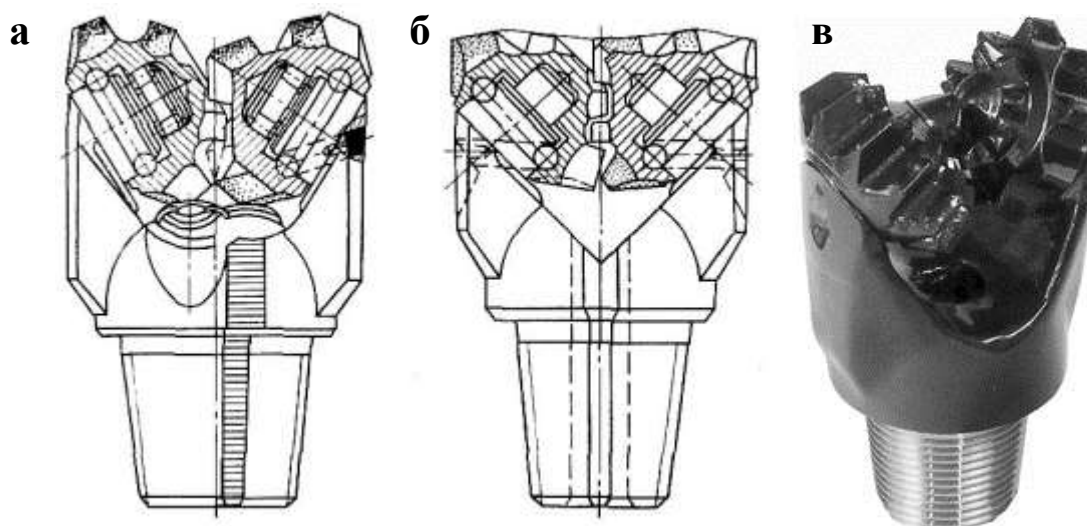


Рис. 5.4. Двухшарошечные долота: а – В112МГ; б – 2В39С; в – П 112 М-ЦВ ОАО «ВБМ-групп»

Обозначение долота П 112 М-ЦВ означает «двухшарошечное долото диаметром 112 мм для бурения мягких пород (М) с центральной промывкой (Ц) на подшипниках качения (ЦВ)».

Фрезерованные зубья шарошек – крупные, заостренные, защищенные твердосплавной наплавкой. Выемки между зубьями по венцу довольно широкие и глубокие, так же как и межвенцовые расточки. Такое вооружение обеспечивает наиболее высокую эффективность в очень мягких и вязких породах. Промывка – боковая. Промывочные каналы иногда оснащаются минералокерамическими соплами, направляющими струи жидкости в зазоры между шарошками.

В определенных геолого-технических условиях эти долота обеспечивают превосходство над трехшарошечными на 10–15 % по проходке и на 15–20 % по механической скорости, т.е. в условиях, когда невозможно создать необходимые осевые нагрузки для нормальной работы трехшарошечных долот. Каждая отдельная секция двухшарошечного долота имеет большие диаметры шарошек по сравнению с трехшарошечным, что позволяет иметь на шарошке увеличенное число зубчатого или твердосплавного вооружения при увеличенном шаге между зубками. Зубки, расположенные на шарошке с увеличенным шагом, наносят по забою более интенсивные удары со сколом более крупных частиц разбуриваемой породы.

Преимуществом двухшарошечных долот над трехшарошечными является упрощение технологии их изготовления. Двухшарошечные долота имеют меньшую стоимость. *К недостаткам* двухшарошечных долот относится недостаточно мощное калибрующее вооружение – насыщенность зубьями снижена на 30% по сравнению с трехшарошечными долотами. Это приводит к преждевременному износу долота по диаметру, а также является причиной вибрации при бурении, приводящей к более интенсивному искривлению скважины, чем при бурении трехшарошечными долотами.

Трехшарошечные долота. Наиболее распространенными является трехшарошечные долота. Это объясняется наилучшей вписываемостью в круглое поперечное сечение скважины трех конических шарошек, обеспечивающих лучшее центрирование и устойчивость долота, относительно небольшое естественное искривление ствола буримой скважины, хорошую калибровку стенки скважины, возможность размещения в их внутренних полостях достаточно прочной опоры.

Трехшарошечные долота используют для разработки пород от мягких до очень крепких с вооружением шарошки в виде фрезерованных на ней зубьев (рис. 5.5, а; 5.6, а) различной длины и конфигурации или впрессованных в нее штырей из твердого сплава – карбида вольфрама (рис. 5.5, б; 5.6, б). Трехшарошечные долота (рис. 5.6) состоят из трех сварных секций (лап) 2, на которых монтируют шарошки 1. Опоры шарошек в зависимости от размеров долот выполняют по различным схемам.

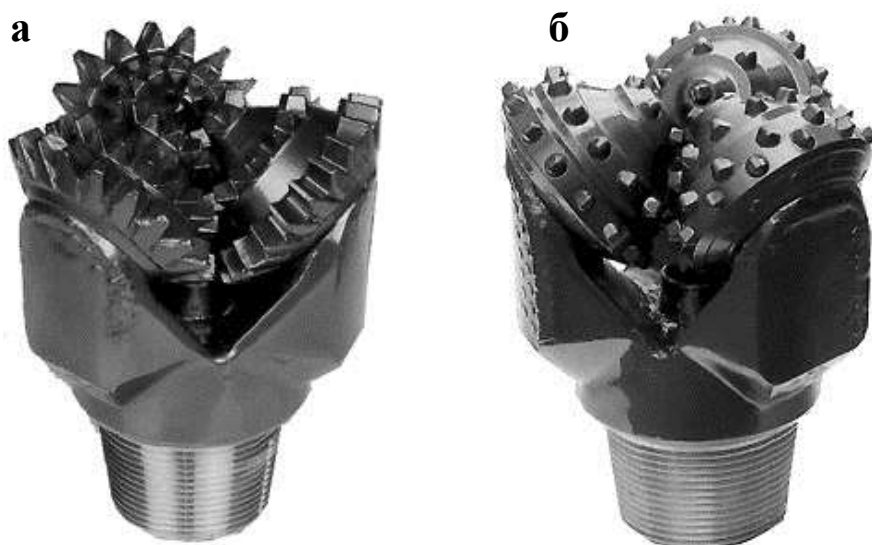


Рис. 5.5. Трехшарошечные долота ОАО «ВМ-групп»: а – с фрезерованным вооружением III 215,9 Т-ПВ для бурения твердых пород; б – с твердосплавным вооружением III 215,9 ТЗ-ПВ W75-2 для бурения твердых абразивных пород

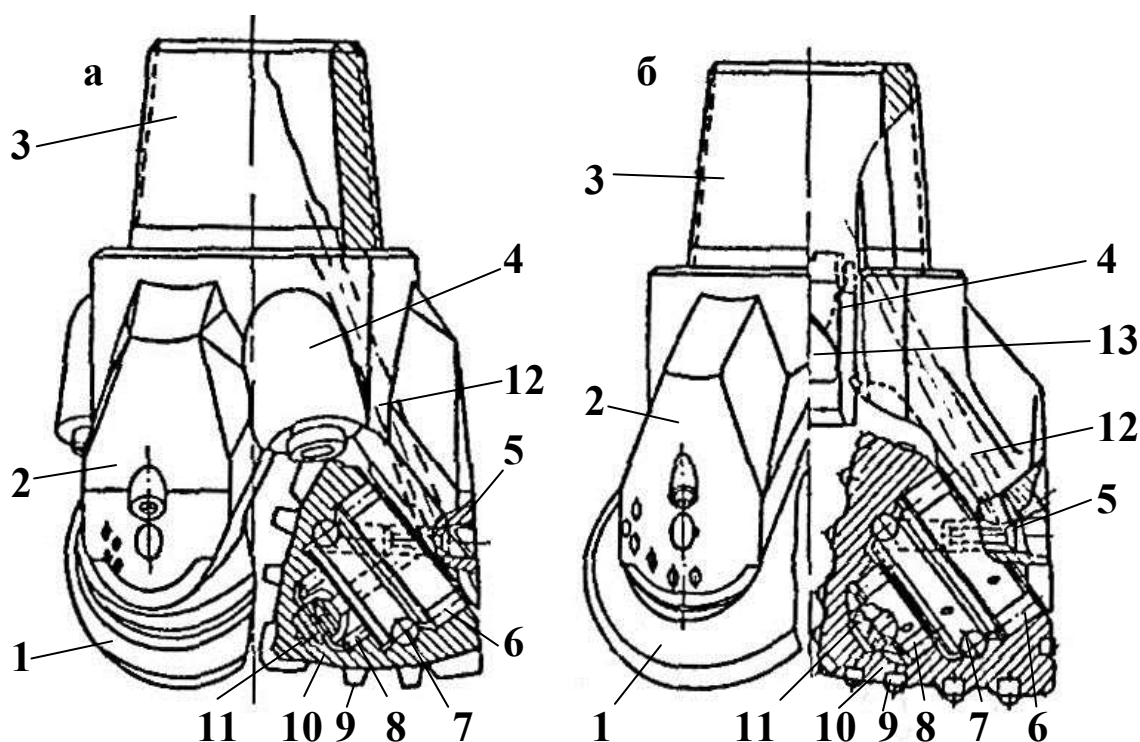


Рис. 5.6. Конструктивные схемы трехшарошечных долот: а – зубчатого с фрезерованным вооружением шарошек и периферийной продувкой; б – штыревого с вооружением цилиндрическими элементами из твердого сплава и центральной продувкой

В горной промышленности трехшарошечные долота применяют с опорами (Р-Ш-Р), имеющими два силовых роликоподшипника 6 и 8 и между ними один шариковый (замковый) 7.

На долотах малых диаметров нижний подшипник может быть шариковым (Р-Ш-Ш) или скользящего типа. Долота, предназначенные для тяжелых условий эксплуатации, снабжают упорной пятой скольжения (УПС) 11.

Трехшарошечные долота на рис. 5.6 состоят из элементов: 1 – шарошка; 2 – лапа долота; 3 – присоединительный ниппель с резьбой; 4 – периферийный (рис. 5.6, а) и центральный (рис. 5.6, б) продувочные каналы; 5 – канал для подачи замкового ряда шарикового подшипника с фиксатором; 6 – роликовый подшипник опоры; 7 – замковый шариковый подшипник; 8 – роликовый подшипник опоры; 9 – элементы породоразрушающего фрезерованного (рис. 5.6, а) и твердосплавного (рис. 5.6, б) вооружения шарошки; 10 – корпус шарошки; 11 – упорная пята шарошки; 12 – воздушный канал к подшипникам шарошки; 13 – воздухо-направляющий винт

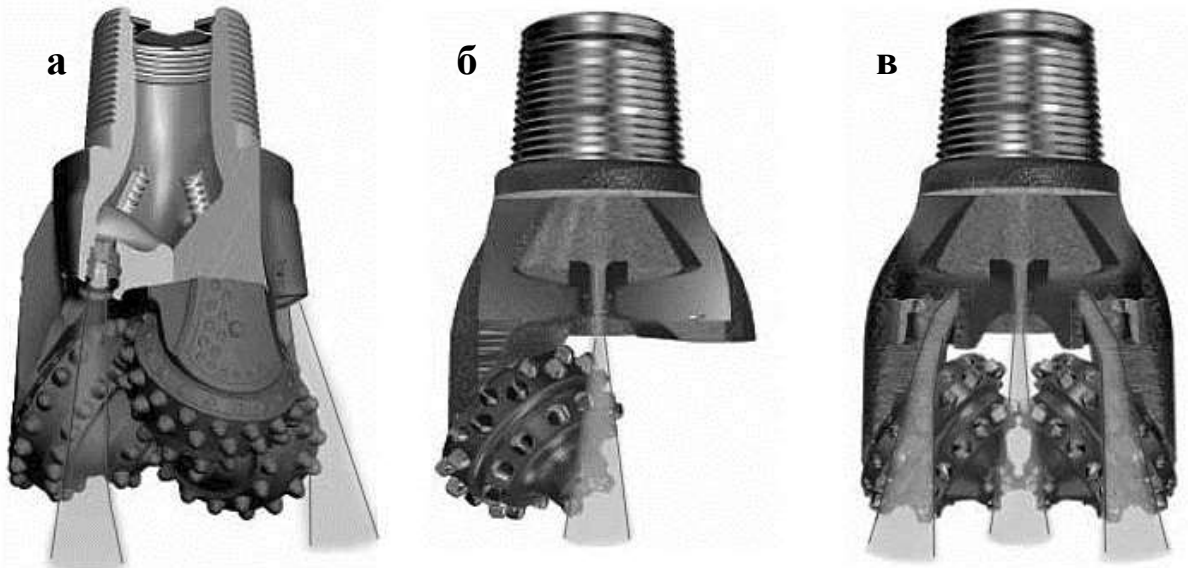


Рис. 5.7. Способы продувки: а – боковая; б – центральная; в – комбинированная

Шарошки и лапы долот в основном изготавливают из хромоникелевой малоуглеродистой (12ХН2), (20ХН3А) и никельмолибденовой (17НЗМА) сталей и подвергают химико-термической обработке.

Для бурения взрывных скважин на карьерах горнорудной промышленности наиболее широко используют трехшарошечные долота типов К, ТК и Т с диаметрами 146; 161; 215,9; 244,5; 269,9 и 320 мм и массой 12–90 кг.

По способу расположения зубьев шарошки долота могут быть с само- и самоочищающимися зубьями. У наиболее распространенных самоочищающихся долот зубчатый венец одной шарошки входит в проточку между венцами другой, за счет чего улучшается очистка зубьев от породы.

6. Комбинированный инструмент для бурения скважин

Одна из первых конструкций комбинированного режуще-шарошечного долота была разработана на кафедре горных машин и комплексов КузГТУ. Типы долот, разработанные КузГТУ РШД-3А, К-РШД-214, РШДС.

Комбинированное режуще-шарошечное долото (типа РШД) для станков вращательного бурения (рис. 6.1) объединяет в себе элементы шарошечного и режущего долот и эффективно используется для бурения по переслаивающимся породам различной крепости, когда мягкие, глиносодержащие породы чередуются с пропластками более крепких пород.

В этих условия исключается возможность использования *режущих долот*, а применение *шарошечных долот* вызывает нарушение очистки скважин из-за растепления продуктов разрушения при обурировании мерзлых и глиносодержащих пород. Долота типа РШД (рис. 6.1) обеспечивают возможность в мягких породах обрабатывать забой с помощью режущего органа, а при повышении крепости пород осуществляется комбинированная обработка забоя – совместно режущим и шарошечным органами.

Например, долото РШД-215,9 разработано ИрГТУ, со временем оно было доработано с присвоением шифра РШД-244,5ТЗ. Долото представляет собой двухшарошечное долото с шарошками и встроенной в него режущей лопастью, оснащенной сменными резцами типа РК-8Б и под действием пружины может перемещаться в направлении корпуса. При бурении слабых пород долото работает как режущее. С увеличением крепости пород пружина сжимается под действием осевого усилия, и в работу вступают шарошки. При

этом разрушение происходит под действием комбинированного воздействия режущего и шарошечного инструментов.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ проводятся исследования по использованию буровых инструментов (например, режуще-шарошечных долот) для бурения скважин с квадратным, прямоугольным сечением.

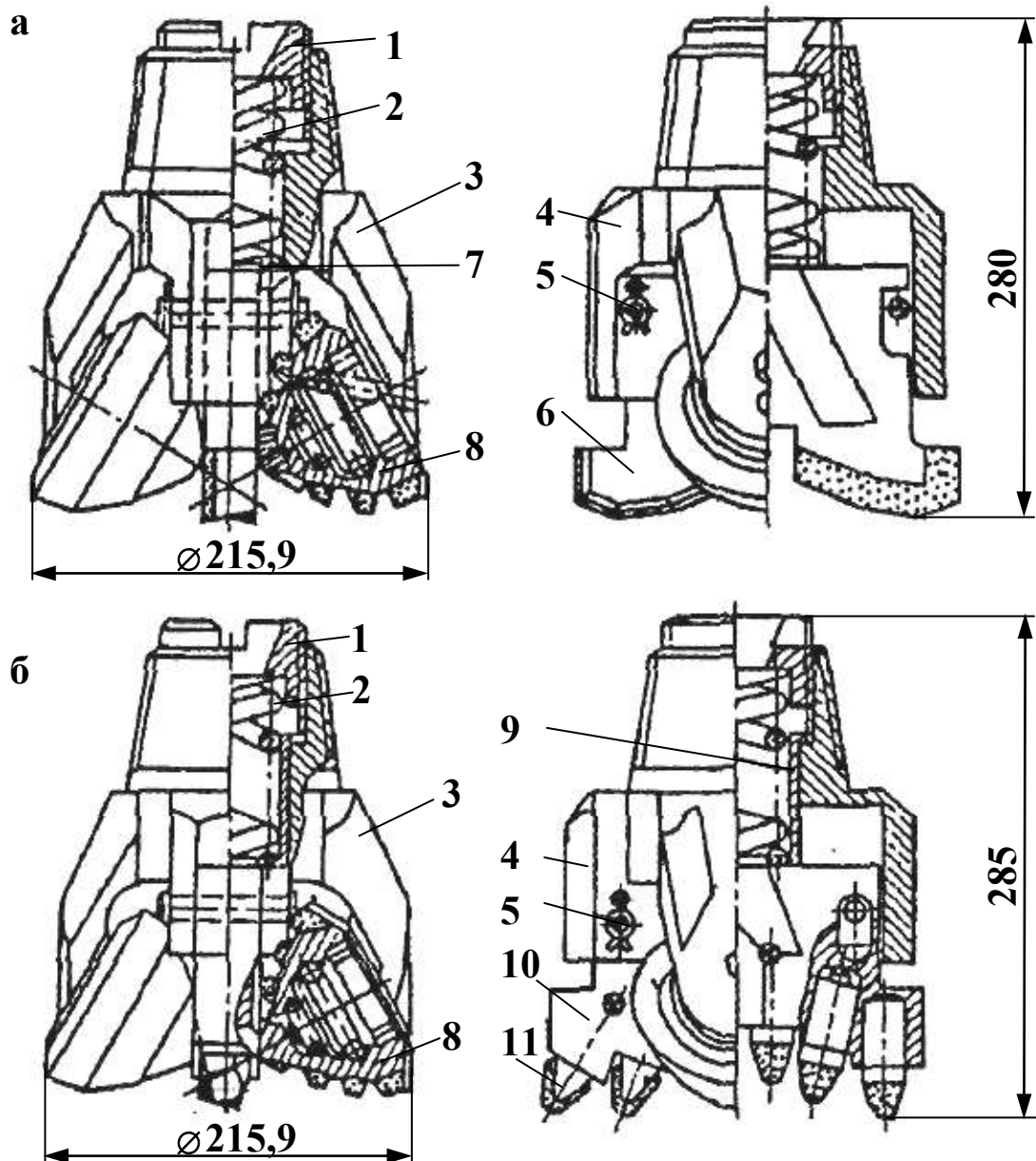


Рис. 6.1. Комбинированные режуще-шарошечные долота ИрГТУ:

а – РШД 215,9; а – 1РШД 215,9; 1 – гайка; 2 – пружина; 3 – лапа шарошки; 4 – лапа режущего органа; 5 – замковый палец; 6 – съемная режущая коронка; 7 – упорная шайба; 8 – шарошка; 9 – стакан; 10 – съемный корпус крепления резцов; 11 – сменный резец

Проектирование комбинированного режуще-шарошечного инструмента, научное обоснование его параметров базировалось, прежде всего, на опыте эксплуатации режущих долот (рис. 6.2).

Существуют режущие долота (рис. 6.2) со шнековой очисткой скважин (станки вращательного бурения типа СВБ и СБР) и режущие долота с продувкой воздухом (СБШК-200, СБШ-200 и СБШ-250) для бурения взрывных скважин по слабым и средней крепости породам ($f \leq 7$). Долота, имеющие диаметры 215,9; 244,5 и 269,9 мм оснащены восемью – десятью сменными резцами, армированными пластинками твердых сплавов. Сжатый воздух к забою подается через наклонные каналы и отверстия, расположенные между резцами.

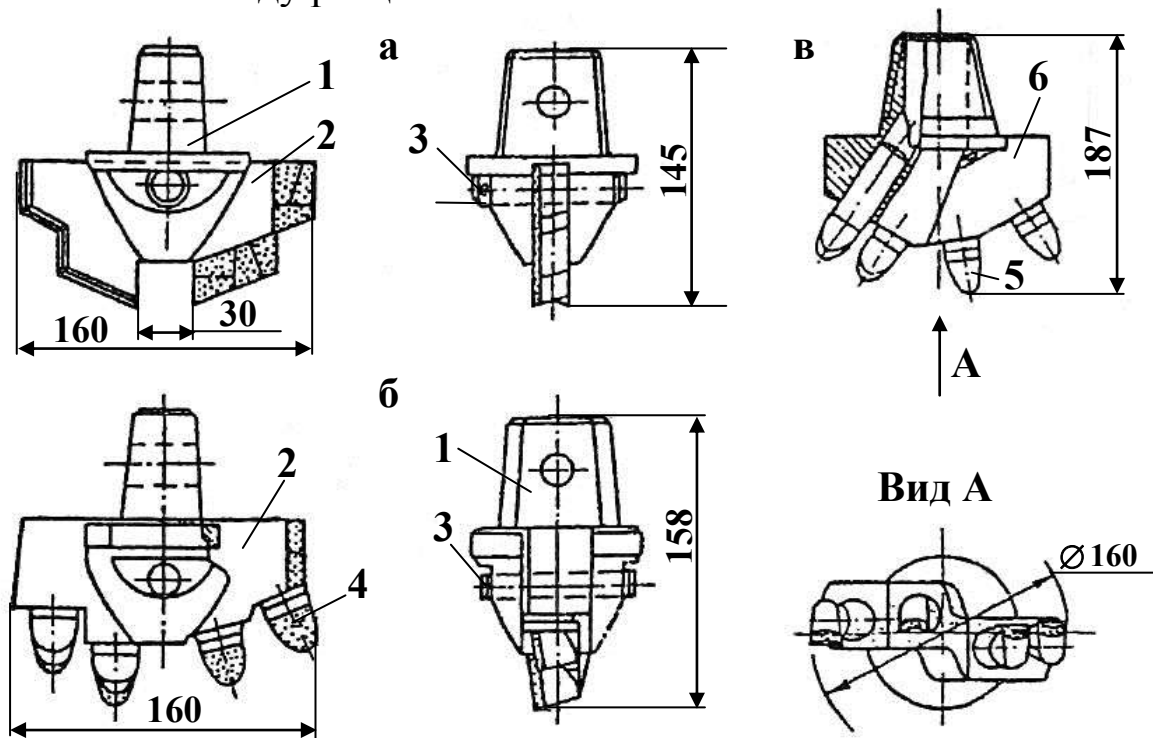


Рис. 6.2. Режущие долота для бурения со шнековой очисткой скважин: а – РК4М; б – 8РД160Ш; в – 10РД160ШП (1 – хвостовик; 2 – съемный корпус; 3 – соединительный палец; 4 и 5 – резец типа ШБМ2С укороченный; 6 – литой корпус)

Значительный вклад по проектированию и внедрению режущих буровых долот внесли *кафедры горных машин и комплексов* КузГТУ, ИрГТУ и ГУЦМиЗ.

На кафедре горных машин и комплексов ИрГТУ проводится комплекс научно-исследовательских работ по повышению эффективности бурения взрывных скважин на карьерах, сформиро-

ваны основные требования к конструкции режущего бурового инструмента. Режущие долота при бурении по породам $f \leq 6$ обеспечивают скорости бурения в 1,3–1,5 раза большие, чем шарошечные долота. Режущие долота нашли применение на предприятиях «Востсибуголь», «Якутзолото», «Северовостокзолото». Изготовлены мелкие партии режущих буровых долот для тяжелых станков шарошечного бурения (СБШ).

Режущие долота типа РД и другие (рис. 6.2) предназначены для бурения по мягким породам и работают по принципу крупного скола породы с поверхности забоя скважины. Хотя абсолютные значения осевых усилий подачи, необходимых для внедрения режущего долота в породу при одинаковых диаметрах долота, меньше, чем у шарошечных, потребный вращающий момент на режущем долоте должен быть больше, чем у шарошечного инструмента. Это объясняется спецификой процесса взаимодействия инструмента с породой. Например, существует ряд режущих долот (с резцами): 1РД-160Ш; 7РД-160Ш (РК-8Б); 8РД-160Ш; 9РД-160Ш и 10РД-160Ш; РД-160ШП (ШБМ1С); 1РД-190 (И902); 1РД-215,9 (РК-8Б); 3РД-215,9 (РК-8Б); РД-243 (РК-8Б); 1РД-244,5 (РК-8Б); 2РД-244,5 (лопасть); 3РД-244,5 и др.

Кафедрой горных машин и комплексов в Красноярском ГУЦМиЗ велась работа по созданию новых видов породоразрушающих инструментов для станков вращательного бурения, предложено режуще-вращательное долото ДЗДШ-244,5. На Черногорском угольном разрезе (породы с $f = 4-8$) установлено, что скорость бурения этими долотами составила 1,2 м/мин, что выше скорости бурения шарошечными долотами.

7. Перечень заводов-изготовителей горного инструмента

1. «Кировоградский завод твердых сплавов»
<http://www.kzts.ru>
2. «Herrenknecht AG»
<https://www.herrenknecht.com/en/products/>
3. «УРАЛБУРМАШ» <http://www.ubm.ru>
4. «Волгабурмаш» <http://vbm.ru>
5. «Гормаш» <http://www.belgormash.ru>
6. «РосПромБур» <http://rosprombur.ru>
7. ЗАО «Геомаш-Центр» <http://www.geomash.ru>

11. «Буровой портал» <http://drillings.ru>
12. «TORQUATO DRILLING ACCESSORIES»
<http://www.dthhammers.net/torquato/>
13. «Sandvik Tamrock»
<http://www.miningandconstruction.sandvik.com>
14. «Atlas Copco» <http://www.atlascopco.ru>

Для самостоятельного изучения физико-технических свойств горных пород и углей, закономерностей отделения угля от массива горными инструментами, истории развития горного инструмента, влияния конструктивных и геометрических параметров режущих и раздавливающих инструментов на прочность режущей части, материалов и твердых сплавов, используемых для изготовления инструментов и на конструкцию их крепления при курсовом и дипломном проектировании, а также для подготовки к защите работ, студентам рекомендуется использовать предлагаемый ниже список рекомендуемой литературы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саfoxин, М. С. Горные машины и оборудование: учебник для вузов / М. С. Саfoxин, Б. А. Александров, В. И. Нестеров. – Москва : Недра, 1995. – 463 с.
2. Крапивин, М. Г. Горные инструменты / М. Г. Крапивин, И. Я. Раков, Н. И. Сысоев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990. – 256 с.
3. Барон, Л. И. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение шарошками / Л. И. Барон, Л. Б. Глатман, С. Л. Загорский. – Москва : Наука, 1969. – 152 с.
4. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение агрегированными инструментами: Коллективная монография / Л. И. Барон, Л. Б. Глатман, Ю. Н. Козлов, И. И. Мельников. – Москва : Наука, 1977. – 160 с.
5. Яцких, В. Г. Горные машины и комплексы : учебник для техникумов / В. Г. Яцких, Л. А. Спектор, А. Г. Кучерявый; под ред. В. Г. Яцких. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1984. – 400 с.

6. Солод, В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы : учебник для вузов / В. И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов. – Москва : Недра, 1981. – 503 с.

7. Клорикьян, В. Х. Горнопроходческие щиты и комплексы / В. Х. Клорикьян, В. А. Ходош. – Москва : Недра, 1977. – 326 с.

8. Позин, Е. З. Разрушение углей выемочными машинами / Е. З. Позин, В. З. Меламед, В. В. Тон; под ред. Е. З. Позина. – Москва : Недра, 1984. – 288 с.

9. Расширение области применения проходческих комбайнов избирательного действия / А. А. Хорешок, Ю. Г. Полкунов, В. В. Кузнецов [и др.]; под ред. В. И. Нестерова. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2000. – 36 с.

10. Логов, А. Б. Механическое разрушение крепких горных пород / А. Б. Логов, Б. Л. Герике, А. Б. Раскин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 141 с.

11. Разрушение угольных и рудных пластов с твердыми включениями шнековыми рабочими органами : монография / В. И. Нестеров, А. А. Хорешок, В. Н. Вернер, Ю. Г. Полкунов, В. В. Кузнецов, С. П. Кольцов, Ю. А. Лямин ; ГУ Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2001. – 125 с.

12. Раубер, М. Современное состояние и развитие проходческой техники на шахте «Энсдорф» // Глюкауф. – 1985. – № 19 – С. 38–43.

13. Герике, Б. Л. Исследование режимов работы исполнительных органов очистных комбайнов с дисковым скалывающим инструментом : автореф. дис. ...канд. техн. наук / Б. Л. Герике. – Кемерово, 1977. – 24 с.

14. Машины и инструмент для бурения скважин на угольных шахтах / М. С. Сафохин, И. Д. Богомоллов, Н. М. Скорняков, А. М. Цехин. – Москва : Недра, 1985. – 213 с.

15. Герике, П. Б. Совершенствование рабочих органов машин для поверхностного фрезерования полезных ископаемых : монография / Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2008. – 188 с.

16. Одношарошечные долота / А. В. Зубарев, Г. И. Матвеев, Ю. В. Рыжиков [и др.]. – Москва : Недра, 1971. – 176 с.

17. Масленников, И. К. Инструмент для бурения скважин. Справочное пособие / И. К. Масленников, Г. И. Матвеев. – Москва : Недра, 1981. – 335 с.

18. Катанов, Б. А. Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах / Б. А. Катанов, М. С. Сафохин. – Москва : Недра, 1989. – 173 с.

19. Сафохин, М. С. Машинист буровой установки на карьерах / М. С. Сафохин, Б. А. Катанов. – Москва : Недра, 1992. – 312 с.

20. Подэрни, Р. Ю. Механическое оборудование карьеров: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГГУ, 2003. – 606 с.

21. Разработка параметрического ряда буровых долот режущего и комбинированного типов / Ю. А. Дойников, А. Е. Беляев, Н. Н. Страбыкин, С. Ю. Красноштанов // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 1 – С. 37–41.

22. Катанов, Б. А. Карьерные буровые станки / Б. А. Катанов. – Горная техника : добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых : каталог-справочник, 2007. – Санкт-Петербург : Славутич. – С. 122–130.

23. Иванов, К. И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К. И. Иванов, В. А. Латышев, В. Д. Андреев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1987. – 272 с.

24. Богомоллов, И. Д. Оборудование для бурения шпуров некруглого сечения / И. Д. Богомоллов, М. К. Хуснутдинов // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 3. – С. 12–14.

25. Латышев, О. Г. Разрушение горных пород. – Москва : Теплотехник, 2007. – 672 с.

26. Крюков, Г. М. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании : учебник для вузов. – Москва : Изд-во «Горная книга», 2006. – Т. 1. – 330 с.

27. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник / Г. Г. Штумпф, Ю. А. Рыжков, В. А. Шаламанов, А. И. Петров. – Москва : Недра, 1994. – 447 с.

28. Арцер, А. С. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование. Кн. 1. / А. С. Арцер, С. И. Протасов. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1999. – 177 с.

29. Арцер, А. С. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование. Кн. 2. / А. С. Арцер, С. И. Протасов. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 1999. – 168 с.

Составители

Леонид Евгеньевич Маметьев
Алексей Алексеевич Хорешок
Александр Михайлович Цехин
Андрей Юрьевич Борисов

РАЗДАВЛИВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ГОРНЫХ МАШИН

Методические указания к практическим работам
по дисциплине «**Горные машины, комплексы и оборудование**»
для обучающихся технических специальностей и направлений

Рецензент *Буялич Геннадий Данилович*

Подписано в печать 11.05.2021. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,7.

Тираж 36 экз. Заказ .

Кузбасский государственный технический университет имени
Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр Кузбасского государственного технического универ-
ситета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.