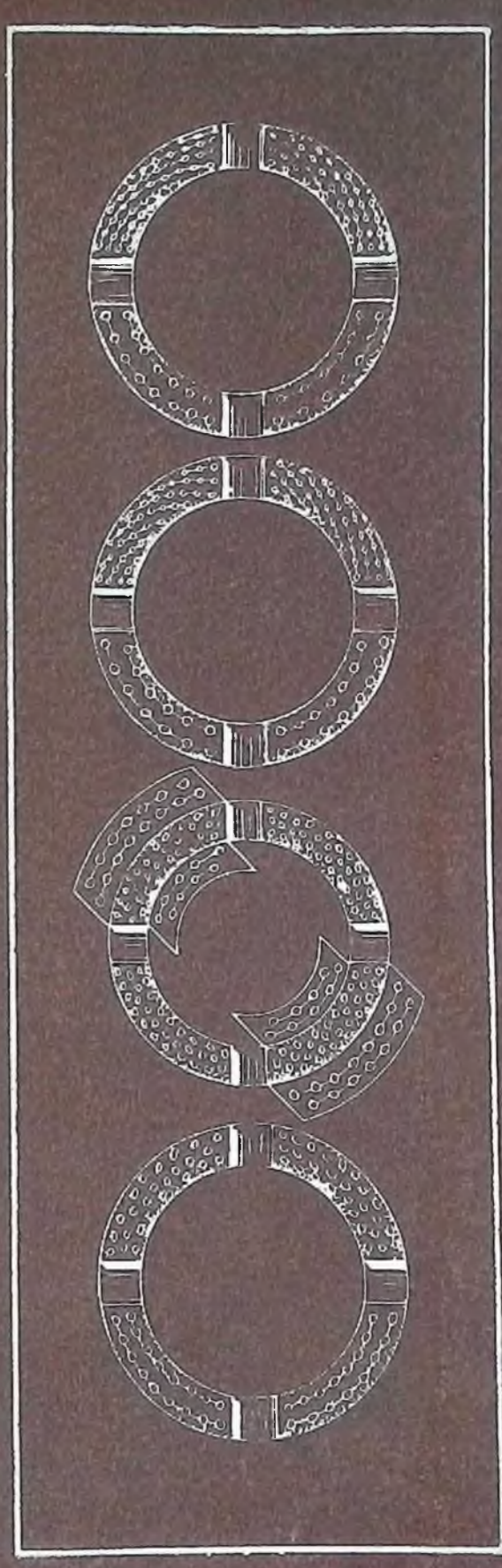
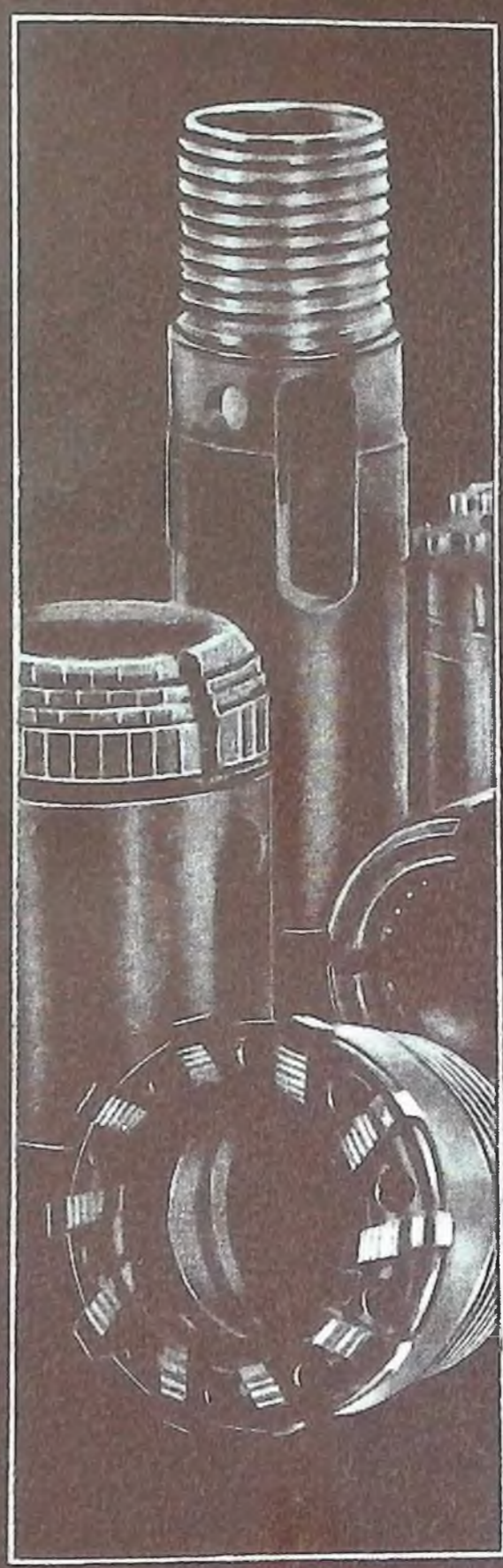
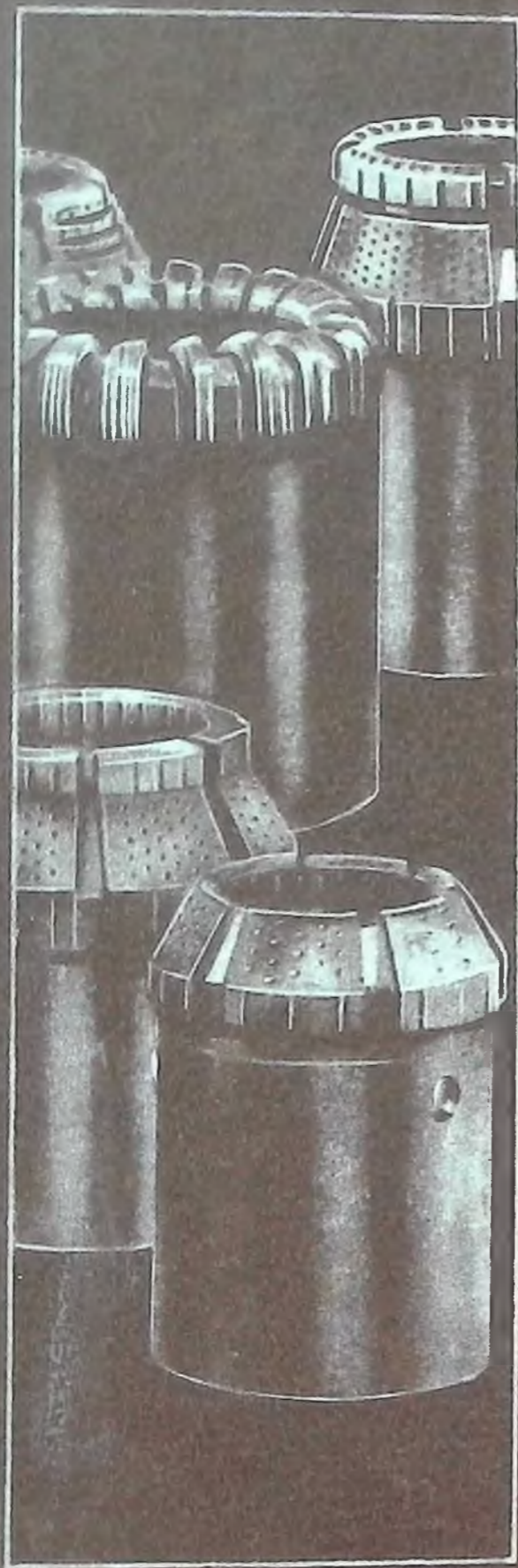
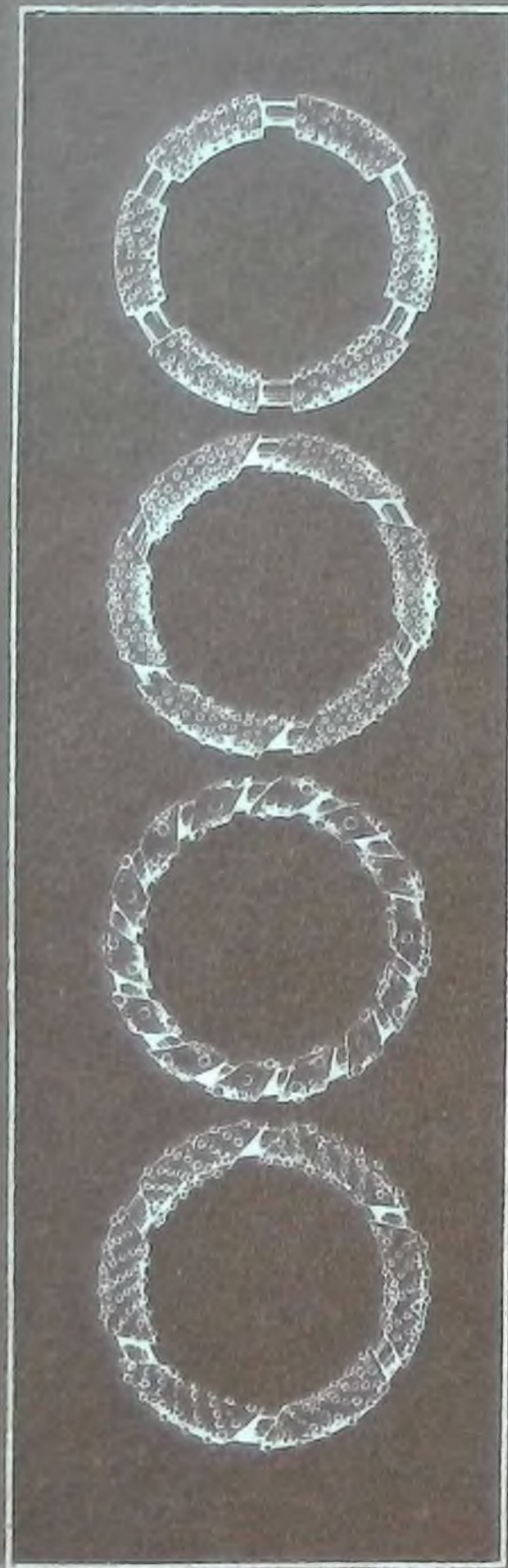


02224
М 25

А. В. МАРАМЗИН
Г. А. БЛИНОВ

**АЛМАЗНОЕ
БУРЕНИЕ
НА ТВЕРДЫЕ
ПОЛЕЗНЫЕ
ИСКОПАЕМЫЕ**



Требование на книгу

Аб. № _____

622.24		36267	
М 25		Марксизм	
Аммазное бурение на твердые породы		заказывать	
		1-30	
18/IX-	284		
18/X-	1384		
5/VI-	716		

Книга должна быть возвращена не позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдач _____	
18/IX-	284
18/X-	1384
5/VI-	716
15.10.98-	1588
12.11.68-	5

2005

622.24
M25

А. В. МАРАМЗИН,
Г. А. БЛИНОВ

АЛМАЗНОЕ БУРЕНИЕ НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ

ТРУДОВОЕ УЧ. БИБЛИОТЕКА	1
Шифр _____	
Изв. № 36267	



ЛЕНИНГРАД
„НЕДРА“
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1977

УДК 622.243.3

Марамзин А. В., Блинов Г. А. Алмазное бурение на твердые полезные ископаемые. Технология работ. Л., «Недра», 1977. 248 с.

В книге рассмотрены алмазный породоразрушающий инструмент и основные вопросы технологии алмазного бурения колонковых скважин на твердые полезные ископаемые; изложены практические рекомендации по выбору и поддержанию оптимальных режимов и приемов скоростного бурения скважин в различных геолого-технических и климатических условиях; даны научные основы рациональной отработки алмазного породоразрушающего инструмента; описаны способы борьбы с авариями и осложнениями в скважинах малых диаметров.

Книга предназначена для подготовки и повышения квалификации инженеров, техников, буровых мастеров и бурильщиков при освоении ими прогрессивной технологии алмазного колонкового бурения геологоразведочных скважин.

Табл. 82, ил. 93, список лит. 91 назв.

М $\frac{20804 - 387}{043(01) - 77}$ 132-77

© Издательство «Недра», 1977

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для повышения эффективности и качества разведочного бурения в последние годы разработаны новые высокопроизводительные буровые установки в комплексе с основным и вспомогательным буровым инструментом и приспособлениями, позволяющими по своим техническим параметрам осуществить широкое внедрение таких новых прогрессивных технологий, как алмазное и комбинированное (твердосплавное и алмазное с малыми диаметрами коронок) бурение геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые. Определены основные положения прогрессивных технологий и организации буровых работ.

Многолетней практикой доказано, что бурение скважины с высокими технико-экономическими показателями возможно лишь, во-первых, при сочетании новой совершенной техники с прогрессивной технологией и с передовой организацией работ и, во-вторых, при укомплектовании буровых установок высококвалифицированными бригадами, «любящими бурение, умеющими бурить на передовых режимах» (проф. Б. И. Воздвиженский).

В настоящее время ощущается острый недостаток в практических пособиях, особенно по технологии бурения, для повышения квалификации буровых бригад и инженерно-технического персонала. Имеющиеся пособия по вращательному колонковому бурению значительно устарели, в них, естественно, не нашли отражения новые разработки и достижения последних лет в области технологии. Учитывая эти обстоятельства, авторы составили предлагаемую книгу по алмазному бурению на твердые полезные ископаемые, в которой изложили в доступной форме основы применения прогрессивной технологии этого вида бурения.

Основной упор в книге сделан на освещение технологической части бурового процесса. Описание технических средств носит, как правило, подчиненный характер в связи с тем, что серийно выпускаемая техника достаточно широко описана в изданной литературе, а новым техническим средствам и их рациональной эксплуатации должна быть посвящена специальная работа.

При работе над книгой авторы старались учесть последние достижения науки и практики в области технологии бурения скважин на

твердые полезные ископаемые. Учтена также наметившаяся в последние годы тенденция к увеличению объемов геологоразведочных работ в районах Севера и Северо-Востока страны: даны технологические рекомендации по бурению в многолетнемерзлых породах.

Предисловие и введение книги, главы I, VII, VIII написаны совместно А. В. Марамзиным и Г. А. Блиновым; § 3 и 5 гл. VI, гл. IX (кроме § 1), § 2 гл. X — А. В. Марамзиным; главы II, III, IV, V, VI (кроме § 3 и 5), § 1 гл. IX, § 1 гл. X — Г. А. Блиновым.

Авторы выражают глубокую благодарность за ценные указания и поддержку при создании работы д-ру техн. наук проф. Б. И. Воздвиженскому и д-ру техн. наук проф. Е. А. Козловскому, горным инженерам И. С. Афанасьеву, В. А. Каролинскому, В. А. Прокофьеву, Б. Н. Николаеву, А. С. Гоцу, а также Г. Н. Дынзиной, оказавшей помощь в оформлении рукописи.

Все замечания и предложения по книге авторы примут с благодарностью и просят направлять их по адресу: 193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12, Ленинградское отделение издательства «Недра» или 199106, Ленинград, В-106, ул. Весельная, 6, Всесоюзный научно-исследовательский институт методики и техники разведки (ВИТР).

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшая задача геологической службы страны — выявление месторождений полезных ископаемых и разведка их с целью подготовки к эксплуатации. В процессе разведки с определенной точностью должны быть установлены форма тела полезного ископаемого, его качественный состав, величина запасов, гидрогеологические и горно-технические условия залегания полезного ископаемого. Для этого применяются известные к настоящему времени геологические, геофизические, геохимические методы, проходка горных выработок и бурение скважин. Однако первых три метода исследований не решают до конца всех задач, стоящих перед геологической службой. Остается необходимость непосредственного наблюдения горных пород и получения образцов для лабораторных исследований. Для этой цели на всех стадиях поисков и разведки широко применяются проходка горно-разведочных выработок и колонковое бурение разведочных скважин.

В настоящее время определены следующие основные направления развития техники и технологии разведочного бурения на твердые полезные ископаемые:

— высокооборотное алмазное бурение с применением легкосплавных труб;

— бурение с применением снаряда со съемным керноприемником (ССК);

— гидроударное и бескерновое бурение;

— бурение скважин малого диаметра;

— применение при поисковых работах разборного, легко транспортируемого бурового оборудования.

Из перечисленных мероприятий четыре непосредственно связаны с разрушением горных пород алмазным инструментом, чем подчеркивается большая перспективность этого способа. Это определяется в первую очередь тем, что наряду с обеспечением систематического роста механических скоростей и производительности этот способ бурения позволяет существенно снизить материальные и трудовые затраты на буровые работы. Алмазное бурение уже в настоящее время применяется во все возрастающих объемах не только в породах высоких, но и средних категорий (V—VII) по буримости.

В будущем планируется последовательное увеличение объемов алмазного бурения. При этом предусматривается, что породоразрушающий инструмент в ближайшем будущем будет армироваться главным образом природными алмазами, а в последующие годы существенная часть инструмента будет вооружаться синтетическими алмазами и сверхтвердыми материалами. Применение таких материалов и разработка на их основе принципиально новых типов коронок сблизят твердосплавный и ал-

мазные виды бурения между собой, появится единый способ высокопроизводительного бурения, сочетающий в себе и высокую стойкость породоразрушающего инструмента в твердых породах (заимствованную от алмазов), и высокую режущую способность в породах мягких и средней твердости (заимствованную от резцов твердых сплавов).

Прогресс алмазного бурения в ближайшие годы будет обеспечен за счет внедрения высокопроизводительных и высокоскоростных буровых установок, буровых снарядов со съёмными керноприемниками, широкого ассортимента новых высокостойких алмазных коронок, долот и расширителей (в первую очередь малых диаметров — 59, 46 и 36 мм), высокоскоростных оптимальных режимов бурения, рациональной организации работ при резком улучшении качества всего комплекса технических средств для алмазного бурения.

Принципиально новыми путями развития бурения с применением алмазов могут явиться такие, пока еще практически мало исследованные направления, как:

— дальнейшее развитие бурения снарядами со съёмными керноприемниками, с заменяемым на забое породоразрушающим инструментом и контейнерным (или непрерывным свободным) выносом керна на поверхность обратным потоком промывочной жидкости;

— вращательное алмазное бурение при одновременном наложении на коронку ударов — вибраций высоких частот (например, гидроударным или магнитострикционным способом), не вызывающих разрушения алмаза, но увеличивающих механическую скорость бурения в 3—5 раз;

— применение алмазов в качестве вооружения шарошечных долот для бескернового бурения в твердых породах.

Использовать алмазы для бурения горных пород первым в Европе предложил в 1862 г. швейцарец Георг Лешо. Его сын Рудольф вместе с механиком Пиге усовершенствовали предложенный метод, создав специальный станок для бурения и способ закрепления алмазов в буровом инструменте [37]. Алмазное бурение было с успехом применено при проходке одного из железнодорожных туннелей в Швейцарских Альпах. Буровой станок Лешо—Пиге представлял собой трубу, на торце которой были закреплены кристаллы алмазов. Труба соединялась с металлической пустотелой штангой, вращаемой паровой машиной через систему передач. С помощью массивного чугунного груза на штангу передавалась осевая нагрузка, достигавшая нескольких сотен килограммов-силы; очистка забоя от разрушенной породы осуществлялась струей воды, нагнетаемой в скважину насосом сквозь полую штангу. Не менее успешно Лешо позднее применил алмазное бурение при проходке шпуров на мраморных карьерах.

Так в горной практике началась эра алмазного бурения. В нефтяной промышленности алмазные долота стали применяться в конце сороковых — начале пятидесятих годов текущего столетия.

В СССР история развития алмазного бурения, основанного на широком применении якутских алмазов, исчисляется неполными двумя десятилетиями. Научно-исследовательские работы по этой проблеме, начатые практически с «нуля», ведутся также на протяжении очень короткого времени.

В настоящее время алмазное бурение в нашей стране развивается бурными темпами и уже качественно влияет на весь ход геолого-разведочных работ.

Человек только начал проникать в глубь планеты. Однако объем буровых работ в мире огромен — он

превышает 100 млн. м в год. Самая глубокая шахта уходит в недра всего лишь на 3—4 км, нефтегазовые скважины проникли глубже — на 7—8 км. В 1972 г. в США пробурена самая глубокая скважина в мире — 9144 м. В СССР ведется бурение еще более глубоких скважин — до 15 км.

Скважины, которые сегодня являются сверхглубокими, через несколько лет станут рядовыми. Путь человека к новым богатствам недр лежит в проникновении на большие глубины. «Недра земли, — писал акад. Д. И. Щербаков, — это резервная кладовая полезных ископаемых. Фонд легкооткрываемых

месторождений уже исчерпан, и нам волей-неволей надо думать о глубинных залежах». Однако «дорога к недрам земли может оказаться намного сложнее, чем полет человека на Луну, Марс и другие планеты Солнечной системы. Здесь придется путешествовать не в безвоздушном пространстве, а в толщах земной коры при высокой температуре и огромном давлении твердых горных пород» [24]. Но в эту дорогу уже двинулись ученые, инженеры, рабочие. И с полным основанием можно утверждать, что путь к глубинным залежам немислим без самого непосредственного участия алмаза.

ГЛАВА I

ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, ИХ СВОЙСТВА И БУРИМОСТЬ АЛМАЗАМИ

§ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Поиски и разведка полезных ископаемых ведутся в верхней части земной коры, представляющей собой наружную твердую оболочку земного шара. Буровые скважины проникли в нее всего лишь на глубину 9 км.

Земная кора сложена горными породами, встречающимися в природе в виде плотных или рыхлых образований. По происхождению горные породы делятся на магматические (изверженные), метаморфические и осадочные.

Изверженные горные породы образовались при затвердении расплавленной массы (магмы), поднявшейся из глубины Земли в зону достаточно низкой температуры. Это массивные породы, они лишены той слоистости, которая характерна для осадочных пород.

Расплавленная масса выходила на поверхность земли и застывала на ней, образовавшиеся при этом породы называют излившимися, или эффузивными. Но очень часто магма не достигала земной поверхности и застывала на некоторой глубине от нее. Образовавшиеся при этом горные породы называют глубинными, или интрузивными.

Структура изверженных пород определяется главным образом условиями остывания расплавленной массы. Например, при очень быстрой кристаллизации в потоках эффузивных пород часть жидкой массы не успевает выкристаллизо-

ваться и застывает в виде стекла. При этом кристаллы либо совсем не появляются, либо находятся в зачаточном состоянии. Если же застывание лавы происходит в недрах земли при медленной отдаче тепла, то в породе образуется большое количество крупных кристаллов (кристаллическая структура).

Минералогический и химический состав изверженных горных пород зависит в основном от состава расплавленной массы. Изверженные породы в большинстве случаев являются весьма твердыми, плотными, непористыми. Примером могут служить граниты, базальты и др.

Метаморфические породы возникают из осадочных или изверженных пород под воздействием высоких температур и давлений. При горообразовательных процессах та или иная осадочная порода, сформировавшаяся на дне моря при сравнительно небольших температурах и давлении, опускаясь на некоторую глубину в толщу земной коры, попадала в зону высоких температур и давления, где претерпевала значительные изменения и, оставаясь в твердом состоянии, приобретала новые свойства. Так, например, образовались кварциты из кварцитовых песчаников. К той же группе пород относятся кристаллические известняки и кристаллические сланцы.

Осадочные породы образуются в результате разрушения изверженных пород при химических и физических процессах выветривания

(работа воды, ветра, колебание температуры воздуха, деятельность живых организмов), переноса их на некоторое расстояние и отложения на новом месте. В течение длительного времени (миллионы лет) осадочные породы уносились водой в море и осаждались слоями, образуя пласты. Наиболее распространенными осадочными породами являются глины, пески и песчаники.

В соответствии с условиями образования осадочные породы разделяют на три основные группы: механические осадки (обломочные породы), химические осадки и органические породы. К обломочным породам, образованным в результате разрушения, переноса и перетотложения обломков и частиц прежде существовавших пород, относятся валуны, гальки, конгломераты, брекчии, пески разной зернистости, песчаники, глины, глинистые сланцы и пр. К химическим осадкам принадлежат породы, выпавшие из растворов в результате химических и биохимических реакций или изменения температуры воды, например каменная соль, фосфориты, известковые туфы, гипс и др. Органические породы почти нацело состоят из остатков животных и растительных организмов и продуктов их жизнедеятельности: это известняки, доломитизированные известняки, доломиты, ископаемые угли и пр. Осадочные породы представлены как рыхлыми разностями (пески, глины), так и твердыми (песчаники, известняки, доломиты).

Горные породы содержат скопления полезных ископаемых, природных минеральных веществ, представляющих интерес для промышленности, например каменные угли, руды черных и цветных металлов, различные соли, нефть и газ, строительные материалы и т. д.

В изверженных и метаморфических горных породах встречаются медно-никелевые руды (в перидотитах, оливковых габбро, нори-

тах), олово, вольфрам, молибден (в гранитах, скарнах разного состава, вторичных кварцитах), железные руды (в кристаллических сланцах, гнейсах, роговиках, джеспилитах), железо-титановые (в габбро, пироксенах, амфиболах) и свинцово-цинковые руды (в известняках, доломитах, скарнах разного состава), золото (кварцевые жилы в гранитах, сланцах, песчаниках).

В осадочных горных породах встречаются марганец (в песчаниках, глинах), бокситы — руда алюминия (в глинах, алевролитах и др.), медистые песчаники, сурьмяно-ртутные и мышьяковые руды (в сланцах, известняках, песчаниках), бурые и каменные угли, минеральные соли, строительные пески, огнеупорные и другие глины и пр.

С момента возникновения алмазного бурения и до начала последнего десятилетия объектом разрушения являлись в основном твердые и очень твердые изверженные и метаморфические горные породы. В последнее десятилетие в связи с успехами в области улучшения буровых свойств технических алмазов и в области конструирования алмазного породоразрушающего инструмента в СССР разработаны специальные режущие, зубчатые алмазные коронки, обеспечивающие эффективные механические скорости бурения в мягких и средней твердости породах. Высокая стойкость алмазных коронок (до нескольких десятков и сотен метров проходки) сделала алмазное бурение эффективным и при его внедрении на месторождениях, сложенных осадочными породами средней твердости.

§ 2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Эффективность бурения скважин алмазами определяется свойствами горных пород, рациональностью выбора типа алмазного породоразру-

шающего инструмента и оптимальностью технологии бурения.

Свойства горных пород, влияющие на процесс бурения, весьма разнообразны. Различают физические, механические и водные свойства горных пород. Их выражают и оценивают с помощью определенных показателей — характеристик.

Физические свойства характеризуют физическое состояние горных пород, т. е. качественную определенность, проявляющуюся в их плотности, влажности, пористости, консистенции, трещиноватости и выветрелости в условиях естественного залегания. Данные об этих свойствах позволяют качественно оценивать прочность и устойчивость горных пород.

Механические свойства горных пород определяют поведение последних под влиянием внешних усилий — нагрузок. Эти свойства проявляются и непосредственно оцениваются прочностью и деформируемостью горных пород. Показатели механических свойств используются при различных инженерных расчетах (при определении величины давления горных пород на подпорные сооружения и буримости пород, при расчете осадок сооружений и др.).

Механические характеристики горных пород различают по способу и скорости приложения нагрузки, т. е. различают динамические и статические нагрузки и показатели свойств горных пород. Под динамическими (ударными) принято понимать нагрузки, характеризующиеся малой длительностью и мгновенным нарастанием силы до очень большой величины, при этом после максимума следует ее быстрое снижение. Исследованиями установлено значительное влияние скорости приложения нагрузки на механические характеристики горных пород: одна и та же порода может вести себя как хрупкий или как пластичный материал в про-

цессе различного характера нагружения. Таким образом, у горных пород могут проявляться в известной мере хрупкость, упругость и пластичность; степень проявления этих свойств зависит от скорости приложения нагрузки [33].

Физико-механические свойства горных пород в образце всегда существенно отличаются от их свойств в условиях естественного залегания в массиве. Существуют понятия «свойства горных пород в массиве» и «свойства массива горных пород». Под свойствами пород в массиве понимаются свойства горных пород в объемах элементарного блока, соизмеримых с размерами лабораторных образцов. Показатели свойств пород в элементарных блоках зависят от объема породы и изменяются от показателей свойств элементарного блока в целом до показателей свойств отдельных породообразующих минералов. Под свойствами массива горных пород понимают их свойства в объемах, превосходящих размеры элементарного блока; массив при этом рассматривается как состоящая из элементарных блоков конструкция. Показатели свойств массива горных пород, так же как и показатели свойств пород в массиве, широко варьируют с изменением размеров массива и его состояния.

Свойства большинства горных пород неодинаковы по различным направлениям. Эта особенность, называемая анизотропией, на практике проявляется в том, что горная порода отделяется от массива по одним направлениям с меньшими затратами энергии, чем по другим. В понятие анизотропии вкладываются:

— различие показателей свойств по разным кристаллографическим осям (кристаллография);

— различие показателей свойств по главным направлениям в сравнительно однородных материалах, состоящих из зерен минералов, необя-

зательно однородных и изотропных (механика горных пород).

Анизотропия обусловлена рядом факторов, связанных с особенностями структуры и строения горных пород. Каждому генетическому типу пород свойственна своя природа анизотропии:

— в изверженных — это результат упорядоченного расположения зерен какого-либо минерала в объеме всей породы;

— в метаморфических — это результат вторичных изменений и гранулометрического состава зерен;

— в осадочных — это результат особенностей накопления и образования осадков и явлений последующего метаморфизма.

На анизотропию механических свойств массивов существенное влияние оказывает трещиноватость горных пород. Под анизотропией механических свойств (в макрообразце) понимают различие в численных значениях конкретных показателей, определенных по трем ортогональным направлениям; при этом основным является направление напластования или (при наличии) слоистости, два других взаимно перпендикулярны к основному.

Коэффициентом анизотропии A называют отношение значений показателей свойств горных пород, полученных по различным направлениям [33]. Так, для горных пород с ярко выраженной слоистостью, как правило, определяют прочностные и деформационные показатели по двум направлениям: перпендикулярно к слоистости ($1-1$) и параллельно ей ($2-2$) (рис. 1). В нашем случае направление $1-1$, перпендикулярное к напластованию, принято за основное и коэффициент анизотропии прочности на разрыв при использовании метода раскалывания определится из выражения: $A = R_{p\ 1-1} / R_{p\ 2-2}$.

Ряд свойств горных пород (таких, как прочность, устойчивость, деформируемость и др.) важно характе-

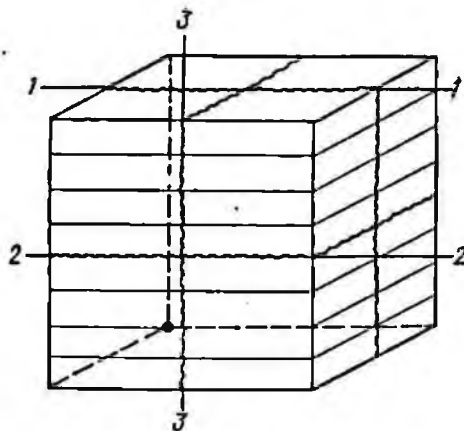


Рис. 1. Схема направлений при определении прочностных показателей горной породы с учетом анизотропии.

ризовать не только средними показателями, но и показателями, учитывающими их анизотропию, т. е. определяемыми по характерным направлениям. Такие показатели свойств пород используют в качестве расчетных.

Различные горные породы обладают и разными физико-механическими свойствами: твердостью, прочностью, абразивностью, упругостью, хрупкостью, пластичностью, плотностью, пористостью, трещиноватостью, водопроницаемостью, плавучестью, устойчивостью и др. Все эти свойства приходится учитывать в процессе бурения. Так, собственно разбуривание (разрушение) пород буровым инструментом в значительной степени определяется твердостью, прочностью пород. Трещиноватость, пористость, водопроницаемость, плавучесть и степень устойчивости пород осложняют процесс бурения, вследствие чего возникает необходимость в особых способах и приемах их проходки, в использовании специальных промывочных жидкостей и закреплении неустойчивых пород.

Под твердостью горной породы следует понимать ее способность оказывать сопротивление изменению формы или разрушению в поверхностном слое при действии бурового инструмента (долота, ко-

ронки). От степени твердости породы зависит скорость внедрения долота или коронки в породу. По твердости все горные породы разделяются на три группы: мягкие (I—III категории по буримости), средние (IV—VIII категории), твердые и весьма твердые (IX—XII категории).

Весьма важным свойством горных пород является абразивность, выражающаяся в их способности изнашивать породоразрушающий инструмент в процессе бурения. Интенсивность разрушения пород при алмазном бурении существенно зависит от их абразивности.

Свойствами абразивности в той или иной степени обладают многие минералы, например кварц, полевой шпат, гранит и др. Наиболее высокое абразивное воздействие оказывают горные породы, содержащие зерна кварца. При разбуривании абразивных пород изнашиваются не только собственно породоразрушающий инструмент, но и колонковые и бурильные трубы, детали промывочных насосов и трубопроводов.

Абразивные свойства горных пород в массиве являются причиной износа объемных и подрезных алмазов коронки, находящихся в контакте с породой и изнашивающихся за счет работы трения и разрушения. Еще большее значение при алмазном бурении имеют абразивные свойства шлама горных пород, вызывающие износ матрицы алмазной коронки. Износ возникает в результате абразивного воздействия бурового шлама и частиц раздробленного керна, выносимых промывочной жидкостью через зазоры между забоем скважины и торцом коронки и между стенками скважины и корпусом коронки.

Степень абразивности породы в массиве не всегда совпадает со степенью абразивности ее шлама. Поэтому одним из основных правил алмазного бурения является выбор

коронки, у которой сорт алмазов и износостойкость матрицы соответствовали бы абразивным свойствам породы, чтобы коронка была инструментом с равномерно изнашивающимися элементами. Износ матрицы должен опережать износ алмазов настолько, чтобы последние в течение всего срока службы коронки выступали из матрицы на величину, необходимую для ее эффективной работы на забое.

Абразивность горной породы зависит от твердости породоразрушающих минералов, от характера сцепления зерен друг с другом, от их крупности и формы, от плотности породы и степени ее трещиноватости. Наиболее абразивными являются крупнокристаллические породы, состоящие из зерен твердых минералов, слабо связанных между собой и образующих при бурении крупный остроугольный шлам.

Трещиноватые породы более абразивны, чем те же породы, но нетрещиноватые, монолитные. При бурении в трещиноватых и пористых породах алмазы обкалывают их острые края у трещин; образующиеся при этом крупные угловатые частицы породы перетираются под торцом коронки, вызывая интенсивный износ матрицы и алмазов. Объем бурового шлама при бурении трещиноватых пород значительно увеличивается за счет частичного разрушения керна в колонковой трубе, что также существенно повышает износ инструмента.

Количественное определение абразивности горных пород как основного фактора, влияющего на износ бурового породоразрушающего инструмента, наиболее сложно в сравнении с определением других физико-механических свойств.

Специальные исследования абразивности, проводившиеся Л. И. Бароном и другими, позволили в какой-то мере разобраться в этом вопросе. Основой исследований

явился метод экспериментального определения абразивности горных пород [3]. Сущность метода заключается в истирании эталонного цилиндрического стержня из термически необработанной стали-серебрянки (ГОСТ 14955—69) \varnothing 8 мм

и длиной 70 мм об естественную поверхность образца породы на стенде типа сверлильного станка при осевой нагрузке 15 кгс и частоте вращения 400 об./мин. За величину характеристики абразивности горной породы a (табл. 1)

Таблица 1

Классификация горных пород по величине показателя абразивности (по Л. И. Барону)

Класс абразивности	Класс пород	Показатель абразивности a , мг	Типичные представители горных пород данного класса
I	Весьма малоабразивные	До 5	Известняки, мрамор, мягкие сульфиды без кварца (галенит, сфалерит, пирротин), апатит, каменная соль
II	Малоабразивные	5—10	Сульфидные, барито-сульфидные руды, аргиллиты, мягкие сланцы (углистые, глинистые, хлоритовые, хлорито-аспидные)
III	Ниже средней абразивности	10—18	Джеспилиты, роговики (рудные и нерудные), магматические тонкозернистые породы, песчаники кварцевые и аркозовые тонкозернистые, руды железные, известняки окремненные
IV	Среднеабразивные	18—30	Песчаники кварцевые и аркозовые, мелкозернистые диабазы, крупнозернистый пирит, арсенопирит, жильный кварц, кварцево-сульфидные руды, мелкозернистые магматические породы, окварцованные известняки, джеспериоды
V	Выше средней абразивности	30—45	Песчаники кварцевые и аркозовые средне- и крупнозернистые, плагиограниты, нефелиновые сyenиты, мелкозернистые диориты, порфириды, габбро, гнейсы, скарны (рудные и нерудные)
VI	Повышенной абразивности	45—65	Средне- и крупнозернистые граниты, диориты, гранодиориты, порфириды, нефелиновые сyenиты, сyenиты, монзониты, амфиболиты, сланцы кварцевые и окварцованные гнейсы
VII	Высокоабразивные	65—90	Порфириды, диориты, граниты, гранитоидные нефелиновые сyenиты
VIII	В высшей степени абразивные	Более 90	Корундсодержащие породы

принимается потеря в массе (мг) эталонного стержня за время испытаний (10 мин). Метод пригоден для пород с твердостью по шкале Мооса от 2—3 и выше.

Учитывая, что оценка абразивности пород необходима для про-

гнозирования удельного расхода инструмента, правильного расчета конструктивных параметров породоразрушающего и технологического бурового инструмента, установления рациональных режимов эксплуатации и обработки этого ин-

струмента, следует признать необходимым обязательное экспериментальное определение показателя абразивности как самостоятельной важной характеристики свойств горных пород в дополнении к коэффициенту крепости.

Под пористостью горной породы следует понимать общий объем всех пустот, имеющих в породе. Количественно пористость породы обычно характеризуется коэффициентом пористости, равным отношению объема пор ко всему объему породы. Пористость может быть первичной, возникающей при образовании данной породы (пустоты между частицами, слагающими породу), или вторичной, образующейся в породах в результате последующих процессов (поры растворения, выветривания и пр.).

Разные горные породы обладают и различной пористостью. Породы плотные, преимущественно изверженные и метаморфизованные, имеют меньшую пористость, чем осадочные. Например, пористость песчаников от 0 до 40, аргиллитов — от 5 до 20, известняков — от 0 до 35, гранитов — от 0,1 до 5, песков — от 10 до 30, алевролитов — до 40% и более.)

Весьма осложняет процесс алмазного бурения наличие в массиве горных пород трещин и пустот. Массив горных пород разбит, как правило, одной или несколькими системами трещин, густота которых зависит от различных факторов: литологического состава горных пород, тектоники и др. Размеры элементарных блоков, образующихся в результате пересечения трещин различных систем, изменяются от миллиметров (например, в каменных углях) до сотен метров (в изверженных горных породах). Поэтому при определении механических свойств горных пород в лабораторных образцах обычно не оценивается влияние макротрещиноватости, которая в то же время

в основном и определяет механические и другие свойства массива горных пород (прочность, деформируемость и др.).

Отсутствие подобия по трещиноватости в объемах горных пород является основной причиной различия показателей свойств массива и свойств пород в массиве (см. выше). Отношение прочности трещиноватого массива к прочности нетрещиноватых образцов горных пород называют коэффициентом структурного ослабления. Коэффициент определяется по результатам натуральных измерений свойств массива и лабораторных испытаний образцов горных пород из этого массива. Коэффициент структурного ослабления колеблется в пределах 1,0—0,005 [33]. Трудоемкостью натуральных измерений вызвана разработка иных методов оценки влияния трещиноватости на свойства пород. К таким методам относятся: моделирование трещиноватости массива с использованием для создания моделей образцов горных пород или эквивалентных и фотоупругих материалов [4, 45]; расчетные методы оценки влияния трещиноватости на прочностные и деформационные характеристики [73].

Трещины в горных породах могут образоваться по разным причинам, например вследствие уменьшения горных пород в объеме при высыхании и уплотнении, при изменении их химического состава, охлаждении, в процессе образования карста и т. д. Трещины, как правило, сообщаются между собой. При встрече скважинами пористых и трещиноватых пород наблюдаются явления поглощения промывочной жидкости в тех случаях, когда давление столба жидкости в скважине превышает давление жидкости, находящейся в порах и трещинах породы. И, наоборот, при высоком пластовом давлении жидкости наблюдается приток ее

в скважину, иногда перелив через устье последней (фонтанирование).

Поглощение промывочной жидкости порами и трещинами горной породы, а также значительные притоки воды в скважину осложняют нормальный ход работ, требуя применения особых способов и приемов бурения, а иногда производства дополнительных работ (крепление стенок, тампонирувание скважины).

Существенное значение при бурении во многих случаях имеют также пластичность и упругость горных пород. Под пластичностью понимают способность горной породы под воздействием силы изменять свою форму без разрыва сплошности и сохранять полученную форму после устранения этой силы. Наиболее пластичны глины, каменная соль и некоторые другие породы. Под упругостью понимают способность горной породы восстанавливать первоначальную форму и объем после прекращения действия внешних усилий. Свойства пластичности и упругости горных пород необходимо учитывать при выборе типа породоразрушающего инструмента.

Большое значение при алмазном бурении имеет хрупкость горных пород. Под хрупкостью породы понимают способность ее разрушаться без видимого пластического изменения.

В практике бурения иногда встречаются такие породы, которые в одних случаях ведут себя как хрупкие, а в других — как пластичные. Примером таких пород могут служить лед, озокерит, каменная соль, природная сера и некоторые другие. Так, лед под действием быстрой (ударной) нагрузки ведет себя как хрупкое тело и легко колется на отдельные куски, а при медленном приложении силы в нем появляются остаточные деформации и он становится пластичным.

Разрушение горной породы на забое скважины алмазной коронкой или долотом при бурении происходит в результате совместного воздействия осевой нагрузки на инструмент, вращения бурового снаряда и потока промывочной жидкости. При этом различают три основных вида разрушения горных пород на забое алмазными породоразрушающими инструментами: объемное, поверхностное и усталостное.

Объемное разрушение горной породы имеет место в том случае, когда напряжение, возникающее на площади соприкосновения режущей части коронки или долота (резцы твердого сплава, алмазы) с породой под действием осевой нагрузки, будет больше твердости разбуриваемой породы на вдавливание. Только при этом условии резцы внедряются в породу и эффективно разрушают ее.

Поверхностное разрушение горной породы будет происходить в том случае, когда напряжение, возникающее на площади соприкосновения режущей части коронки или долота, меньше твердости породы на вдавливание. При этом резцы коронки или долота скользят по породе забоя, снимая лишь поверхностный ее слой (в результате только сил трения резца о породу). Бурение в этом случае будет малоэффективным.

Усталостное разрушение горной породы занимает среднее положение между объемным и поверхностным. Оно возникает в процессе поверхностного разрушения породы, когда в результате микроударов коронки или долота на забое в процессе бурения появляется система трещин в разбуриваемой породе, понижающих твердость последней и облегчающих, таким образом, внедрение резца в породу.

Следовательно, наиболее производительным в процессе бурения является объемное разрушение по-

§ 3. БУРИМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД АЛМАЗАМИ

роды. Поэтому на практике нужно всегда уделять особое внимание выбору типа породоразрушающего инструмента с учетом физико-механических свойств разбуриваемых пород и определению основных параметров режима бурения, обеспечивающих объемное разрушение породы на забое скважины.

Мягкие и средней твердости породы осадочного комплекса разбуриваются специальными алмазными и твердосплавными коронками; стенки скважин в этих породах недостаточно устойчивы и требуют закрепления их обсадными трубами или специальными методами беструбного крепления. Бурение в этих случаях осуществляется с промывкой качественным глинистым раствором, реже с продувкой сжатым воздухом.

Бурение скважин с малыми диаметрами (в связи с внедрением алмазного бурения коронками малых диаметров) существенно увеличивает устойчивость их стенок в мягких и особенно средней твердости породах.

Важным свойством пород, проявляющимся при алмазном бурении, является способность шлама глинистых и некоторых карбонатных пород при определенных условиях (недостаточная промывка, превышение оптимальной осевой нагрузки) спрессовываться в плотную массу, налипающую на торец коронки и препятствующую бурению. В результате некоторые мягкие породы, шлам которых обладает такими свойствами, бурятся алмазными коронками медленнее, чем значительно более твердые кристаллические породы (см. табл. 2).

Все перечисленные выше свойства в той или иной мере влияют на буримость горных пород алмазными коронками.

Буримость — это комплексная характеристика горной породы, заключающаяся в способности последней сопротивляться проникновению в нее породоразрушающего инструмента. Количественно буримость чаще всего определяется механической скоростью бурения в идентичных условиях при одних и тех же технических средствах.

В геологоразведочном производстве для определения буримости разработано и применяется несколько шкал. Для вращательного бурения все породы разбиты на 12 категорий по буримости.

В табл. 2 приведена применительно к алмазному бурению выписка из действующей классификации горных пород по буримости¹, используемой при проектировании буровых работ и расчетах со стройбанком и буровыми бригадами.

Буримость горных пород является функцией многих переменных, зависящей от геологических, технологических и технических факторов. На буримость влияют физико-механические свойства и состояние породы, форма, размеры и качество материала породоразрушающего инструмента, применяемые режимы бурения и т. д. Естественно поэтому, что буримость породы определяется отдельно для каждого вида породоразрушающего инструмента.

Полученные при определенных оптимальных параметрах показатели буримости породы служат обычно для нормирования процессов бурения и положены в основу классификаций горных пород по буримости. В качестве показателя буримости чаще всего применяется механическая скорость бурения (м/ч) или обратная ее величина — чистое время бурения 1 м сква-

¹ По ЕНВ — 1964 г.

Таблица 2

Классификация горных пород по бурности

Категория	Некоторые типичные представители горных пород	Примерные значения механических свойств пород		Примерные значения показателей алмазного бурения		
		Твердость, по Л. А. Шрею, R_{sh} , кгс/мм ²	Коэффициент крепости, по М. М. Протодьяконову, f	Средняя механическая скорость, м/ч	Среднее время на бурение 1 м скважины, ч	Средний расход алмазов, карат/м
V	Сланцы хлоритовые, серицитовые, слюдяные. Филлиты. Аргиллиты. Известняки, мраморы, мергелистые доломиты. Дуниты, затронутые выветриванием	100—150	6—7	Показатели колеблются в широких пределах (1,5—15)		0,05—0,10
VI	Сланцы глинистые, кварцево - хлоритовые, кварцево - серицитовые. Полевошпатовые песчаники. Руда гематито-мартитовая. Конгломераты осадочных пород на известковистом цементе. Апатиты. Сидериты	150—200	7—8	То же		0,15—0,20
VII	Аргиллиты окремненные. Конгломераты с галькой изверженных пород (до 50%). Песчаники кварцевые. Окварцованные полевошпатовые песчаники, известняки. Сланцы слабоокремненные. Слаборассланцованные альбитофиры, кератофиры, диабазовые туфы. Крупно- и среднезернистые, затронутые выветриванием граниты, сиениты, диориты, габбро. Пироксениты. Скарны кальцитсодержащие авгито-гранатовые. Кварцы пористые, трещиноватые. Хромиты. Сульфидные руды	200—300	8—10	2,14—3,70	0,468—0,270	0,265
VIII	Аргиллиты кремнистые. Окремненные известняки и доломиты. Сланцы окремненные. Гнейсы. Диабазы. Порфиры и порфириты. Диориты. Лабрадориты. Перидотиты. Затронутые выветриванием граниты, сиениты, габбро, гранито-гнейсы, пегматиты. Скарны крупно- и среднезернистые кристаллические. Бурые железняки. Кварциты гематитовые, магнетитовые. Плотный колчедан	300—400	10—12	1,35—2,38	0,743—0,420	0,420

ТЕХНИЧЕСКОЕ

БЕЛМОЛ

Шифр

Инв. №

36267

Продолжение табл. 2

Категория	Некоторые типичные представители горных пород	Примерные значения механических свойств пород		Примерные значения показателей алмазного бурения		
		Твердость, по Л. А. Шнейперу, Р ₁₀₀ , кгс/мм ²	Коэффициент крепости, по А. М. Протодьяконову, f	Средняя механическая скорость, м/ч	Среднее время на бурение 1 м скважины, ч	Средний расход алмазов, карат/м
IX	Базальты. Кремнистые песчаники, известняки, доломиты, сланцы. Альбитофиры и кератофиры. Порфиры окварцованные. Диабазы тонкокристаллические. Туфы окремненные, ороговикованные. Крупно- и среднезернистые граниты, гранито-гнейсы, гранодиориты. Снеинты. Габбро-нориты. Пегматиты. Березиты. Скарны мелкокристаллические. Окварцованные амфиболит, колчедан. Плотные бурые железняки. Плотные бариты	400—500	13—15	0,79—1,41	1,265—0,710	0,570
X	Валуно-галечные отложения изверженных и метаморфизованных пород. Песчаники кварцевые сливные. Кварцевые альбитофиры и кератофиры. Липариты. Мелкозернистые граниты, гранито-гнейсы, гранодиориты. Микрограниты. Пегматиты сильно окварцованные. Скарны мелкозернистые гранатовые. Окремненные бурые железняки. Магнетитовые и мармитовые плотные руды с прослойками роговников. Жильный кварц	500—600	16—18	0,53—0,80	1,889—1,125	0,640
XI	Альбитофиры тонкозернистые ороговикованные. Джеспилиты. Сланцы яшмовидные. Кварциты. Очень твердые железистые роговики. Плотный кварц. Корундовые породы	600—700	18—20	0,34—0,59	2,970—1,688	0,730
XII	Совершенно не затронутые выветриванием монолитно-сливные джеспилиты, кремьень, яшмы, роговики, кварциты, эгирниевые и корундовые породы	>700	20—25 и более	0,18—0,27	5,5—4,3	1,110

Примечание. Расход алмазов приведен для условий использования коронок диаметром 59 мм.

жины (ч), определенные при оптимальных значениях технических параметров. Значения механической скорости или время бурения полнее других показателей характеризуют данный конкретный технологический процесс разрушения горных пород при определенных уровнях техники и режиме бурения. Кроме того, величины этих показателей могут быть установлены точнее и проще других показателей буримости (например, удельного расхода энергии). Недостатком выбора механической скорости бурения в качестве показателя буримости можно считать необходимость периодического пересмотра шкал буримости, вызванного непрерывным совершенствованием техники и технологии буровых работ.

Алмазный способ бурения отличается от твердосплавного и шарошечного характером разрушения горных пород и существенной зависимостью механической скорости бурения от физико-механических свойств и состояния пород. Физико-механические свойства горных пород, влияющие на процесс бурения, как указывалось выше, весьма многообразны. Их определяют минеральный состав, структура, текстура, характер соединения зерен породы между собой, состав цемента и т. д. В значительной степени на буримость горных пород при бурении скважин алмазными коронками влияют трещиноватость, зернистость, перемежаемость, способность «замазывать» коронку и др. Свойства, а также состав горной породы в основном и определяют выбор соответствующего этим условиям бурения типа алмазной коронки. От правильности выбора в большой степени зависит механическая скорость бурения и другие показатели работоспособности алмазной коронки. Поэтому при определении буримости горных пород при алмазном бурении кроме механической скорости необходимо учи-

тывать величину проходки до износа алмазной коронки (м) и удельный расход алмазов на 1 м бурения (карат/м).

На практике в геологических организациях буримость пород устанавливается геологами путем макроскопического определения принадлежности данной горной породы к той или иной группе действующей классификации. При таком визуальном, субъективном способе возможны ошибки, неоднозначное определение буримости одной и той же породы.

Большое разнообразие физико-механических свойств пород, относимых к одной категории, различия в типах породоразрушающего инструмента и в применяемых режимах бурения вызывают значительные колебания механической скорости бурения — основного показателя буримости.

Основными объективными методами определения буримости горных пород, нашедшими применение при ведении алмазного геологоразведочного бурения, являются следующие.

Метод ЦНИГРИ (Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных, редких и благородных металлов). — определение категорий горных пород по буримости на основе их абразивности и динамической прочности в объединенном выражении по ОСТ 41—89—74.

Метод ВИТР — определение категорий горных пород по буримости с помощью прибора ВИТР-ОТ (определитель буримости горных пород).

Метод определения фактической буримости горных пород путем опытного бурения при оптимальных значениях параметров режима бурения рациональными типами алмазного породоразрушающего инструмента.

Первые два метода являются лабораторными, базируются на уста-

новлении отдельных физико-механических свойств горных пород. Однако проследить корреляционную зависимость физико-механических свойств породы и ее буримости довольно трудно.

Метод определения фактической буримости горных пород наиболее широко используется для целей технического нормирования геологоразведочного бурения. После установления наиболее характерных и распространенных на месторождении горных пород производится опытное бурение с отбором образцов керна для дальнейших лабораторных исследований. Опытное бурение алмазными коронками производят по принятой на месторождении оптимальной технологии с обязательным одновременным хронометражем. Полным хронометражным считается наблюдение, про-

веденное за процессом «собственно бурение» одной по наименованию и свойствам горной породы в течение одного рейса, т. е. от момента включения бурового станка и начала углубки скважины до момента выключения станка и прекращения углубки.

Для статистической обработки полученных в процессе опытного бурения результатов можно воспользоваться методикой, предложенной в работе Л. З. Румшицкого [77]. После математической обработки результатов опытного бурения и установления истинного значения механической скорости бурения по шкале буримости (табл. 3) горную породу относят к той или иной категории.

Объективное определение буримости, а следовательно, и правильная организация нормирования воз-

Таблица 3

Значения нормативной механической скорости бурения (шкала буримости) и нормы углубки скважин за рейс [20]

Интервал глубины бурения, м	Категория горных пород по буримости					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Механическая скорость, см/мин						
0—100	6,2	4,0	2,3	1,3	1,0	0,40
0—500	4,2	2,6	1,7	1,1	0,7	0,35
0—600	4,0	2,5	1,4	1,0	0,6	0,30
Свыше 600	3,6	2,2	1,3	0,9	0,5	0,20
Углубка за рейс, м						
0—1200	4,0	3,0	2,5	1,9	1,5	0,8

можны лишь при использовании записывающей контрольно-измерительной аппаратуры. Непрерывная запись на диаграммной ленте значений скорости проходки и параметров режима бурения позволяет сравнивать буримости пород на протяжении значительно больших интервалов, чем это обычно принято при разработке норм (5 рейсов). Особенно эффективно применение записывающей контрольно-

измерительной аппаратуры при нормировании по усредненной категории, так как последнюю можно устанавливать исходя из фактической буримости пород, а не из процентного соотношения различных категорий в разрезе, как это принято. Применение контрольно-измерительной аппаратуры позволяет определять нормы с учетом параметров режима бурения [11].

ГЛАВА II

КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН

Конструкция скважины — это характеристика, определяющая изменение диаметра скважины с глубиной, а также диаметры и длины обсадных колонн, установленных в скважине (рис. 2).

Конструкции скважин разрабатываются по величинам следующих параметров:

— продольных (глубина скважины и глубина спуска обсадных колонн);

— поперечных (диаметры породоразрушающего инструмента для бурения по интервалам углубки, диаметры обсадных колонн, толщины стенок обсадных труб, величины просвета между обсадными трубами и породоразрушающим инструментом).

Конкретные величины перечисленных параметров при проектировании конкретных скважин определяются целевым назначением последних, глубинами залегания опробуемых пород и полезного ископаемого данного месторождения, свойствами разбуриваемых пород, поперечными геометрическими размерами аппаратуры, приборов и устройств, применяемых для исследований в скважинах, диаметрами инструмента и обсадных труб, используемых для бурения ствола скважины.

Основная цель геологоразведочного бурения состоит в определении по керну качественных и количественных характеристик горных пород данного геологического разреза. Точность установления этих

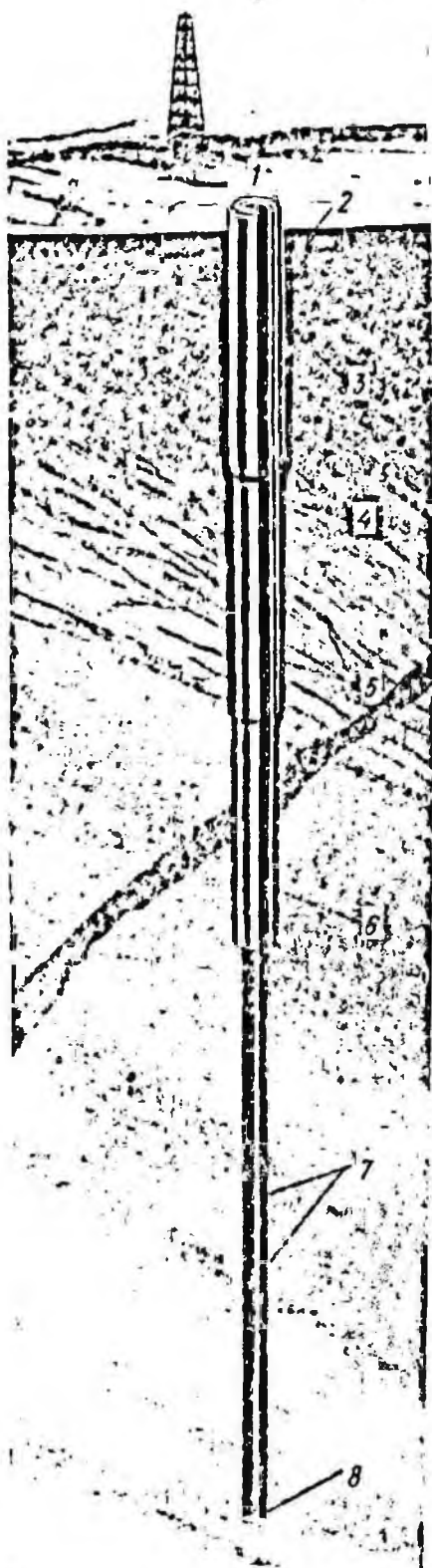
характеристик зависит от методики опробования, от физико-механических свойств горных пород, в результате бурения которых получают керовый материал.

Применительно к высокоскоростному алмазному бурению следует подчеркнуть, что наибольший эффект может быть получен при бурении всего ствола скважины алмазными коронками минимальных диаметров при минимальном количестве смен этих диаметров. За допустимый минимальный диаметр скважины (керны) для данного типа руд и месторождения, согласно исследованиям В. Г. Соловьева и других (ВИТР), может быть принят тот наименьший диаметр скважины (керны), который позволяет при прочих равных условиях получить необходимый и достаточный выход керна $B_{k \min}$.

Количественное значение минимального линейного выхода керна $B_{k \min}$, обеспечивающего получение представительных керовых проб с заданной допустимой погрешностью m_k , определяется по формуле [21], %:

$$B_{k \min} = \frac{(1-K_p) I}{(1-K_p) I + K_p m_k} \cdot 100, \quad (1)$$

где K_p — коэффициент равномерности распределения оруденения, т. е. отношение среднего содержания $S_{\text{ср}}$ компонента к максимально возможному содержанию S_{max} этого компонента в данном пересечении скважиной тела полезного ископаемого (под максимальным содер-



жанием C_{\max} полезного компонента понимают содержание его в участках рудного тела, представленных исключительно или главным образом рудными минералами — прослои, прожилки, линзы, гнезда, которые могут избирательно истираться в керне в процессе бурения, %:

$$K_p = (C_{\text{ср}}/C_{\text{max}}) \cdot 100; \quad (2)$$

I — степень избирательности истирания керна, т. е. доля истертого керна, приходящаяся на рудный минерал с содержанием компонента, равным C_{\max} , находящийся в шламе в избытке или недостатке по отношению к остальной части $(1 - I)$ истертого и перешедшего в шлам керна, для которой содержание компонента принимается равным истинному среднему содержанию его в пробуренном интервале скажины:

$$I = \frac{B_k (C_{\text{ср}} - C_k)}{(100 - B_k) (C_{\text{max}} - C_{\text{ср}})}; \quad (3)$$

m_k — относительная погрешность керовой пробы, выраженная через отношение абсолютной погрешности керовой пробы $(C_{\text{ср}} - C_k)$ к истинному среднему содержанию, %:

$$m_k = [(C_{\text{ср}} - C_k)/C_{\text{ср}}] \cdot 100. \quad (4)$$

Количественные значения коэффициента равномерности K_p и степени избирательности I , а через них и погрешности керовых проб связаны с характером распределения главных полезных компонентов, со строением и условиями залегания в месторождениях и другими свойствами руд разных видов полезных ископаемых. В табл. 4 приведены примеры количественных значений коэффициента равномерности K_p и степени избирательно-

Рис. 2. Основные элементы конструкции скважин алмазного бурения.

1 — устье; 2 — шурф, залитый бетоном; 3 — направляющая труба; 4 — межтрубное пространство; 5 — кондуктор; 6 — техническая колонна; 7 — стенки; 8 — забой.

Таблица 4

Примеры количественных значений коэффициента равномерности K_p и степени избирательности истирания I для разных видов полезных ископаемых, групп и типов их руд и месторождений (по В. Г. Соловьеву)

Группы и типы руд	Примеры руд и месторождений	Характерные значения	
		K_p	I
I.1. Сплошные мономинеральные	Сплошные маргитовые, магнетитовые, гидрогематитовые и другие богатые железные руды криворожского типа, сплошные мономинеральные руды каменной соли, бокситы Боксонского месторождения, тальк Алгуйского месторождения и т. п.	85 ± 10	40 ± 15
I.2. Сплошные полиминеральные	Сплошные колчеданные медные и медно-цинковые месторождения уральского типа, сплошные полиметаллические руды Горевского, Риддер-Сокольного и других месторождений Апатиты Ошурковского, флюорит Ермаковского месторождений и т. п.	25 ± 10 40 ± 10	15 ± 10 20 ± 10
II.1. Вкрапленные в изверженных и осадочных породах	Вкрапленные руды полиметаллических месторождений Садовое, Миргалмсай, медные руды Алмалыка, редкометалльных месторождений Белозиминского, Африкандовского и т. п.	15 ± 10	7 ± 5
II.2. Вкрапленные в жилах и дайках	Руды жильных золоторудных месторождений Средней Азии, Забайкалья, Якутии, оловянных и вольфрамовых месторождений Приморья, Якутии, Забайкалья и др.	6 ± 5	5 ± 4
III.1. Прожилковые и вкрапленные в штокверках	Руды вольфрамовых, молибденовых и медно-молибденовых месторождений Забайкалья, Казахстана и Средней Азии	15 ± 5	10 ± 8
III.2. Прожилково-вкрапленные в зонах трещиноватости	Руды полиметаллических месторождений Алтая, Средней Азии, Прибайкалья, оловорудных месторождений Комсомольского района, ртутных месторождений Терлиг-Хая, частично Никитовки и т. п.	12 ± 6	10 ± 8
IV.1. Прожилковые	Медные руды месторождения Дальнего, никель-кобальтовые руды Тувинской АССР, асбестовое месторождение Молодежное и т. п.	30 ± 15	25 ± 15
IV.2. Переслаивающиеся	Железистые кварциты Кольского полуострова, Кривого Рога	60 ± 10	30 ± 15
V. Прожилково-гнездовые	Руды рудных месторождений Средней Азии (Хайдаркан, Акташ, Чаувай), отдельных участков Никитовки и др. Мусковит Дуговского, Чуйского и Согдионского месторождений	5 ± 3 15 ± 5	4 ± 3 8 ± 5

сти *I* для разных видов полезных ископаемых, групп и типов их руд и месторождений.

Таким образом, исследованиями ВИТР [21] показано, что представительность керновых проб практически не зависит непосредственно от диаметра керна, а определяется главным образом составом и строением руд, в частности коэффициентом равномерности K_p распределения компонентов в руде, степенью избирательности истирания *I* составляющих руду компонентов и линейным выходом керна V_k .

Диаметр скважины колонкового бурения и, следовательно, диаметр керна могут отразиться на представительности керновых проб лишь косвенно, в той мере, в кото-

рой они влияют на линейный выход керна V_k .

Линейный выход керна в скважинах алмазно-твердосплавного бурения при уменьшении диаметров бурения в среднем снижается в относительном выражении следующим образом [21]:

Переход с большего диаметра на меньший, мм	Снижение V_k , %
76—59	2—4
59—46	3—5
46—36	4
76—46	5—10
76—36	10—15

При разных геолого-технических условиях бурения по ряду причин соотношения между диаметрами

Таблица 5

Минимальные диаметры керна, применяемые для опробования рудных месторождений (по Л. Б. Дралюку)

Генетические типы месторождений	Главнейшие промышленные типы руд	Диаметры керна, мм			
		Применяемые в СССР	Применяемые за рубежом	Расчетные	Рекомендуемые
Собственно магматические	Хромитовые	30	—	22	22
	Титаномагнетитовые	30	—	14—22	32
	Медноникелевые	30	22,2—32	32—42	32—42
	Редкометалльные	—	—	32	32
Пегматитовые	»	—	28,6—41,3	12—60	42—60
Контактово-метасоматические скарновые	Железные	30—40	28,6	14—22	32
	Молибдено-вольфрамовые	—	—	32—60	32—60
	Медные	—	28,6	—	32
	Руды других металлов (золото, свинец, цинк)	—	28,6	32	32
Гидротермальные	Колчеданные	30	22,2; 24; 28,6	14—32	32
	Медистые песчаники	—	—	22	22
	Сидеритовые	30	—	14	22
	Вольфрамо-молибденовые	—	28,6—54,0	32—42	32—60
	Оловянные	—	23,8—33,3	32—42	32—42
	Свинцово-цинковые	30—40	28,6	22—42	32—42
	Сурьмяно-ртутные и мышьяковые	—	—	60	60
	Золотоносные	30	19,0—28,3	32—60	22—32
Метаморфогенные	Урано-ванадиевые	—	19,0	—	22
	Железистые кварциты	30—40	20,6	22—32	32
	Золотоносные конгломераты с ураном	—	31,4	—	32
Осадочные	Бокситы	—	28,6	32—42	32—42
	Силикатные никелевые	—	—	24—42	22—42
	Золотоносные «шляпы»	—	28,3	22	32

скважин и линейным выходом керна могут существенно различаться. Поэтому для обоснованного выбора минимального диаметра скважины (керн) следует знать, как влияет уменьшение диаметра скважины в конкретных условиях бурения на линейный выход керна.

Если при уменьшении диаметра скважины линейный выход керна существенно не изменяется и является достаточным для получения представительных проб, можно переходить на бурение коронками меньших диаметров. Если уменьшение диаметра скважины приводит к уменьшению линейного выхода керна, необходимо при переходе на минимальный диаметр керна, обеспечивающий при данных условиях бурения минимальный и достаточный выход его, предварительно установить количественные соотношения между $D_{скв\ min}$ и V_k на основе сопоставления имеющихся данных бурения коронками разных диаметров или полученных путем проведения специальных исследо-

ваний. Во втором случае В. Г. Соловьевым рекомендуется пробурить несколько опытных многозабойных скважин с двумя-тремя дополнительными стволами, пробуренными коронками различных диаметров и пересекающими тело полезного ископаемого в точках, возможно близко расположенных друг от друга (0,5—1 м).

Определив по формуле (1), какой минимальный процент линейного выхода керна $V_{k\ min}$ необходим и достаточен для получения данных опробования скважины с заданной погрешностью $m_{к. доп}$ на основе указанного выше опытного бурения выбирают минимальный диаметр бурения, который гарантирует в данных геолого-технических условиях месторождения заданный линейный выход керна.

Для ряда полезных ископаемых, ценность и значение которых определяются главным образом не химическим составом, а другими свойствами, например размерами кристаллов (слюда), длиной волокна

Таблица 6

Диаметры скважин, допускающие применение различной скважинной аппаратуры и инструмента

Назначение аппаратуры	Наружный диаметр скважинного прибора, мм	Номинальный диаметр скважины, при котором возможно применение данной аппаратуры, мм
Каротажные работы		
Радиометрические исследования	28—60	36—76
Магнитометрия	40	46
Термокартаж	40	46
Резистивиметрия	50	59
Изучение околоскважинного пространства		
Векторная магнитометрия	40	46
Радиопросвечивание	38—50	46—59
Амплитудно-фазовые измерения	53	59
Другие работы в скважинах		
Направленное и многозабойное бурение	44—57—73	46—59—76
Инклинометрия	25—60	36—76
Кавернометрия	40	46
Кернометрия	57	59
Виброметрия	57	59
Гидрохимическое опробование	60	76

(асбест), или которые требуют установления физических и механических свойств (стройматериалы), диаметры скважин должны определяться с учетом особенностей данного полезного ископаемого на каждом конкретном месторождении и задач, решаемых с помощью отдельных скважин на различных стадиях разведки месторождений. Конкретные значения минимальных диаметров керна, применяемых для опробования рудных месторождений, приведены в табл. 5.

Помимо геологической стороны вопроса при разработке конструкции скважин следует принимать во внимание и техническую, а именно: во-первых, величины минимальных диаметров скважин, допускающих применение имеющейся скважинной исследовательской и другой аппаратуры и инструмента (табл. 6), и, во-вторых, рекомендуемые области применения различных диаметров алмазного породоразрушающего инструмента для добуривания скважин на различных глубинах [82].

ГЛАВА III

АЛМАЗНЫЙ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

§ 1. АЛМАЗЫ И СВЕРХТВЕРДЫЕ ИСТИРАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

ПРИРОДНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ АЛМАЗЫ

Алмаз — кристаллическая модификация углерода. В природе алмазы встречаются в виде отдельных монокристаллов, их обломков или агрегатов-поликристаллов (сросшихся многочисленных кристаллов). Наиболее распространенными формами кристаллов алмаза являются: октаэдр — восьмигранник с гранями в виде правильных треугольников; ромбододекаэдр — двенадцатигранник с гранями ромбической формы; куб. Наибольшую твердость имеют грани октаэдра, наименьшую — куба.

Атомы углерода в алмазе образуют чрезвычайно прочными ковалентными связями, которые и обуславливают его исключительно вы-

сокую твердость и другие особенности. Абразивная способность алмаза значительно выше, чем у всех других абразивных материалов (табл. 7). Алмаз анизотропен по твердости; это свойство учитывают при изготовлении алмазного инструмента.

Алмаз обладает высокой теплопроводностью (табл. 7) и низкой удельной теплоемкостью, что способствует лучшему отводу тепла и снижает температуры в зоне действия алмаза при резании. Низкий коэффициент теплового линейного расширения алмаза (намного ниже, чем у твердых сплавов, карбида кремния, электрокорунда, инвара и др.) обеспечивает алмазному инструменту малые температурные деформации, что важно для породоразрушающего и другого режущего инструмента.

Износостойкость алмаза в сравнении с обычными абразивными материалами тем выше, чем тверже и хрупче обрабатываемый материал (табл. 8).

Таблица 7

Соотношение абразивных свойств и теплопроводности алмаза и различных материалов

Материал	Отношение	
	абразивных свойств	теплопроводности
Алмаз — кварц	5,5 : 1	—
Алмаз — корунд	4,5 : 1	—
Алмаз — карбид вольфрама	3,4 : 1	—
Алмаз — карбид кремния	2,95 : 1	9 : 1
Алмаз — карбид бора	2 : 1	—
Алмаз — твердый сплав Т15К6	—	5 : 1
Алмаз — твердый сплав ВК8	—	2,5 : 1

Таблица 8

Износостойкость алмаза

Обрабатываемый материал	Повышение износостойкости алмаза по отношению к обычным абразивным материалам
Закаленная сталь	В 100—200 раз 5000—10 000 250 000—500 000
Твердые сплавы	
Самые твердые и прочные высокоглиноземистые керамики	

Температура сгорания алмаза зависит от среды (табл. 9) и размеров кристалла (с уменьшением размеров температура сгорания понижается). Алмаз растворяется только в расплавах щелочей, натриевой и калиевой селитрах и соде; самые крепкие кислоты и царская водка ($\text{HCl} + \text{H}_2\text{NO}_3$) не оказывают на алмаз никакого воздействия. При контакте с железом или его соединениями при температуре $750\text{--}800^\circ\text{C}$ алмазы могут раствориться в железе; это следует учитывать при бурении на железорудных месторождениях. Алмаз с чистой поверхностью не смачивается водой, но смачивается некоторыми жирами; это свойство алмаза необходимо учитывать при подборе охлаждающе-промывочных жидкостей при бурении.

Таблица 9

Теплостойкость алмаза

Среда	Температура сгорания t , $^\circ\text{C}$
Воздух	850—1000
Кислород	720—800
Азот и водород	Не сгорает при 1200—1300
Вакуум, инертная среда	Превращается в графит при $t > 1500\text{--}1600$
Контакт с железом или сплавом на основе железа	Растворяется в железе при 750—800

Твердость граней одного и того же кристалла алмаза неодинакова; твердость алмаза в пределах одной грани по разным направлениям также различна. Износостойкость алмазов при скольжении существенно зависит от характера поверхности, типа среды, скорости скольжения.

Масса алмаза измеряется в метрических каратах. Название произошло от греческого названия рожкового дерева (caratoria). Масса су-

хих косточек плода этого растения, почти абсолютно идентичных по массе друг другу, была принята в древности за единицу массы сначала для жемчуга, а затем и для других драгоценных камней. Официальной международной единицей карат стал в 1913 г., после того как Международный комитет мер и весов в Париже предложил в 1907 г. принять метрический карат, равный 200 мг или 0,2 г. Масса алмазов, встречающихся в природе, изменяется от тысячных долей карата до нескольких сотен и тысяч карат; чаще всего попадаются мелкие кристаллы массой 0,05—0,4 карата. Находка крупных камней всегда являлась большим событием. Сведения о некоторых крупных отечественных алмазах приведены в табл. 10.

Таблица 10

Сведения о некоторых крупных якутских алмазах

Название камня, год нахождения	Масса, карат
«50 лет Аэрофлота», 1973	232,0
«Сталинградский», 1968	166,0
«Мария», 1966	105,98
«Чекист», 1968	95,0
«Октябрьский», 1962	68,47
«325 лет Якутии», 1960	54,2
«Скромный», 1964	54,1
«Валентина Терешкова», 1963	51,66
«Таежный», 1964	49,0
«Комсомольский», 1964	48,8
«Предпраздничный», 1960	45,7
«Горняк», 1960	44,62
«Ленинградский», 1968	44,0
«За счастье детей», 1964	40,8
«Злата Прага», 1964	38,72
«Виллюйский», 1964	37,71

Так как в настоящее время в технике применяют большое количество алмазов, измеряемое сотнями, тысячами и миллионами карат, то для перевода этих количеств в обычные единицы следует запомнить: 1 г = 5 карат; 1 кг = 5000 карат; 1 т = 5000000 карат.

За 100%-ную концентрацию обычно принимают содержание алмазов 4,4 карата в 1 см³ алмазо-содержащего слоя, что соответствует норме, введенной фирмами-производителями алмазного инструмента в США, Англии и др. Однако эта дробная величина усложняет расчеты при производстве алмазного инструмента (при навеске алмазов). Поэтому в последнее время разрабатывается (в частности, в Институте сверхтвердых материалов АН УССР) новая метрическая единица концентрации алмазов, которая позволит перейти к обычным единицам массы — граммам и килограммам [2, с. 87].

Следует отметить также, что карат в соответствии с окончательной редакцией проекта стандарта «Единицы физических величин» является единицей, временно допущенной к применению [13]. В единицах Международной системы СИ внесистемная единица «карат» выражается как $2 \cdot 10^{-4}$ кг.

На рис. 3 показаны технические алмазы высокого (а) и низкого (б) качества.

Для повышения эксплуатационных качеств алмазов разработаны следующие технологические процессы: избирательное дробление, овализация, полирование, термообработка, гранулирование. Путем искусственной обработки кристаллам алмаза придают изометрическую или овальную форму, отбраковывают трещиноватые и дефектные камни, полируют поверхность обработанных или естественных кристаллов, повышают их прочность путем снятия внутренних напряжений и др.

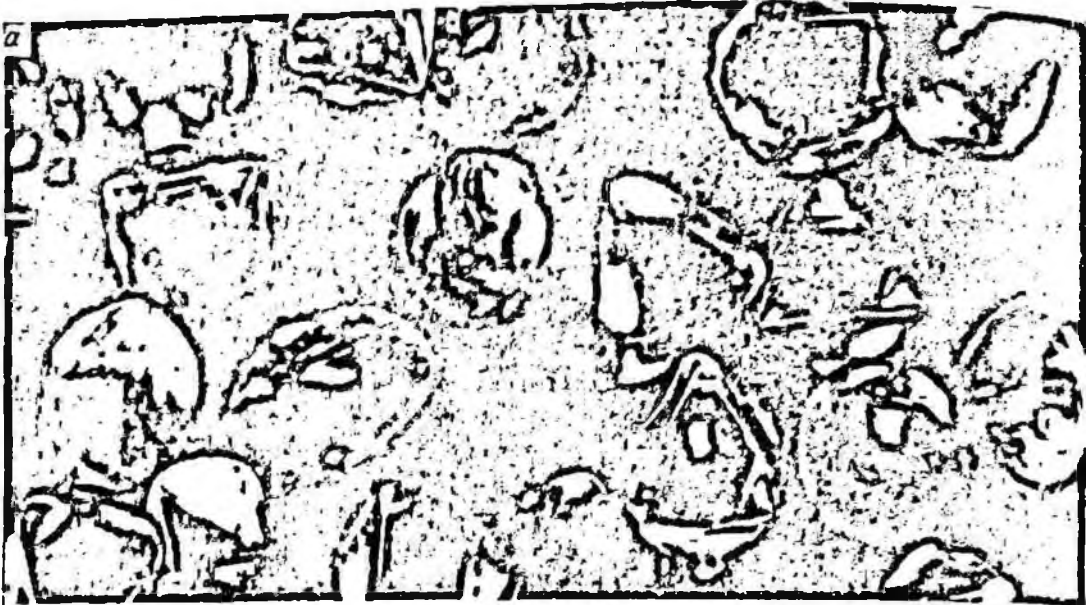
Избирательное дробление низкосортных алмазов производится с целью придания кристаллам изометрической формы и разрушения трещиноватых и дефектных. Дефектные зерна дробятся преимущественно по направлению трещин, по включениям и зонам внутренних

напряжений. Алмазы, обработанные методом избирательного дробления (рис. 3, в), используют при изготовлении буровых коронок в качестве объемных.

Овализация низкосортных алмазов проводится для получения зерен овальной изометрической формы и разрушения трещиноватых и дефектных алмазов. В процессе обработки алмазы раскалываются, острые углы и вершины кристаллов притупляются; алмазы получают округлую форму, их прочность повышается. При длительной обработке можно получать алмазы практически шаровой формы, при кратковременной — слегка округленной (рис. 3, г). Поверхность овализованных алмазов матовая, шероховатая. При изготовлении алмазных буровых коронок овализованные алмазы используются в качестве подрезных камней.

Для получения гладкой поверхности алмазы полируют. В процессе обработки неровности и шероховатость поверхности алмазных зерен сглаживаются; поверхность становится прозрачной; внутренние зоны кристалла легко просматриваются, что позволяет сортировать алмазы по дефектам. При бурении алмазами с гладкой полированной поверхностью силы трения на контакте порода — алмаз существенно ниже, чем при бурении алмазами с шероховатой неровной поверхностью, что обеспечивает высокую скорость бурения и стойкость породоразрушающего инструмента. Разработано три способа полирования поверхности алмазов: механический, химический, газопламенный.

Механический способ полирования заключается в обработке алмазов водной суспензией алмазного микропорошка в процессе их окатывания в специальной камере. Для механического полирования используются овализованные алмазы XXXIV группы крупностью от 90 до 10 шт./карат. Химический спо-



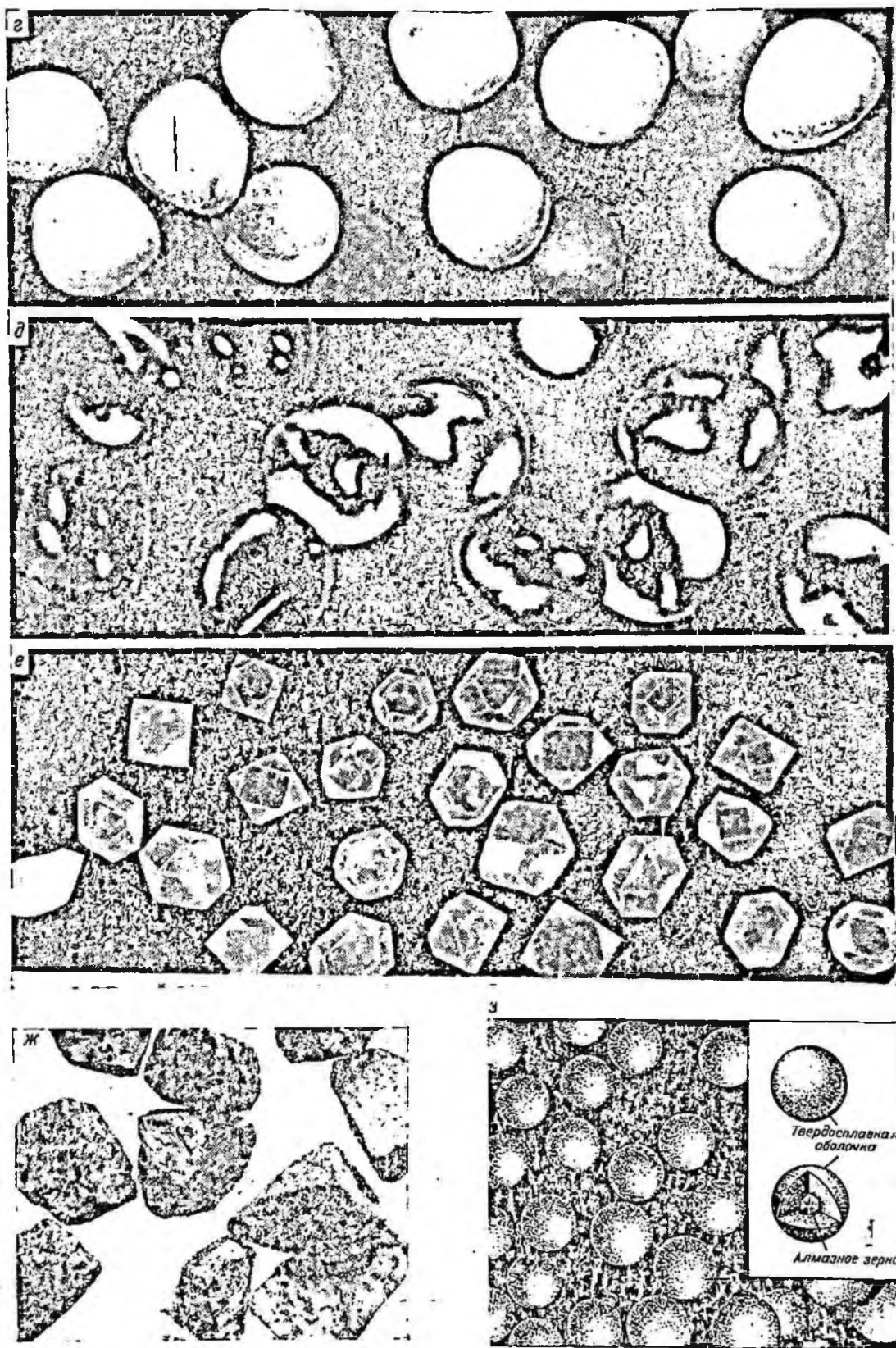


Рис. 3. Естественные, искусственно обработанные и синтетические технические алмазы.

а — высококачественные технические; *б* — низкосортные технические; *в* — избирательного дробления; *г* — овалированные; *д* — полированные; *е* — синтетические монокристаллические; *ж* — синтетические поликристаллические дробленые; *з* — алмазно-твердосплавные гранулы.

соб полирования алмазов состоит в обработке их в расплаве солей, обладающем окислительными свойствами. Шихта для обработки алмазов нагревается в электропечи. Полирование алмазов достигается путем некоторого окисления поверхности зерен в результате более высокой скорости окисления микровыступов на их поверхности. Режущие кромки кристаллов при химическом полировании остаются. Методом химического полирования можно обрабатывать алмазное сырье любого вида (овализованные, дробленые и природные необработанные алмазы). При газопламенном полировании обрабатывается шероховатая поверхность овализованных алмазов высокотемпературным пламенем. Алмазы при этом способе полируются, как и при химическом методе, за счет окисления микровыступов на шероховатой поверхности зерен.

Низкосортные отечественные алмазы с полированной поверхностью по работоспособности близки к высокосортным алмазам XV группы и могут быть эффективно использованы при изготовлении алмазных коронок в качестве объемных алмазов. Полированные алмазы показаны на рис. 3, д.

Термообработка дает возможность повышения механической прочности алмазов за счет снижения внутренних напряжений в кристаллах. В процессе кристаллизации алмазов в природных условиях на значительной глубине и последующего выноса их в верхние зоны резкое падение давления и температуры вызывает пластические деформации и термонапряжения. В результате в кристаллах образуются внутренние напряженные зоны. Для снижения внутренних напряжений алмазы нагревают до заданной температуры в электропечи в восстановительной среде, выдерживают при этой температуре определенное время и затем

охлаждают. Механическая прочность алмазов после термообработки повышается в 1,5—1,8 раза.

Гранулирование алмазов — это покрытие мелких алмазных зерен металлическими порошками, входящими в состав шихты. Алмазные зерна предварительно смачивают клеящими веществами. Наличие металлической пленки вокруг алмаза предохраняет его от дробления при прессовании матрицы и от графитизации при нагревании. Металлическая пленка способствует более прочному сцеплению между алмазами и матрицей. Применение гранулированных алмазов для армирования коронок позволяет более равномерно распределить их в матрице.

Алмазно-твердосплавная гранула (рис. 3, з) представляет собой металлическое шарообразное тело с алмазом в центре. Алмазные гранулы изготавливаются в грануляторе с емкостью рабочей камеры около 5 л. При вращении камеры алмазы поочередно смачиваются клеящим веществом и пересыпаются порошком шихты до тех пор, пока вся шихта партии коронок не будет перенесена на алмазы. Время, необходимое на изготовление гранул, равно 2 ч. Полученные гранулы укладывают в специальную пресс-форму без дополнительной засыпки порошков, составляющих матрицу.

Эксплуатационные свойства технических алмазов при их использовании в бурении условно называют буровыми. Буровые свойства оценивают по обеспечиваемой алмазами проходке на коронку, механической скорости бурения и расходу алмазов на 1 м бурения скважины. Сравнение производится в аналогичных геолого-технических условиях при одинаковой конструкции алмазных коронок и для алмазов одних и тех же размеров.

Кристаллы алмазов, выполняющие в алмазной коронке роль породоразрушающих резцов, рас-

полагаются в матрице в определенном порядке. По своему рабочему назначению и местоположению в матрице алмазы подразделяются на объемные (торцевые) и подрезные. Объемными называют алмазы, расположенные внутри матрицы или на ее торцевой поверхности и выполняющие основной объем работы по разрушению породы на забое скважины. Подрезными называются алмазы, расположенные на наружной и внутренней боковых поверхностях матрицы; подрезные алмазы служат для предохранения коронок от преждевременного бокового износа или так называемой потери диаметра.

Следует иметь в виду, что из всех видов алмазного инструмента алмазная буровая коронка применяется в наиболее тяжелых условиях. Это объясняется неоднородностью свойств разбуриваемых горных пород, наличием сложного сочетания знакопеременных нагрузок, характер которых в условиях забоя скважин мало изучен, и, наконец, самое главное — отсутствием постоянного визуального или другого вида контроля за состоянием режущей части коронки. Поэтому выбор качества алмазов, используемых для армирования матрицы, оказывает существенное влияние на работоспособность алмазного породоразрушающего инструмента. Выбор алмазов нужного качества определяется физико-механическими свойствами горных пород, и в первую очередь такими из них, как твердость, абразивность, трещиноватость и вязкость.

Во всех случаях коронки должны армироваться объемными алмазами, однородными по своему качеству, так как использование в коронках алмазов разного качества приводит к повышенному их расходу при бурении. Для подрезных камней, как правило, применяются алмазы большего, чем объемные камни, размера и лучшего качества.

В Советском Союзе буровые коронки, долота и расширители армируются техническими алмазами типа «борт» из якутских месторождений. Согласно существующей классификации (ТУ 47—2—73 «Сырье алмазное») в отечественных конструкциях коронок для геологоразведочного бурения используется весьма широкий ассортимент [82]:

Кроме качества алмазов, заложённых в матрицу, на работоспособность алмазной коронки большое влияние оказывает их крупность. Крупность алмазов определяется по количеству зерен в штуках, приходящихся на 1 карат, т. е. количеством близких по размеру камней, входящих в навеску, равную 1 карату.

Крупность объемных и подрезных алмазов, закладываемых в коронку, определяется структурой горной породы и ее твердостью. Установлено, что максимальная скорость бурения достигается тогда, когда в процессе разрушения горной породы образуются крупные частицы породного шлама. Поэтому величина алмазов в коронке должна быть такой, чтобы отделять от забоя частицы породы по возможности более крупных размеров и одновременно обеспечивать достаточный зазор между матрицей коронки и породой забоя для выноса отделенных частиц породы промывочной жидкостью из-под торца коронки без их дополнительного переизмельчения. Таким образом, чем больше выступающая из матрицы часть алмазов соответствует частице, которую предстоит отделить от породы, тем лучше будет работать коронка. Поэтому для бурения в мягких крупнозернистых породах следует выбирать коронки, армированные более крупными зернами алмазов, а в мелко- и тонкозернистых породах — мелкими.

Величина алмазов должна соответствовать твердости горной породы. Чем тверже порода, тем бо-

лее мелкие зерна алмазов следует использовать для ее бурения. В породах VI—VIII категории по буримости, как правило, применяют коронки с алмазами крупностью от 20 до 2, VIII—IX — крупностью от 60 до 20, IX—XI — крупностью 150—60 и в очень твердых породах XI—XII категории — от 400 до 150 шт./карат.

Таблица 11

Зернистость и размеры алмазных зерен и порошков

Ориентировочное количество алмазов в 1 карате, шт.	Линейные размеры, мм	Средний условный диаметр, мм
Алмазное зерно		
2	3,80—3,50	3,65
2—3	3,50—3,30	3,40
4—3	3,30—3,00	3,15
10—5	3,00—2,80	2,90
20—10	2,80—2,50	2,65
30—20	2,50—2,00	2,25
40—30	2,00—1,60	1,80
60—40	1,60—1,50	1,55
60—90	1,60—1,25	1,43
120—90	1,25—1,00	1,13
150—120		
200—150	1,00—0,80	0,90
300—200		
400—300		
800—400	0,80—0,63	0,72
Алмазные порошки		
1200—800	0,63—0,50	0,57
2000—1200	0,50—0,40	0,45
4500—2000	0,40—0,32	0,36

В табл. 11 приведены обозначения зернистости и размеры алмазов, применяемых в СССР для бурового инструмента.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ АЛМАЗЫ

Решение проблемы синтеза и организация их промышленного производства в СССР явились результатом совместной работы Института физики высоких давлений АН СССР и ИСМ АН УССР.

Синтетические и природные алмазы дополняют друг друга и имеют свои наиболее рациональные

области применения. Благодаря росту производства синтетических алмазов значительно увеличиваются объемы использования природных алмазов в наиболее эффективных для них областях применения. Так, почти весь алмазно-абразивный инструмент изготавливается сейчас из синтетических алмазов, что создало возможность повысить расход природных алмазов на изготовление буровых коронок для геологоразведочного бурения. Доля природных алмазов для этих целей увеличивается с каждым годом.

Синтетические алмазы (условно обозначаются АС) по сравнению с природными (А) с ровной и гладкой поверхностью имеют более шероховатую поверхность с выступами, углублениями и большим числом режущих элементов. Синтетические и природные алмазы имеют одинаковые кристаллическую решетку, ее параметры, плотность, твердость и другие свойства. Различаются они только формой зерен, характером их поверхности, прочностью, хрупкостью и термостойкостью.

В СССР в результате совершенствования синтеза производятся алмазы с заранее заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами (естественно, в известных пределах): по форме зерен, характеру поверхности, прочности и хрупкости. Так, например, получают синтетические алмазы разной прочности: АСО (алмаз синтетический обычной прочности), АСП (повышенной прочности), АСВ (высокой прочности), АСК (алмаз кристаллический), АСС (алмаз кристаллический сортированный). Диапазон прочности синтетических алмазов колеблется в широких пределах и составляет (отношение наименьшей прочности к наибольшей) 1:12. Такой широкий диапазон прочности и других свойств синтетических алмазов позволяет значительно расширить область их при-

менения и повысить эффективность использования. Области применения синтетических алмазов в нашей стране намного шире, чем за рубежом.

Синтетические алмазы марки АСО представляют собой зерна с шероховатой, наиболее развитой режущей поверхностью, повышенной хрупкости (что обеспечивает их удержание в связке и самозатачивание в процессе работы), обладают высокими режущими свойствами.

АСР — зерна с меньшей хрупкостью и большей прочностью (в 2 раза), чем зерна АСО, также имеют развитую поверхность и хорошо удерживаются в связке.

АСВ — зерна с меньшей хрупкостью, большей прочностью, имеют более гладкую поверхность по сравнению с зернами АСО и АСР.

АСК — зерна с меньшей хрупкостью и большей прочностью по сравнению с зернами АСО, АСР и АСВ, имеют гладкую поверхность.

АСС — зерна блочной формы, отличаются от предыдущих большей прочностью и, так же как АСК, гладкой поверхностью кристаллов (рис. 3, е).

Две последние марки алмазов используются для изготовления одно- и многокристального инструмента для правки абразивных кру-

гов, резки и обработки корунда, рубина и других особо твердых материалов, а также изготовления бурового породоразрушающего инструмента.

Основная масса алмазов синтезируется с размерами зерен от 0,2 до 0,4 мм; алмазы марок АСК и АСС синтезируются с размерами 0,6—1,2 мм; в последнее время получены монокристаллы синтетических алмазов в несколько миллиметров.

Механическая прочность зерен алмазов возрастает в направлении АСО→АСР→АСВ→АСК→АСС. Алмазы марки АСС в зависимости от размера зерен обладают в ряде случаев прочностью в 1,5—2,0 раза превышающей прочность природных алмазов. В табл. 12 приведены средние значения разрушающих нагрузок для алмазов и различных абразивных материалов.

В зависимости от размера зерен, метода их выделения и контроля синтетические алмазы подразделяются согласно ГОСТ 9206—70 на две группы — шлифпорошки и микропорошки.

Синтетические поликристаллические алмазы редко встречающихся в природе форм — карбонадо и баллас — синтезированы впервые Институтом физики высоких давлений АН СССР под руководством акад.

Таблица 12

Средняя разрушающая нагрузка (гс) зерен из различных абразивных материалов и алмазов [81]

Абразивный материал	Размер зерен, мкм					
	100—125	160—200	200—250	315—400	400—500	500—630
Карбид бора	537	724	—	—	—	—
Электрокорунд белый	603	771	955	1964	2280	3321
Карбид кремния зеленый	746	—	1769	2293	2378	4244
Алмаз марки:						
АСО	222	266	324	—	—	—
АСР	374	486	602	891	1078	—
АСВ	533	725	863	1120	1696	1916
АСК	—	1550	1856	2924	3365	4301
А	—	2221	3590	5597	6483	7303
А	763	1306	1815	3424	4112	6320

Л. Ф. Верещагина. Замечено, что от размеров кристаллов зависит вероятность образования дефектов (с ростом кристаллов увеличивается количество дефектов). Кристалл, зафиксированный на ранней стадии выращивания монокристалла и имеющий линейные размеры порядка одного или нескольких микрометров, содержит небольшое количество дефектов и в известной мере близок к идеальному. Синтетические алмазы типа карбонадо являются прочно сцементированной массой достаточно совершенных кристаллов (рис. 3, ж). Отсюда вытекают и высокие физико-механические свойства синтетического карбонадо: работоспособность АС типа карбонадо находится на уровне природных, а в ряде случаев превосходит ее.

Проведенные испытания показали возможность замены дефицитных и дорогих сортов природных алмазов синтетическими балласами и карбонадо при изготовлении фильер, буровых коронок и других инструментов.

Группой ученых Института физической химии АН СССР открыто новое свойство углерода — способность выделяться из углеродсодержащих сред в виде нитевидных кристаллов алмаза. В специальном реакторе атомы углерода из разогретого метана при пропускании его над кристаллом алмаза-затравки непрерывно надстраивают кристаллическую решетку. Во время эксперимента были получены кристаллические образования в виде алмазных нитей длиной до 2 мм, обладающие исключительной прочностью («Правда», 1969, 10 дек.).

Новое открытие, по мнению специалистов, помимо важного научного имеет большое практическое значение, так как алмазы получены при давлении менее 1 кгс/см². До этого, как указывалось выше, синтетические алмазы получали только при очень высоких давлениях и тем-

пературах, чем как бы воспроизводились природные процессы образования алмазов в недрах Земли.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ СВЕРХТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Постоянный научный поиск в СССР и за рубежом привел в последние годы к созданию новых сверхтвердых материалов с неизвестными до сих пор уникальными свойствами. Ниже кратко рассмотрены наиболее интересные из этих материалов.

Кубический нитрид бора — неизвестный в природе сверхтвердый материал, синтезирован из нитрида бора BN, который также кристаллизуется в гексагональную решетку; нитрид бора, подобно углероду, может существовать в двух модификациях: мягкой — гексагональной и твердой (подобно алмазу) — кубической.

В СССР кубический нитрид бора КНБ впервые был получен параллельно с синтетическим алмазом в 1960 г. в лаборатории Института физики высоких давлений АН СССР [81]. КНБ образуется в результате химического взаимодействия борного ангидрида с углеродом и азотом при температуре 1500—1800°С и давлении 70 тыс. кгс/см². Наилучшие результаты достигаются при использовании хлористого бора, взаимодействующего с аммиаком. В химическом отношении КНБ состоит из 41,6% бора и 50,1% азота, остальное — различные примеси. Рентгеновское исследование структуры КНБ показало, что в его кристаллической решетке атомы бора и азота строго чередуются и упакованы столь же плотно, как в алмазе.

Вначале КНБ получали в кристаллах кубической формы (темного, серого и черного цвета) размером до 0,25 мм, сейчас синтезируют более крупные кристаллы.

Так, группе научных сотрудников Института физики твердого тела и полупроводников АН БССР удалось создать вещество (сплав нитрида бора со структурой типа алмаза) не в виде песчинок, а в форме пластинок, которые можно использовать в качестве режущих лезвий инструментов («Правда», 1970, 3 февр.).

КНБ обладает качествами, которых нет у алмаза: его теплопроводность гораздо выше. Алмазный резец сохраняет рабочие качества только до $t=700\div 800^\circ\text{C}$, КНБ стоек даже при 1300°C . По твердости кубический нитрид бора лишь немногим уступает алмазу, но в отличие от последнего нейтрален к железу. На него не действуют концентрированные и разбавленные соляная, серная, азотная, фосфорная, плавиковая кислоты и их смеси, а также едкие щелочи. Микротвердость КНБ находится в пределах $7500\text{—}9000\text{ кгс/мм}^2$.

Промышленное производство КНБ и инструмента из него начато в 1964 г. в ИСМ АН УССР, а с 1966 г. — на ленинградском абразивном заводе «Ильич» [2]. Физико-механические и эксплуатационные свойства КНБ широко варьируют в зависимости от основных исходных материалов, параметров синтеза, катализатора и добавок. Поэтому КНБ, синтезируемый каждым производителем, имеет существенные особенности и выпускается под различными торговыми марками: эльбор (Ленинград), кубонит (Киев), боразон (фирма «Дженерал Электрик»).

Эльбор выпускается марок ЛО и ЛП. Для изготовления лезвийного и бурового инструмента производится эльбор-Р в виде цилиндрических заготовок диаметром 3,8 мм и высотой 5 мм (ТУ 2—036—6—70). Эльбор-Р обладает твердостью $H=(6\div 7)$ тыс. кгс/мм² и теплостойкостью $1100\text{—}1300^\circ\text{C}$.

Кубонит выпускается марок КО, КР и КН. Эксплуатационные свойства кубонита зависят от формы зерен, характера их поверхности и механической прочности. КО имеет более развитую поверхность, зерна марки КР — более округлую. КН, состоящий в основном из монокристаллов, обладает повышенной абразивной способностью. Прочность кубонита соответствует прочности синтетических алмазов марок АСО и АСР; микротвердость равна 9250 кгс/мм^2 .

Славутич — новый сверхтвердый материал, созданный ИСМ АН УССР [81]; не уступает природным алмазам по износостойкости, превосходит их в ряде случаев по прочности; может быть изготовлен в виде штабиков и пластин любых, заранее заданных формы и размеров; применяется в буровом инструменте — долотах и коронках. Производство начато с 1967 г.

Безуглеродистым «алмазом», как и КНБ, является созданное химиками вещество на основе полимерной окиси титана. По твердости этот материал мало уступает природному алмазу.

«Диамонаир» — новый синтетический материал, созданный фирмой «Литтон Индастриз» (Англия); вырабатывается в виде монокристаллов из расплава редкоземельных элементов при температуре 2000°C . Характеризуется следующими физическими свойствами: твердость 8,5 (по шкале Мооса); коэффициент преломления 1,83; плотность $4,7\text{—}4,9\text{ г/см}^3$; цвет — прозрачный белый или с небольшим нацветом. Выращенные кристаллы представляют собой цилиндрические стержни длиной 130 и диаметром 25 мм. Новый материал обрабатывают алмазными кругами. Изделия из него имеют высокую прочность и не склонны к образованию трещин и сколов, что дает возможность надеяться на их применение в технических целях. Однако сведений о примене-

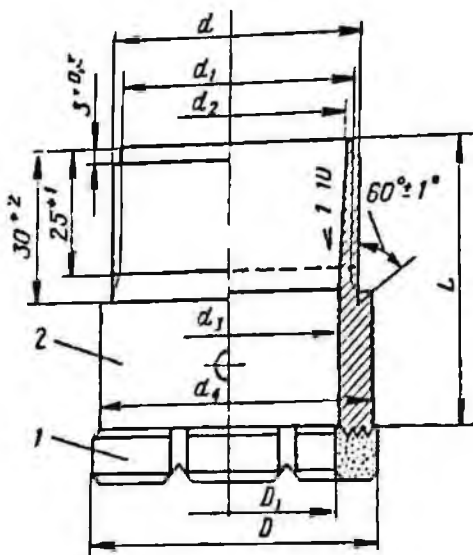


Рис. 4. Стандартная алмазная коронка (см. табл. 13).

нии нового материала для обработки металла или горных пород пока не имеется.

§ 2. АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ

Принципиальная схема конструкции (основные элементы и размеры) стандартных алмазных коронок, выпускаемых в настоящее время отечественной промышленностью, показана на рис. 4 (цифровые значения размеров приведены

в табл. 13). В любой алмазной буровой коронке различаются алмазосодержащая матрица 1 и снабженный резьбой стальной корпус 2. В матрице прорезаны промывочные окна, число и форма которых неодинаковы в коронках разного типа и диаметра.

Матрица современной алмазной коронки для колонкового бурения скважин представляет собой кольцо из металлокерамического сплава, в котором размещены алмазы. При изготовлении коронки матрица по поверхности внутреннего торца припаивается к стальному корпусу. У коронок разного типа внешний вид матрицы определяется в основном конструкцией промывочной системы, а также формой торца и расположением алмазов.

ГЕОМЕТРИЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ МАТРИЦЫ

Форма торца матрицы выбирается в соответствии со специализированным назначением коронки. Кроме того, выбор той или иной формы матрицы связан с технологическими возможностями принятого процесса изготовления коронок.

Таблица 13

Основные размеры алмазных коронок по ГОСТ 19527—74 (рис. 4) *

D	D ₁	Резьба d по ГОСТ 6238-52	a ₁ **	d ₂	d ₃	d ₄	L (предельное отклонение ±0,73)				
26	14	21,5	19,8	-0,14	18,5	+0,14	15	+0,24	24,5	-0,28	55
35	22	29,0	27,3	-0,14	26,0	+0,14	23	+0,28	34,0	-0,34	
46	31	39,0	37,3	-0,17	35,0	+0,17	33	+0,34	44,0	-0,34	
59	42	52,0	50,3	-0,20	48,0	+0,17	44	+0,34	57,0	-0,40	
76	58	68,0	66,3	-0,20	64,5	+0,20	60	+0,40	73,0	-0,40	
93	73	84,0	82,3	-0,23	80,0	+0,23	76	+0,40	90,0	-0,40	65
112	92	103,0	101,3	-0,23	98,0	+0,23	95	+0,45	109,0	-0,45	

* Для приведенных диаметров в первой графе дано номинальное значение, во второй — предельное отклонение.

** Допускается размер d₁ изготавливать равным внутреннему диаметру резьбы.

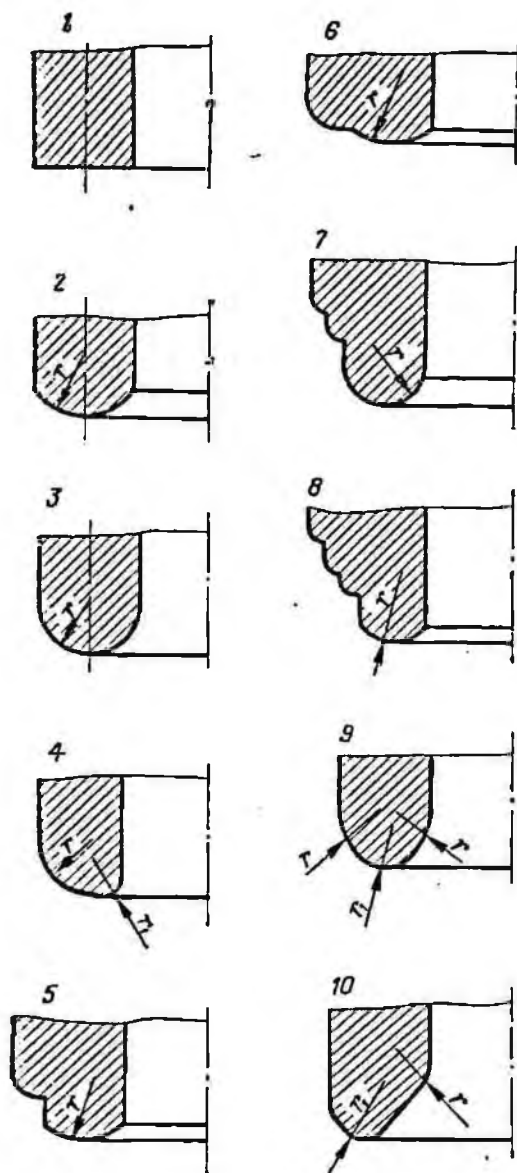


Рис. 5. Формы торцов короночных матриц (см. табл. 14).

На рис. 5 и в табл. 14 схематически изображены и охарактеризованы различные формы торцов короночных матриц, которые нашли применение на практике.

ПРОМЫВОЧНАЯ СИСТЕМА КОРОНКИ

Промывочная система алмазной коронки — это совокупность конструктивных элементов, обеспечивающих прохождение промывочной жидкости через коронку, охлаждение последней и вынос шлама из-

под торца коронки во время бурения.

Чем больше шлама образуется в процессе бурения, тем больше должна быть пропускная способность промывочной системы коронки. Если выбуренные частицы породы не сразу удаляются с забоя скважины, то они, повторно попадая под торец матрицы коронки, снижают эффективность бурения, так как работа, затрачиваемая на измельчение уже отделенных от забоя частиц, является бесполезной.

Значительная часть промывочной жидкости проходит через промывочные окна, которые прорезаны в теле короночной матрицы и разделяют ее на отдельные секторы. От их количества, величины сечения и формы в основном зависит очистка забоя. Оптимальная величина суммарного сечения всех промывочных окон в коронке различна для пород с разными физико-механическими свойствами и для коронок разных конструкций. Например, в коронках, которые предназначены для бурения мягких пород, дающих при разрушении много липкого шлама, сечение промывочных окон делается как можно большим. В коронке, предназначенной для бурения твердых пород, излишне большие сечения промывочных окон ухудшают ее работу, так как при этом уменьшится перепад давления промывочной жидкости во внутренней части коронки по отношению ко внешней ее части, что повлечет ухудшение выноса шлама непосредственно из-под торца матрицы.

Количество и форма промывочных окон, даже при одном и том же их общем сечении, заметно влияют на работоспособность коронки. «Косые» промывочные окна имеют меньшее гидравлическое сопротивление для промывочной жидкости по сравнению с «прямыми», т. е. прорезанными по радиусам, окнами. Преимущество косых промывочных окон заклю-

Таблица 14

Классификация конструктивных форм
торца матрицы алмазных кольцевых коронок

Номер конструктивной формы на рис. 5	Тип формы торца	Краткая характеристика
1	Плоский	Малая масса алмазов; для пород средней твердости и твердых, малой абразивности. С плоским торцом матрицы изготавливают обычно только импрегнированные коронки. Это объясняется тем, что повышенный износ периферических кромок матрицы в таких коронках не выводит их из строя преждевременно. Напротив, некоторое увеличение высоты матрицы, достигаемое при плоском ее торце, в определенной мере способствует сохранению рабочего диаметра коронки в процессе бурения. Плоский торец имеют, например, импрегнированные отечественные коронки типа 02И5.
2	Усеченная полусфера	Закругленная режущая часть обуславливает лучшее использование коронки по наружному и внутреннему диаметрам; большая масса алмазов, чем в форме 1. Эта форма получила большее распространение в алмазных коронках для бурения с одинарной колонковой трубой. Радиус закругления торца матрицы всегда больше половины толщины ее стенки. Отечественные коронки типа 01А3, 01М3, 01А4 и 01М4 имеют именно такой профиль торца
3	Полусфера	Торец матрицы характеризуется тем, что радиус его закругления равен половине толщины матрицы. Полностью закругленная режущая часть позволяет лучше использовать наружные поверхности, т. е. такой профиль дает возможность разместить на рабочем торце матрицы большее количество алмазов и укрепить ее периферические части, которые подвержены усиленному износу, особенно при бурении трещиноватых, весьма твердых и часто перемежающихся абразивных горных пород. Радиус закругления, практически равный половине толщины стенки матрицы, имеют коронки, выпускающиеся нашей промышленностью под марками 04А3, 05А3, 06А3 и др.
4	Прямой полукупол (наружный конус)	Несимметричная форма режущей кромки. Такие профили торца матриц обычно используются для толстостенных коронок, применяемых с двойными колонковыми трубами. Форма прямого полукупола позволяет увеличить выход керна при бурении мягких, легко разрушающихся горных пород и уменьшить искривление скважины. Скорость бурения несколько выше, чем у формы 2
5	Пилот	Коронка хорошо сохраняет направление скважины при вертикальном бурении; скорость бурения несколько выше, чем у формы 2; для среднетвердых пород
6	Специальный пилот	То же, что и форма 5; для среднетвердых и твердых пород

Продолжение табл. 14

Номер кон- структивной формы на рис. 5	Тип формы торца	Краткая характеристика
7	Двухступенчатая форма	Применяется для коронок с широким торцом матрицы, используемых с двойными колонковыми трубами; режущая кромка более ослаблена, чем в формах 1—6; для мягких и среднетвердых пород
8	Многоступенчатая форма	Наиболее распространенная (стандартная) форма для коронок, применяемых в снаряде со съемным керноприемником. Высокая скорость бурения; хорошо сохраняет направление скважины. Для мягких, среднетвердых и твердых пород; для очень твердых пород матрица такой формы слаба
9	Двойной конус	Форма пригодна только для коронок с широким торцом матрицы; обеспечивает большую скорость бурения и лучше сохраняет направление скважины, чем форма 3; пригодна для твердых пород
10	Обратный полукупол (большой внутренний конус)	Пригодна для коронок с широким торцом матрицы (для двойных колонковых труб). Применяется в тех случаях, когда высокая абразивность и раздробленность разбуриваемых пород влечет за собой быстрый, преждевременный износ периферической алмазы по внутреннему диаметру короночной матрицы. Коронки с подобным профилем торца матрицы выпускаются для двойных колонковых труб типа ТДН-4 конструкции ВИТР. Используется также при бурении конгломератных пород

чается в том, что при такой их форме уменьшаются завихрения в потоке проходящей через них промывочной жидкости, вследствие чего заметно снижается аномальный износ в передней части секторов матрицы, который имеет место при бурении сильноабразивных пород. Однако выпуск коронок с косыми промывочными окнами ограничивается возможностями технологии изготовления.

Другим важным элементом промывочной системы коронки является совокупность каналов, образующихся при соприкосновении алмазов коронки с забоем скважины. При этом главное значение имеет величина выступания алмазов из тела матрицы. Наиболее

эффективной будет очистка забоя при использовании коронок, у которых алмазы выступают из матрицы настолько, что при бурении обеспечивается свободный проход шлама между матрицей и забоем, несмотря на внедрение алмазов в породу. В импрегнированных и многослойных коронках, а также в некоторых конструкциях однослойных это условие обеспечивается за счет обнажения алмазов в результате преимущественного износа материала матрицы. Первоначальное обнажение алмазов в таких коронках достигается путем их заточки на абразиве после изготовления. Однако этот способ не может гарантировать получения достаточного и определенного по величине

выпуска торцевых алмазов. Наилучшие результаты дает изготовление коронок по специальной технологии, обеспечивающей определенный, заранее заданный выпуск алмазов из матрицы.

Третьей составной частью промышленной системы коронки является зазор между стенкой скважины и наружной поверхностью корпуса коронки, а также зазор между керном и внутренней поверхностью корпуса.

В качестве примера коронок с различным устройством промышленной системы рассмотрим отечественные коронки типа 01АЗ, 04АЗ, 06АЗ и алмазные коронки к двойной колонковой трубе ТДН-4-76.

Коронки типа 01АЗ-76 имеют шесть промывочных окон, каждое сечением 8×5 мм. Выступание алмазов из тела матрицы в коронках этого типа минимальное, оно образуется только за счет износа матрицы во время бурения. Кольцевые зазоры для прохода промывочной жидкости через коронку получаются в результате расточки стального корпуса по наружному и внутреннему диаметру на 1,5 мм меньше диаметра матрицы.

Промывочная система коронок типа 04АЗ-76 отличается тем, что каждое из шести промывочных окон имеет сечение 6×3,5 мм; торцевые алмазы выступают из матрицы с заранее заданным выпуском, равным 0,3 мм, подрезные алмазы по боковым поверхностям коронки расположены в ребристых выступах матрицы.

Коронка 06АЗ-76 имеет 14 косых промывочных окон сечением 6×5 мм каждое, торцевые алмазы выступают из матрицы на 0,5 мм.

В алмазной коронке для двойной колонковой трубы четвертого типа промывочная жидкость поступает непосредственно под торец матрицы через специальные сверления, соединяющие внутреннюю полость коронки с промывочными окнами.

Таблица 15

Рациональный выпуск торцевых алмазов из матрицы

Зернистость алмазов, шт./карат	Величина выпуска алмазов из матрицы, мм
5—2	0,5—0,6
10—5	0,4—0,5
20—10	0,3—0,4
30—20	0,25—0,3
40—30	0,2—0,3
60—40	0,2—0,25
90—60	0,15—0,2

Различия в конструкции промышленной системы алмазных коронок существенным образом определяют их специализированное назначение.

Для правильного выбора величины выступания алмазов над торцом должны соблюдаться следующие условия: 1) обеспечение прохода шлама под торцом коронки; 2) выступающие части хрупких по своей природе алмазов не должны скалываться при бурении; 3) алмазы должны надежно удерживаться в материале матрицы, т. е. не выпадать из нее. На основе практического опыта ВИТР установлены величины рационального выпуска торцевых алмазов из матрицы в зависимости от их зернистости (табл. 15). Величина выпуска подрезных алмазов из матрицы обычно равна 0,1—0,2 мм. В настоящее время с выпуском алмазов изготавливаются коронки типов 04АЗ, 05АЗ, 06АЗ, 07АК и др.

МАТРИЦА АЛМАЗНОЙ КОРОНКИ

Матрица служит для закрепления алмазов в коронке. От свойств матрицы в большей степени зависит работоспособность коронки в целом. К матрицам предъявляют целый ряд требований:

1) матрица должна надежно удерживать алмазы во время работы коронки;

2) прочность матрицы должна быть достаточно высокой и обеспе-

чивать надежность (исключать поломки) в форсированных режимах эксплуатации коронки;

3) износостойкость матрицы должна соответствовать абразивности разбуриваемой породы.

Практика алмазного бурения показывает, что нельзя создать одну универсальную матрицу, обеспечивающую высокие результаты бурения в породах с резко различными физико-механическими свойствами.

При нормальной работе коронки матрица должна изнашиваться несколько быстрее алмазов. Если матрица перестанет изнашиваться или будет изнашиваться слишком медленно, то бурение резко замедлится или даже прекратится после незначительного по величине износа алмазов. Если износ матрицы произойдет слишком быстро, то алмазы обнажатся и выпадут из матрицы, не успев сработаться.

Поскольку разные горные породы обладают различной способностью изнашивать короночную матрицу, нормальная работа коронки будет обеспечена только при правильно подобранной матрице. В то же время ввиду многообразия горных пород невозможно для каждой из них иметь специальную матрицу. Поэтому специализированные матрицы коронок разработаны применительно к группам пород, близких по свойствам изнашивания матрицы.

Износостойкость матрицы определяется на специальных испытательных машинах и характеризуется величиной потери массы при абразивном износе испытуемого образца за единицу времени. Ориентировочное представление об износостойкости различных матриц дает значение их линейного износа по высоте при бурении одной и той же породы.

Твердость матрицы, обычно выражаемая в единицах Роквелла по шкале «С», не является показателем, идентичным величине износо-

стойкости данной матрицы. Коронки с одной и той же твердостью матрицы могут иметь различную износостойкость, если они изготовлены из различного материала. Кроме того, твердость весьма неоднородных по своему составу металлокерамических матриц вообще не может быть выражена однозначно. Однако вследствие того, что замерить твердость проще, чем износостойкость, в настоящее время принято для сугубо ориентировочной оценки износостойкости матрицы указывать ее твердость. Эта величина представляет собой среднее арифметическое число, полученное по 8—10 замерам в каждом секторе матрицы.

В настоящее время в СССР серийно изготавливаются коронки с матрицами трех типов: нормальной (HRC=20÷25), твердой (HRC=30÷40) и очень твердой (HRC=50÷60). В опытном порядке используются также очень мягкая (HRC=10÷15) и мягкая (HRC=15÷20) матрицы.

РАЗМЕЩЕНИЕ АЛМАЗОВ В МАТРИЦЕ

Количество алмазов, заложенных в коронку, и их распределение в матрице существенно влияют на работоспособность инструмента. Наряду со свойствами материала матрицы и величиной зернистости алмазов эти факторы определяют специализированное назначение коронки.

Основными параметрами, которые характеризуют вооруженность коронок алмазами, являются содержание алмазов в коронке, насыщенность ими торца матрицы, схема их раскладки.

1. Содержание алмазов в коронке определяется общей массой (в каратах) всех алмазов, заложенных в матрицу.

2. Насыщенность торца матрицы алмазами характеризуется числом

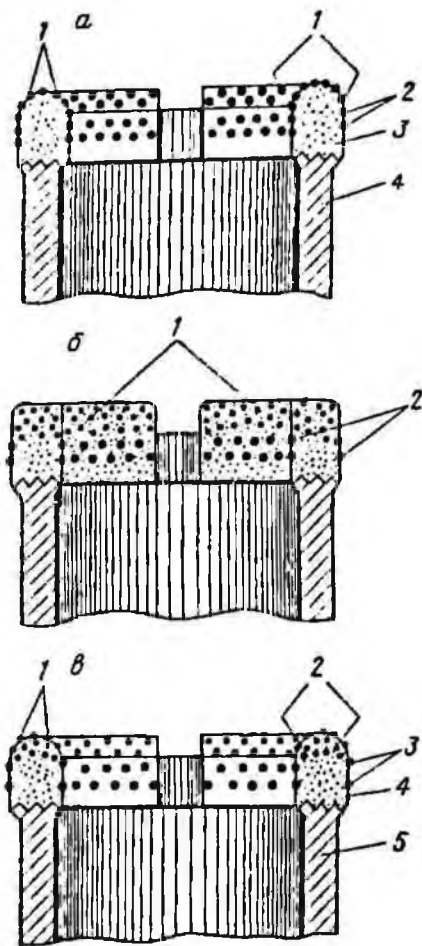


Рис. 6. Схемы устройства алмазных коронок.

а — однослойная: 1 — объемные алмазы, 2 — подрезные алмазы, 3 — матрица, 4 — корпус; б — импрегнированная: 1 — матрица, насыщенная мелкими алмазами, 2 — подрезные алмазы; в — многослойная: 1 — объемные алмазы первого слоя, 2 — объемные алмазы последующих слоев, 3 — подрезные алмазы, 4 — матрица, 5 — корпус.

алмазов, расположенных на единице площади торца (шт./см²), или массой алмазов в единице объема алмазосодержащего слоя матрицы (карат/см³).

В зависимости от размещения и крупности алмазов в матрице различают три основных типа алмазных буровых коронок: 1) однослойные, 2) импрегнированные, 3) многослойные.

Схемы устройства коронок и размещения алмазов в них показаны на рис. 6. В однослойных коронках (рис. 6, а) алмазы по торцу матри-

цы располагаются по определенной, геометрически правильной схеме. Кроме торцевых алмазов, выполняющих основную работу по разрушению породы на забое, матрица армируется 2—3 слоями так называемых подрезных. Подрезные алмазы во всех типах коронок предохраняют их от быстрого износа по наружному и внутреннему диаметрам. Однослойные коронки имеют наибольшее число разновидностей типов и марок.

В импрегнированных коронках (рис. 6, б) в качестве основных рабочих камней используются алмазы мелких фракций или алмазы, полученные после дробления более крупных фракций. Зернистость применяемых алмазов обычно составляет 400—150 шт./карат и мельче (до 1200—600 шт./карат). Мелкие алмазы равномерно распределены в импрегнированных коронках по всему объему рабочего слоя матрицы и называются объемными. Работа импрегнированных коронок основывается на принципе самозатачиваемости. Импрегнированные коронки снабжаются более крупными подрезными алмазами.

Многослойные (трехслойные) коронки (рис. 6, в) являются переходным вариантом между однослойными и импрегнированными. Для них используются сравнительно мелкие алмазы зернистостью от 90—60 до 120—90 шт./карат. Если при изготовлении импрегнированных коронок объемные алмазы механически перемешиваются с порошковой шихтой матрицы, то при изготовлении многослойных коронок алмазы в каждом из трех слоев раскладываются в пресс-форме по определенной схеме аналогично однослойным коронкам. Однако за счет того, что в итоге алмазы оказываются распределенными в некотором объеме матрицы, а не только по ее поверхности, многослойную коронку, по существу, следует рассматривать как импрегнированную

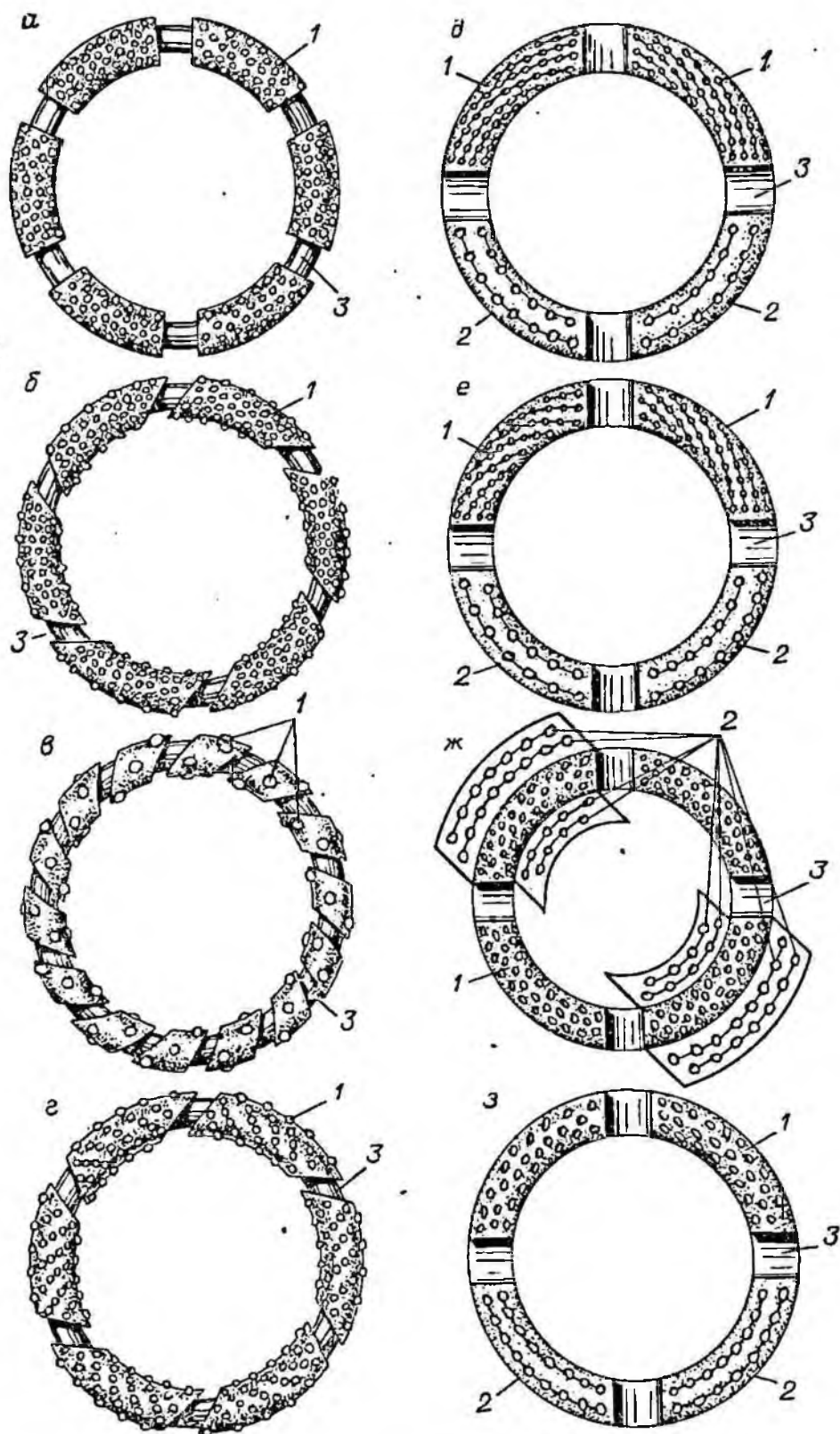


Рис. 7. Схемы раскладки алмазов в алмазных коронках.

Однослойные: а — 01А3 и 01А4; б — 05А3; в — 06А3; г — 04А3.
 Многослойные: д — 01М3 и 01М4, алмазы 90—60 шт./карат; е — то же, 120—90 шт./карат. Импрегнированные (алмазы 400—150 шт./карат): ж — 03И5; з — 02И3 и 02И4. 1 — объемные алмазы; 2 — подрезные алмазы; 3 — корпус.

с упорядоченной раскладкой объемных алмазов. Расположение торцевых алмазов несколькими слоями в определенном порядке обеспечивает по мере износа алмазов первого слоя выход зерен второго слоя и т. д. Такое расположение алмазов при правильно подобранной матрице, соответствующей абразивным свойствам породы, приводит к самозатачиваемости многослойной коронки в процессе бурения.

Многослойные коронки предназначены для бурения в горных породах IX—XI категории по буримости. Применение их в более мягких малоабразивных породах нерационально, так как матрица, армированная мелкими алмазами с меньшим их выпуском, или не изнашивается, или быстро замазывается породным шламом, вследствие чего скорость бурения такой коронкой резко падает.

По внутренней и наружной боковым поверхностям матрицы многослойные коронки армируются подрезными алмазами более крупных размеров, чем объемные. Как правило, эти алмазы крупностью 40—30 или 60—40 шт./карат.

3. Схема раскладки торцевых алмазов в однослойных коронках или объемных алмазов в многослойных коронках выбирается в зависимости от зернистости используемых алмазов, конфигурации промывочных окон, выбранной насыщенности и т. д. В целом выбор той или иной схемы раскладки алмазов опреде-

ляется физико-механическими свойствами горных пород, для бурения которых предназначается данная коронка. На рис. 7 приведены некоторые из схем раскладки алмазов в алмазных коронках.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛМАЗНЫХ КОРОНОК

Алмазные коронки, предназначенные для вращательного бурения геологоразведочных скважин кольцевым забоем с отбором керна и бескернового бурения, и алмазные буровые расширители, применяемые для предотвращения уменьшения диаметра скважины в процессе бурения, изготавливаются в соответствии с ТУ 2—037—79—72.

Тип алмазной коронки определяется номером конструкции, индексом, указывающим расположение слоев, и индексом износостойкости (твердости) матрицы. Типоразмеры, назначение коронок и области их рационального применения приведены в табл. 16. Общий вид наиболее типичных и характерных серийных и опытных алмазных коронок показан на рис. 8.

Сочетание объемных и подрезных алмазов по зернистости и качеству в различных типоразмерах коронок приведены в ТУ 2—037—79—72. Для обозначения типов и марок алмазных коронок принята система специальной индексации (табл. 17).

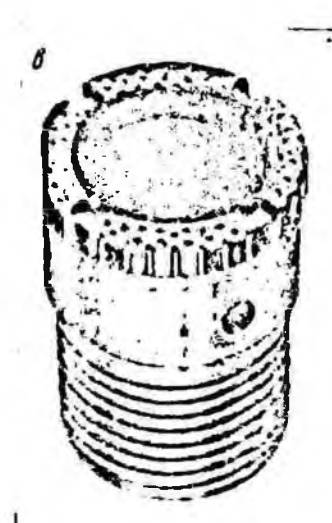
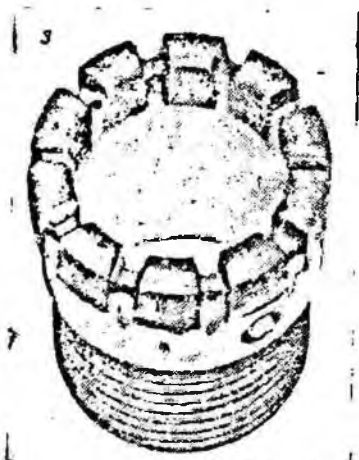
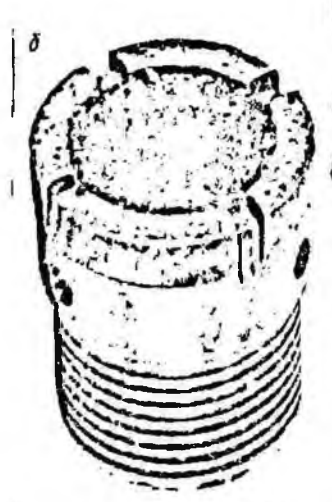
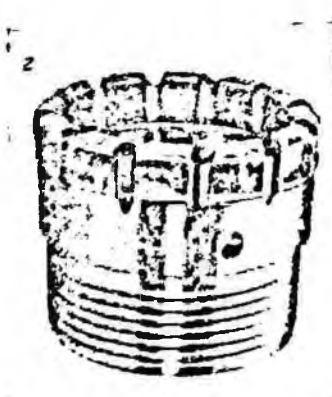
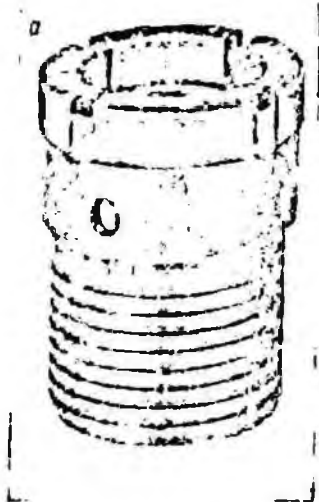
Таблица 16

Классификация серийных алмазных коронок и долот по назначению и областям применения (рис. 8, 9, 16)

Тип, диаметр, мм	Назначение	Краткая характеристика горных пород	Категория пород по буримости
01А3, 36—112	Керновое бурение одинарной колонковой трубой или двойной колонковой первого типа (Ø 59—76)	Малоабразивные, мелкозернистые, плотные монокристаллические	VIII—IX

Продолжение табл. 16

Тип, диаметр, мм	Назначение	Краткая характеристика горных пород	Категория пород по буримости
01МЗ, 36—93		Малоабразивные, тонко- и мелкозернистые, плотные монолитные, окварцованные	IX—XI
01А4, 36—112		Абразивные, среднезернистые, трещиноватые	VIII—IX
01М4, 36—93		Абразивные, среднезернистые, плотные	IX—XI
02ИЗ, 36—93		Малоабразивные, очень твердые, монолитные, от тонкозернистых до скрытокристаллических	X—XII
02И4, 36—93		Абразивные, мелко- и среднезернистые, очень твердые, плотные, трещиноватые	XI—XII
03И5, 36—93		Высокоабразивные, среднезернистые, очень твердые, плотные сильнотрещиноватые	XI—XII
04АЗ, 59—93		Малоабразивные, мелко- и среднезернистые, монолитные	VII—IX
05АЗ, 59—93		Малоабразивные, мелкозернистые, плотные монолитные	IX—X
06АЗ, 76—93		Малоабразивные, средней твердости, глинистого типа	VI—VII
07АЗ, 59—76		Малоабразивные, мелко- и среднезернистые, монолитные	VII—X
08ИЗ, 46	Бескernовое бурение; направленное и многозабойное бурение с отклоняющимися снарядами	Мало- и среднеабразивные, монолитные и трещиноватые	IX—XI
08АЗ, 46; 09АЗ, 59 10АЗ, 59—76	Кernовое бурение с двойными колонковыми трубами второго типа	Мало- и среднеабразивные, монолитные Малоабразивные, мелкозернистые, плотные трещиноватые	VIII—X VIII—IX
11ИЗ, 59—76		Малоабразивные, тонкозернистые и скрытокристаллические, плотные трещиноватые	X—XII
12АЗ, 59—76	Направленное бурение со снарядом с шарнирной компоновкой	Малоабразивные	VIII—IX
13ИЗ, 59—76 14АЗ, 59—93	Кernовое бурение с одинарной колонковой трубой	Абразивные Трещиноватые	IX—XI VIII—X
15АЗ, 59—112		Монолитные, перемежающиеся по твердости породы угольных месторождений	VI—VIII
16АЗ, 76—112		Монолитные глинистые породы угольных месторождений (сланцы, алевролиты, аргиллиты)	V—VI



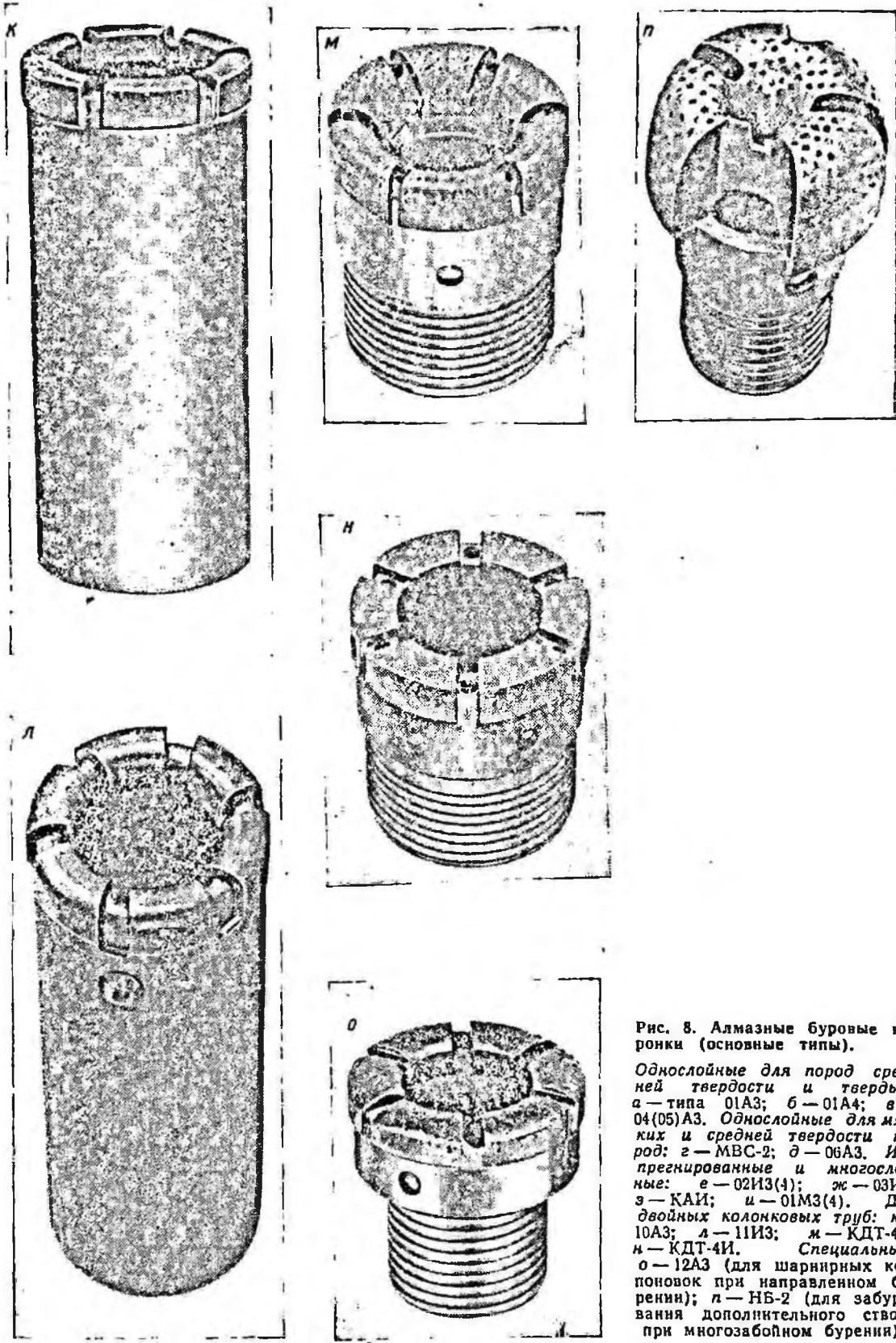


Рис. 8. Алмазные буровые коронки (основные типы).

Однослойные для пород средней твердости и твердых: а — типа 01А3; б — 01А4; в — 04(05)А3. Однослойные для мягких и средней твердости пород: г — МВС-2; д — 06А3. Импрегнированные и многослойные: е — 02ИЗ(4); ж — 03И5; з — КАИ; и — 01МЗ(4). Для двойных колонковых труб: к — 10А3; л — 11ИЗ; м — КДТ-4А; н — КДТ-4И. Специальные: о — 12А3 (для шарнирных компоновок при направленном бурении); п — НБ-2 (для забуривания дополнительного ствола при многозабойном бурении).

Таблица 17

Индексация алмазных коронок

Индекс (его место в маркировке)	Расшифровка индексов
01, 02, 03 и т. д. до 99 (первые две цифры)	Порядковый номер конструкции коронок (номер присваивается базовым отделом по стандартизации алмазного инструмента)
А, М, И (после первых цифр)	Расположение алмазов в коронке: А — однослойные, М — многослойные, И — импрегнированные коронки
3, 4, 5 (после буквы)	Износостойкость и твердость матрицы: 3 — нормальная матрица HRC=20÷25, 4 — твердая матрица HRC=30÷40, 5 — очень твердая матрица HRC=50÷60
Б, В, Г, У, И, Т, Е, К, Л, Д, Ш, Х, Ц, П, Р (после цифры, обозначающей твердость матрицы)	Сорт объемных алмазов (по ТУ 47—2—73): Б — алмазы XV группы, подгруппы «а», 1-го качества; В — алмазы XV группы, подгруппы «а», 2-го качества; Г — алмазы XV группы, подгруппы «а», 3-го качества; У — алмазы XV группы, подгруппы «б», 1-го качества; И — алмазы XV группы, подгруппы «б», 2-го качества; Т — алмазы XV группы, подгруппы «в»; Е — алмазы XXXIV группы, подгруппы «а»; К — алмазы XXXIV группы, подгруппы «б»; Л — алмазы XXXIV группы, подгруппы «в»; Д — алмазы XXXV группы; Ц — алмазы XVI группы, подгруппы «а», 1-го качества; Х — алмазы XVI группы, подгруппы «а», 2-го качества; Ш — алмазы XVI группы, подгруппы «а», 3-го качества; П — алмазы, подвергнутые полировке; Р — алмазы рекуперированные
2, 5, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60 и т. д. (после букв, обозначающих сорт объемных алмазов)	Минимальное число зерен алмазов в данной фракции (шт./карат) для объемных алмазов
Б, В, К, Ц, Х, П (после цифр, обозначающих зернистость объемных алмазов)	Сорт подрезных алмазов (по ТУ 47—2—73). Расшифровка та же, что и для объемных алмазов (см. выше)
2, 5, 10, 20, 30 (после букв, обозначающих сорт подрезных алмазов)	Минимальное число зерен алмазов в данной фракции (шт./карат) для подрезных алмазов

№ — заводской (паспортный) номер коронки.

АИ — шифр Кабардино-Балкарского завода алмазных инструментов.

1—4 — цифры, указывающие квартал года, в котором выпущена коронка.

Пример маркировки коронки 01А3-Д20-К20 № 71173 АИ3: 01 — первая конструкция коронки; А — однослойная коронка; 3 — матрица твердостью HRC=20—25; Д — объемные дробленые алмазы XXXV группы; 20 — зернистость объемных алмазов 30—20 шт./карат; К — подрезные овализованные алмазы XXXIV группы; 20 — зернистость подрезных алмазов 30—20 шт./карат; № 71173 — заводской (паспортный) номер коронки; АИ — Кабардино-Балкарский завод алмазных инструментов; 3 — коронка выпущена в III квартале года.

§ 3. АЛМАЗНЫЕ ДОЛОТА

Алмазные долота 08АЗ, 09АЗ и 08ИЗ (рис. 9), разработанные ЦНИГРИ, состоят из стального корпуса 1 с резьбой для соединения с колонковой трубой и алмазосодержащей матрицы 2, которая приваривается к корпусу в процессе пропитки. В центральной части долота имеется отверстие 5 диаметром 12 мм, армированное подрезными алмазами, обеспечивающими обработку керна. С обеих сторон от центрального отверстия имеются два промывочных отверстия 4 диаметром 6 мм, соединенных с промывочными каналами 3.

Матрица долот отпрессовывается из твердосплавного порошка ВК-8

(давление 600 кгс/см²) и пропитывается медью в электронагревательной муфельной печи с защитной водородной средой. Однослойные долота 08АЗ и 09АЗ прессуют в графитовых пресс-формах, которые изготавливают методом отпрессовки из графитового порошка. В качестве связки используют смолу Ф-10. Этот метод позволяет получать алмазный буровой инструмент со сложной формой рабочей поверхности, с заданным выпуском алмазов из тела матрицы и готовой системой промывочных каналов. Данная технология внедрена на Кабардино-Балкарском заводе алмазных инструментов (КБЗАИ) и обеспечивает получение инстру-

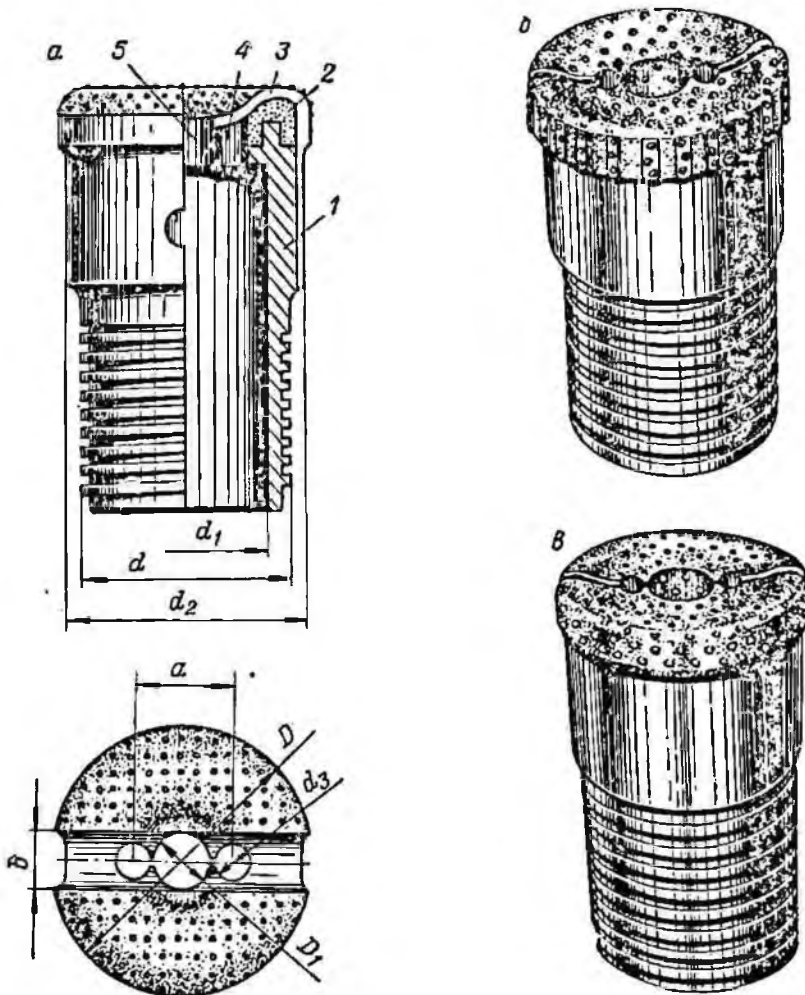


Рис. 9. Алмазные долота.

a — конструкция; *б* — общий вид однослойного; *в* — то же, импрегнированного.

мента сложной формы без дефектов в матричном слое.

Матрицы импрегнированных долот 08ИЗ прессуют в металлических пресс-формах, обеспечивающих получение системы промывочных каналов без дополнительной механи-

ческой обработки. В остальном технология изготовления алмазных долот не отличается от технологии, применяемой при изготовлении серийных коронок.

Техническая характеристика долот приведена в табл. 18 и 19.

Таблица 18

Основные размеры (мм) алмазных долот (рис. 9, а)

Тип долота	D (+0,2 -0,1)	D_1 (20,1)	d (резьба по ГОСТ 6238-52)	d_1	d_2	d_3	a (+0,5)	b	Масса, кг
08АЗ	46	11,5	39	30	44	7	17	7	0,5
08ИЗ	46	11,5	39	30	44	7	17	7	0,5
09АЗ	59	10,0	52	44	57	7	—	—	0,7

Таблица 19

Армирование алмазных долот

Типоразмер	Сорт алмазов (см. табл. 17)		Зернистость алмазов		Пределы изменения содержания алмазов, карат
	объемных	подрезных	объемных	подрезных	
08АЗ-46	Б (В, Г, Д)	Б (В, К)	30—20	30—20	8,3—12,0
08ИЗ-46	Д (Т, В)	Б (В, К)	400—120	40—30	17,0—20,0
09АЗ-59	Б (В, Г, Д)	Б (В, К)	30—20	30—20	14,0—26,2

Рациональной областью применения однослойных алмазных долот 08АЗ и 09АЗ являются плотные и слаботрещинчатые горные породы малой и средней абразивности VIII—IX категории по буримости; рекомендуемые параметры режима бурения: частота вращения 400—500 об./мин, осевая нагрузка 800—1000 кгс, расход промывочной жидкости 25—35 л/мин.

Импрегированные алмазные долота 09ИЗ наиболее целесообразно использовать при бурении в трещиноватых малой и средней абразивности горных породах IX—XI категории по буримости; рациональные параметры режима бурения: частота вращения 500—700 об./мин, осевая нагрузка 1000—1200 кгс, расход промывочной жидкости 20—30 л/мин.

Проходка за рейс при использовании алмазных долот возрастает

в различных условиях в 1,7—3,8 раза по сравнению с кольцевыми алмазными коронками. Сменная производительность при бурении скважин алмазными долотами несколько выше, чем при бурении кольцевыми коронками. С увеличением глубины скважин эффективность бурения алмазными долотами возрастает. Так, в Комсомольской экспедиции при бурении скважины долотами на глубине 250—350 м сменная производительность была в 2 раза выше, чем при бурении кольцевыми коронками. Алмазные долота могут также успешно применяться при направленном и многозабойном бурении при отклонении ствола скважины от стационарных и съемных клиньев.

По данным Дальневосточного территориального геологического управления (ДВТГУ) алмазные долота ЦНИГРИ типа 09АЗ-59 в пе-

риод производственных испытаний, хотя и уступали штыревым по механической скорости бурения, обеспечили более низкую стоимость истирающих материалов на 1 м бурения; кроме того, алмазные долота дают возможность получать карандашный керн, что расширяет диапазон их применения и позволяет частично использовать бескерновое бурение при предварительной разведке и поисках.

§ 4. АЛМАЗНЫЕ РАСШИРИТЕЛИ

Алмазные калибровочные расширители используются совместно с алмазными буровыми коронками и служат для предотвращения уменьшения диаметра скважины в процессе бурения. Необходимость в калибровочных расширителях объясняется тем, что буровую коронку невыгодно армировать большим числом подрезных алмазов, изнашивающихся значительно медленнее торцевых.

С одним калибровочным расширителем можно отработать несколько алмазных коронок, при этом диаметр скважины сохраняется в допустимых пределах. Выполняя роль стабилизатора, расширитель одновременно способствует увеличению износостойкости используемых совместно с ним коронок и колонковых труб.

Исследования показали, что при правильном применении расширителей:

- увеличивается стойкость алмазных коронок и, следовательно, снижается расход алмазов (в среднем в 1,5—2,0 раза), что объясняется меньшим износом по наружному диаметру коронок и стабилизацией их; увеличение срока службы коронок дает экономию в алмазах, перекрывающую их расход в расширителях;

- стабилизируется работа бурового снаряда, что позволяет поддерживать высокопроизводительные режимы;

- сокращается до минимума объем работ и время по расширению зауженных интервалов скважин, в результате чего увеличивается время чистого бурения;

- предупреждаются аварии, специфические для бурения без расширителей (заклинивание и повреждение коронки в зауженной части скважины).

На рис. 10, а показано распределение алмазных коронок по работоспособности для условий их эксплуатации в комплекте с расширителем и без него. Кривая 1, характеризующая работу с расширителями, имеет максимальные значения в интервале 15—40 м, т. е. в границах нормального расхода алмазов при бурении пород соответственно XI—VIII категории. Кривая 2, отражающая работу коронок без расширителей, в указанном интервале имеет минимальные значения.

Кумулятивные кривые работоспособности коронок (рис. 10, б) иллюстрируют работу (заштрихованная площадь под кривыми) двух

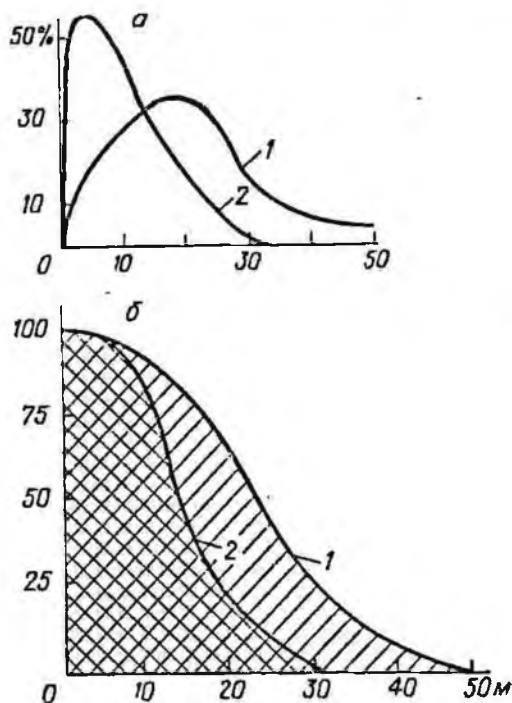


Рис. 10. Влияние калибровочных расширителей на работоспособность алмазных коронок.

равных по количеству групп алмазных коронок: общая работа группы коронок с расширителями (1) существенно больше работы коронок без расширителей (2).

Конструктивно алмазный расширитель представляет собой трубчатый стальной корпус, боковая поверхность которого армируется алмазами. Оба конца корпуса расширителя снабжаются резьбами, служащими для присоединения коронки и колонковой трубы.

Наибольшее распространение получили расширители «полосчатого» («штабикового») типа. Расширители этого типа достаточно универсальны в работе, просты в изготовлении и эксплуатации.

Серийно выпускаются калибровочные «полосчатые» расширители конструкции ВИТР типа РМВ-1 и РМВ-2 (рис. 11).

Расширители РМВ-1 (рис. 11, I) предназначены для калибровки ствола скважины в процессе бурения алмазными коронками мало- и среднеабразивных горных пород VIII—XII категории по буримости; расширители РМВ-2 (рис. 11, II) — для калибровки ствола скважины в процессе бурения алмазными коронками абразивных трещиноватых горных пород VIII—XII категории по буримости. Работоспособность расширителей РМВ-2 в абразивных трещиноватых породах значительно выше, чем РМВ-1: стойкость расширителей РМВ-2 при бурении таких пород в 1,5—2,0 раза превышает стойкость расширителей РМВ-1. Расширители РМВ-1 выпускаются в ограниченном количестве.

Конструкция расширителей типа РМВ показана на рис. 11, б. В стальном корпусе I, снабженном резьбами для присоединения коронки и колонковой трубы, имеются пазы, в которые впаяны твердосплавные штабик 4 со вставленными в них алмазами. Между штабиками по стали корпуса выфрезе-

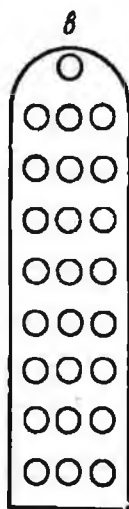
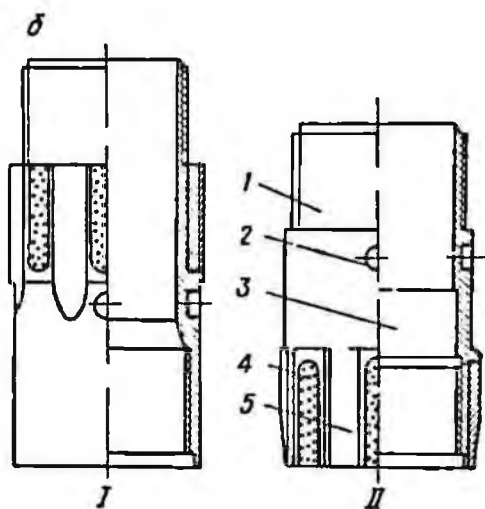
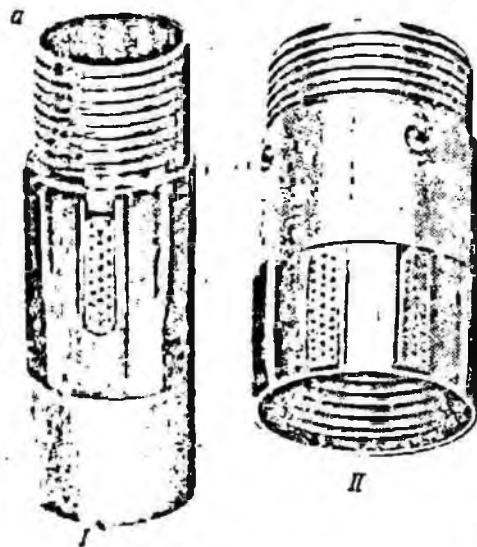


Рис. 11. Алмазные калибровочные расширители РМВ-1 (I) и РМВ-2 (II).

а — общий вид; б — конструкция; в — схема раскладки алмазов в штабиках.

рованы пазы 5, служащие для прохода промывочной жидкости. На цилиндрической части корпуса имеется несколько отверстий 2 под ключ при свинчивании расширителя с колонковой трубой. Диаметр расширителей по поверхности алмазов двух противоположных штабиков делается несколько большим (как правило, на 0,4 мм) в сравнении с номинальным диаметром соответствующей коронки.

Расширители РМВ-2 отличаются от РМВ-1 тем, что:

— алмазосодержащие штабики РМВ-2 имеют конический заход, предупреждающий их ступенчатый износ при бурении. Разница в диаметрах расширителя по штабикам в верхней и нижней их частях составляет 0,8—0,9 мм (у РМВ-1 поверхность штабиков параллельна поверхности корпуса расширителя);

— штабики РМВ-2 максимально приближены к забою скважины, так как смещены к нижнему концу корпуса расширителя, что уменьшает длину непрокалиброванного участка ствола скважины;

— внутри стального корпуса РМВ-2 предусмотрена коническая проточка 3 для размещения рвательного кольца.

Твердость матрицы штабиков расширителей РМВ $HRC=20 \div 25$. Штабики армируются алмазами XV группы или овализованными XXII группы крупностью 30—20 шт./карат (реже 20—10). В зависимости от диаметра расширителя имеют разное количество штабиков (от 4 до 10). Количество алмазов, закладываемых в один штабик, зависит от их крупности и составляет при зернистости алмазов 30—20 шт./карат 1,25 карата, при 20—10 — 2,0. Схема раскладки алмазов в штабике расширителя показана на рис. 11, в.

Специальные алмазные калибровочные расширители типа РМВ с увеличенным против стандартных расширителей наружным диамет-

ром выпускают в двух вариантах (РМВ-2-80 и РМВ-2-97) и используют при бурении осадочных пород средней твердости с промывкой скважин высоковязкими глинистыми растворами. Корпус расширителей выполнен по типу РМВ-2. Внутри корпуса имеется проточка под рвательное кольцо. Штабики расширителей армированы дроблеными алмазами крупностью 20—10 шт./карат; твердость матрицы штабика $HRC=20 \div 25$.

Расширители типа РДТ-1 и РДТ-2 диаметром 59 и 76 мм разработаны для двойных колонковых труб типа ТДН-1 и ТДН-2 конструкции ВИТР (рис. 12). Основным отличием таких расширителей является большая длина корпуса. Техническая характеристика расширителей типа РМВ и РДТ приведена в табл. 20.

При бурении глубоких скважин одним из возможных видов работ является расширение ствола скважины на смежный больший диаметр. Для выполнения этой операции разработаны конусные расширители (рис. 13, а), которые могут быть также использованы для исправления зауженной скважины. Конические расширители отличаются наличием длинного полого конуса, армированного большим количеством алмазов (конический расширитель типа РМВК диаметром 76/93 мм содержит около 80 карат алмазов зернистостью 10—5 шт./карат). Расширитель РМВК-76/93 выпускается в виде опытных образцов.

Другим устройством для расширения скважин являются опытные расширители, основанные на принципе одновременной работы двух коронок смежных диаметров (рис. 13, б, в). В таких расширителях каждая коронка может быть сменной деталью, что улучшает обработку алмазного инструмента в целом.

Применение расширителей разных типов эффективно только при использовании их по прямому назначению (калибровка ствола или

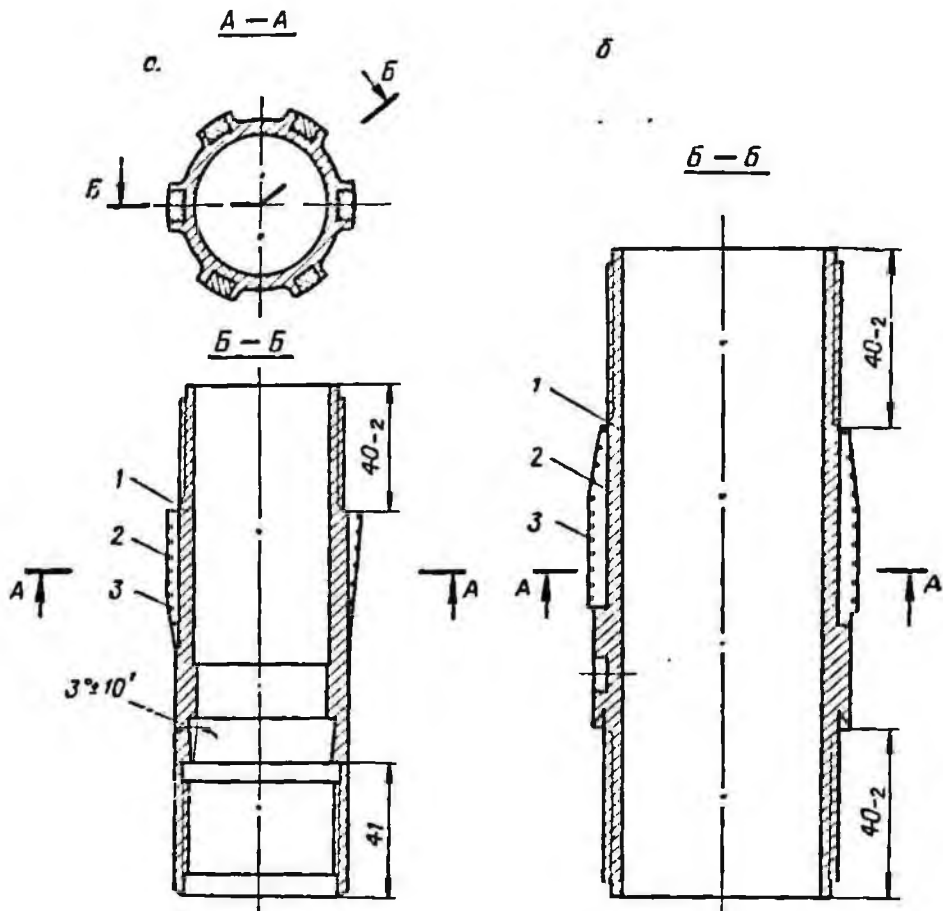


Рис. 12. Алмазные расширители РДТ-1 (а) и РДТ-2 (б) для двойных колонковых труб.

1 — корпус; 2 — штабики; 3 — алмазы.

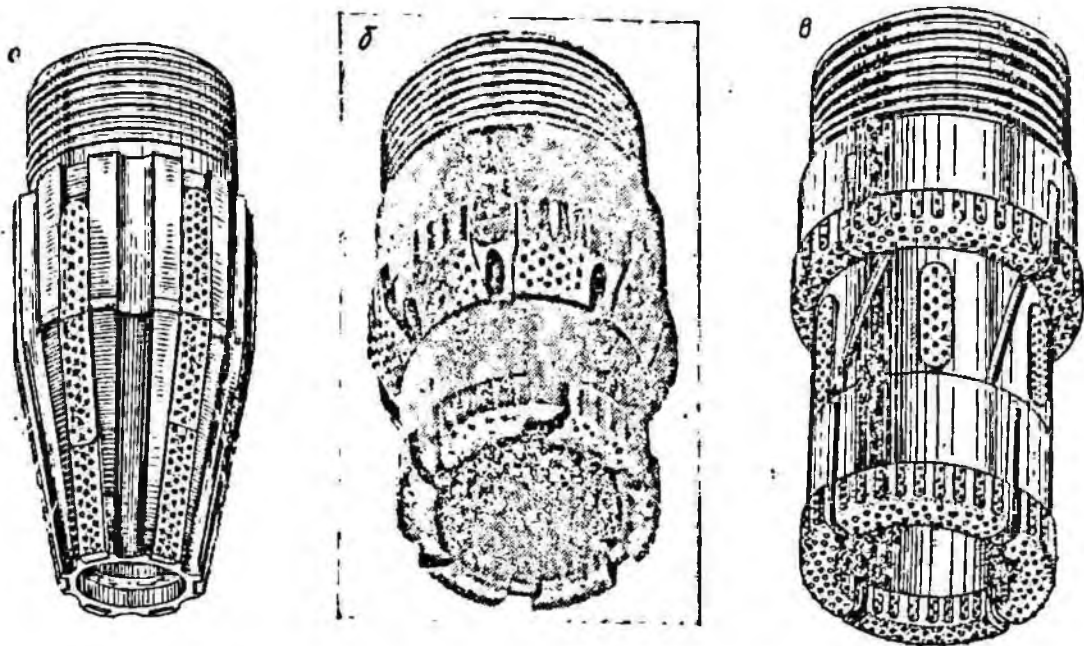


Рис. 13. Опытные алмазные расширители для расширения ствола скважины (по А. Л. Николасу). а — конусные; б, в — комбинированные (сменные).

Таблица 20

Техническая характеристика алмазных расширителей

Типоразмер	Диаметр по штабикам, мм	Количество штабиков, шт.	Масса алмазов, карат	
			в штабике	в расширителе
РМВ-1-36	33,4 ^{+0,3} _{-0,1}	4	1,25	5,0
РМВ-1-46	46,4 ^{+0,3} _{-0,1}	4	1,25	5,0
РМВ-1-59	59,4 ^{+0,3} _{-0,1}	6	1,33	8,0
РМВ-1-76	76,4 ^{+0,3} _{-0,1}	8	1,25	10,0
РМВ-1-93	93,4 ^{+0,3} _{-0,1}	10	1,25	12,5
РМВ-2-36	36,4 ^{+0,1} _{-0,2}	4	1,25	5,0
РМВ-2-46	46,4 ^{+0,2} _{-0,1}	4	1,25	5,0
РМВ-2-59	59,4 ^{+0,2} _{-0,1}	6	1,25	7,5
РМВ-2-76	76,4 ^{+0,3} _{-0,1}	8	1,25	10,0
РМВ-2-93	93,4 ^{+0,4} _{-0,1}	10	1,25	12,5
РМВ-2-80 *	80,5±0,5	8	2,0	16,0
РМВ-2-97 *	97,5±0,5	10	2,0	20,0
РДТ-1(2)-59	59,4 ^{+0,2} _{-0,1}	6	1,25	7,5
РДТ-1(2)-76	76,4 ^{+0,3} _{-0,1}	8	1,25	10,0
РДТ-1(2)-59 *	59,4 ^{+0,2} _{-0,1}	6	2,0	12,0
РДТ-1(2)-76 *	76,4 ^{+0,3} _{-0,1}	8	2,0	16,0

* Расширители армированы алмазами зернистостью 20—10 шт./карат, остальные 30—20 шт./карат.

расширение скважины) и при работе на рациональных технологических режимах.

Следует также решительно отказаться от еще распространенной среди специалистов-производственников крайне неправильной практики использования вместо расширителей дополнительного количества алмазных буровых коронок, создающего видимость лучшей обеспеченности алмазным породоразруша-

ющим инструментом. Так, до настоящего времени отношение количества обрабатываемых алмазных коронок и расширителей по организациям Мингео СССР равно 50:1 против оптимального значения 10:1, что, без сомнения, снижает ресурс работоспособности алмазных коронок.

Как показывают специальные исследования и производственные данные, результаты которых приведены выше, применение этих важных деталей колонкового набора положительно влияет в целом на процесс разрушения горной породы и ведет к улучшению технико-экономических показателей алмазного бурения.

§ 5. БУРОВЫЕ КОРОНКИ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ И СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

В последние годы ВИТР, ИСМ АН УССР, Всесоюзным научно-исследовательским институтом абразивов и шлифования (ВНИИАШ) и другими ведутся интенсивные работы по созданию буровых коронок геологоразведочного стандарта, в которых в качестве истирающих материалов применяются синтетические алмазы и сверхтвердые материалы. Эти коронки должны стать составной частью полного комплекса породоразрушающего инструмента, который обеспечит эффективное разбуривание горных пород в самых различных и самых сложных геолого-технических условиях. В настоящее время буровые коронки, армированные искусственно созданными сверхтвердыми режущими материалами, находятся на разных стадиях разработки: от выпуска опытных макетов и образцов до серийного производства. Ниже кратко описаны некоторые конструкции, имеющие перспективное значение.

Коронки типа КАИ (рис. 8, з), армированные синтетическими или природными алмазами очень мелких фракций, разработаны в ИСМ

АН УССР. Размер синтетических алмазов 0,2—0,4, природных — 0,4—0,6, мм. КАИ-59С — коронки, армированные синтетическими алмазами; КАИ-59П — коронки, армированные мелкими фракциями природных алмазов. Коронки КАИ изготавливают диаметром 46, 59 и 76 мм. Для коронок, армированных синтетическими алмазами или мелкими фракциями природных, разработана новая, более эффективная твердосплавная матрица с твердостью $HRC=25 \div 30$, отличающаяся высокой износостойкостью.

Насыщенность алмазного слоя коронок определена по стандартам, принятым для абразивных инструментов, для которых за 100%-ную концентрацию принято содержание алмазов 4,4 карата в 1 см^3 алмазного слоя (25% от объема). Этот показатель полно характеризует насыщенность импрегнированных коронок мелкими алмазами. Установлена рациональная концентрация алмазов для коронок КАИ, равная 100—120%. Коронки с меньшей концентрацией показывают низкую механическую скорость, а при бурении коронками с большей концентрацией проходка на коронку уменьшается из-за снижения удерживающей способности матрицы и выкрашивания алмазов. По сравнению с серийными импрегнированными насыщенность алмазами коронок КАИ выше.

Большое влияние на работоспособность коронок оказывает длина секторов. При применении мелких алмазов ухудшаются условия очистки торцевых алмазов от шлама вследствие того, что промывочная жидкость в этом случае не циркулирует по торцу коронки между алмазами. При длинных секторах, равных по длине секторам серийных коронок, в их задней (по ходу вращения) части наблюдались признаки прижога. В связи с этим в коронках типа КАИ в зависимости от их диаметров длина секторов умень-

шена до 12—18 мм. Дальнейшее уменьшение длины, как показали исследования, приводит к резкому понижению прочности секторов. Таким образом, коронки КАИ имеют развитую промывочную систему из 8 и 12 промывочных каналов соответственно для коронок диаметром 59 и 76 мм шириной по 5 мм каждая.

Коронки КАИ показали достаточно высокую работоспособность в разнообразных горно-геологических условиях. Это особенно видно по механической скорости бурения, которая для всех коронок КАИ на 10—15% выше, чем для серийных алмазных.

Следует отметить значительное влияние физико-механических свойств горных пород на работоспособность коронок КАИ в сравнении с серийными алмазными. Так, по данным А. А. Бугаева, при бурении пород типа филлитов, гнейсов, кварцево-сланцев VIII—IX категории по буримости коронки КАИ, оснащенные как синтетическими алмазами, так и мелкими фракциями природных, отличаются более высокой работоспособностью (более 24 м на 1 коронку), чем серийные. При бурении более твердых пород (типа кварцитов, гранитов и фельзитов X—XI категории по буримости) коронками КАИ, армированными синтетическими алмазами, проходка на коронку оказывается ниже (около 10 м).

Применение в производственных условиях коронок КАИ, оснащенных алмазами различной зернистости, подтвердило результаты лабораторных исследований и показало хорошую работоспособность коронок с мелкими фракциями синтетических алмазов.

Коронки КАИ успешно прошли государственные приемочные испытания; они показали в ряде геолого-технических условий свое преимущество по сравнению с серийными.

Научно-технической комиссией Мингео СССР алмазные коронки КАИ, импрегнированные синтетическими алмазами АСС, квалифицированы как резервный породоразрушающий инструмент, который найдет широкое применение в геологоразведочном бурении по мере снижения стоимости производства синтетических алмазов марки АСС.

Новые коронки рационально применять при бурении филлитов, габбро-диабазов, диабазов, гранитов, гнейсов, кварцитов и аналогичных пород VII—X категории по буримости.

Коронки типа БСИ (рис. 14, а) являются более усовершенствованной модификацией конструкции коронки КАИ. Коронки БСИ выпускаются диаметром 59 мм опытными партиями ИСМ АН УССР. Для торцевого слоя в коронках используются синтетические алмазы АСС 250/200, АСС 315/250 и природные алмазы мелких фракций А 630/500, А 800/630 и др. Содержание объемных алмазов около 13,0 карат.

В наружном и внутреннем подрезных слоях каждый сектор коронки оснащен штабиком из сверхтвердого материала славутич марки С2122 диаметром 5 мм и высотой 3 мм, масса 0,404 г. Наличие славутича сокращает до минимума износ коронки по диаметрам, улучшает отработку коронок и калибровку ствола скважины.

Замена в коронках природных алмазов наиболее работоспособной крупности (30—20 шт./карат) славутичем дает существенную экономию в техническом алмазном сырье для использования его в качестве объемных алмазов в однослойных коронках. С этой же точки зрения представляется весьма перспективным применение штабиков славутича в различных конструкциях калибровочных расширителей для геологоразведочного бурения.

Коронки БСИ, как и коронки КАИ, имеют развитую промывочную

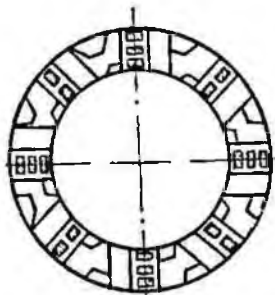
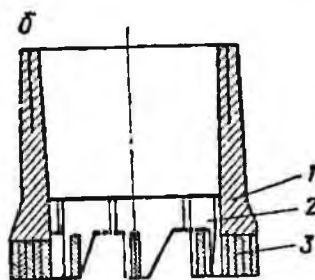
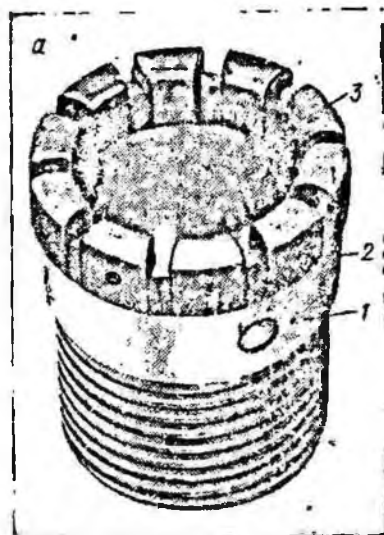


Рис. 14. Буровые коронки конструкции ИСМ АН УССР.

а — импрегнированная типа БСИ, армированная славутичем и синтетическими алмазами: 1 — корпус, 2 — подрезные штабики из славутича, 3 — алмазосодержащий сектор; б — армированная славутичем: 1 — корпус, 2 — зуб, 3 — пластинка из славутича.

систему (10 пазов). Работоспособность их приведена в табл. 21.

Импрегнированные тонкостенные коронки АКС диаметром от 20 до 160 мм разработаны ИСМ АН УССР для бурения отверстий в бетоне и железобетоне. Этот инстру-

Таблица 21

Результаты испытаний опытных коронок
типа БСИ
(по данным Кировской экспедиции)

Показатели	Марка объемных алмазов							
	АСК 250/200	АСК 315/250	А 500/400	А 630/500	А 800/630	А 1000/800	А 1200/1000	А 1250/1000
Количество отработанных коронок, шт.	46	26	14	52	84	93	85	46
Средняя проходка на коронку, м	10,9	3,4	8,1	16,6	17,8	15,5	18,2	20,0
Расход алмазов, карат/м	1,387	3,822	1,605	0,783	0,730	0,983	0,837	0,650
Проходка за рейс, м	3,34	2,37	3,64	3,91	4,75	4,58	3,82	4,10
Средняя механическая скорость, м/ч	1,71	1,48	2,41	1,74	2,05	1,97	2,00	2,67

мент состоит из собственно коронки (режущая часть) и корпуса из поллой трубы. Для оснащения коронок используют синтетические алмазы марки АСК размером от 250 до 630 мкм. Матрица коронки имеет три слоя: приварочный, подрезной и объемный, отличающиеся друг от друга концентрацией алмазов (50; 75 и 10%-ная).

В зависимости от длины корпуса коронки обеспечивают возможность бурения отверстий глубиной 100—400 мм. Для отверстий большей глубины необходимо применять специальную трубу-удлинитель. Стойкость коронок АСК при бурении бетона колеблется от 30 до 100 м в зависимости от свойств бетона и диаметра коронки, механическая скорость — от 5 до 10 см/мин. Рекомендуемый режим работы коронок: окружная скорость 4—5 м/сек, удельная нагрузка 50 кгс/см² рабочего торца коронки.

Для бурения бетона и железобетона алмазными коронками можно использовать специальные передвижные станки модели ЦЭ-1801, выпускаемые Одесским заводом строительно-отделочных машин.

Долота для глубокого бурения на нефть и газ, оснащенные славутичем, выпускаются Московским ком-

бинатом твердых сплавов. По данным ИСМ АН УССР, долотами, армированными славутичем, бурились скважины глубиной до 2000—4000 м. Средняя проходка на долото составила около 280 м при 248 м на долото с природными алмазами. Одно долото со славутичем заменяет до 30—40 шарошечных долот; рейсовая скорость бурения повысилась на 25% [2].

Буровые коронки геологоразведочного стандарта, армированные славутичем, разработаны ИСМ АН УССР и успешно отработаны на каменноугольных месторождениях Донбасса (конструкция коронок показана на рис. 14, б). Средняя проходка на серийную твердосплавную коронку в данных условиях составляет 11 м; механическая скорость изменяется в зависимости от типа проходимых пород и составляет 0,6—1,3 м/ч.

Испытывались опытные коронки двух типов, оснащенные славутичем: гладкостенные диаметром 93 мм и полуребристые диаметром 101 мм. Опытные коронки сравнивались с серийными твердосплавными типа СА2 и СА3 при обработке в одинаковых геолого-технических условиях. Критерием обработки служили износ коронки по

Показатели	Тип коронки при бурении породы			
	песчаной VIII категории		песчано-глинистой V—VIII категории	
	Серийная СА2	Из славутича	Серийная СА2, СА3	Из славутича
Средняя проходка на коронку, м	1,6	25,7	11,0	196,5
Механическая скорость бурения, м/ч	0,64	1,61	1,12—1,25	1,75
Проходка за рейс, м	1,6	6,0	6,12	6,9

наружному и внутреннему диаметрам и уменьшение механической скорости бурения. Техничко-экономические показатели работы коронок приведены в табл. 22. Проходка на коронку, оснащенную славутичем, выше, чем на серийную, в 16—18 раз; механическая скорость повысилась на 40—60%. Одним из преимуществ опытных коронок является наличие хорошо развитой промывочной системы: суммарная площадь промывочных окон у них значительно больше, чем у серийных твердосплавных и алмазных.

Как известно, уменьшение промывочных каналов увеличивает гидравлический подпор, снижая величину действительной осевой нагрузки на коронку, а в условиях применения вязких растворов возрастает давление в нагнетательной линии насоса. Применение коронок конструкции ИСМ АН УССР, оснащенных славутичем, сводит перечисленные отрицательные факторы к минимуму. Результаты испытаний таких коронок показывают, что последние обладают повышенной стойкостью в большом диапазоне пород различной крепости и абразивности.

Коронки, оснащенные славутичем, могут с успехом применяться вместо твердосплавных, особенно при бурении высокоабразивных пород VI—VIII категории по буримости.

Эльборные буровые коронки ЛКР (рис. 15) разработаны ВНИИАШ.

Их производство осваивается на КБЗАИ; опытные партии выпускаются Опытным заводом ВНИИАШ.

Коронки ЛКР армируются заготовками эльбора-Р диаметром 4 мм, высотой 4 мм и массой 0,8 карата (производство ленинградского абразивного завода «Ильич»); изготавливаются методом горячего прессования на специальной связке МК В20-5 твердостью НВ=90÷100; диаметры коронок от 36 до 93 мм. Предназначены они для колонкового бурения в перемежающихся по твердости горных породах средней и высокой твердости VII—XI категории по буримости, в том числе в окварцованных железистых породах

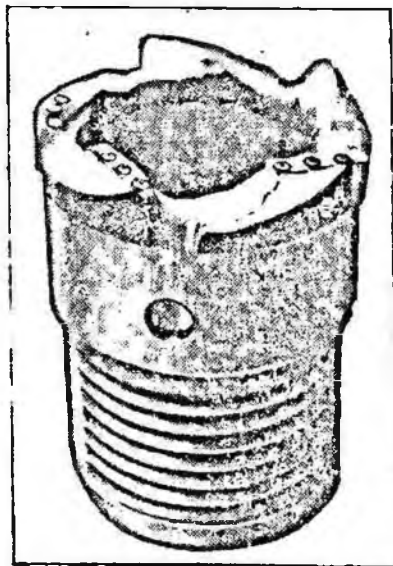


Рис. 15. Коронки, армированные эльбором, конструкции ВНИИАШ.

(гематито-мартитовых роговиках, железистых кварцитах и др.).

Оптимальный выпуск зльбора из матрицы коронки и развитая система промывочных каналов обеспечивают отлиску забоя от шлама и охлаждение коронки. Возможность 3—4-кратной перезаточки коронок абразивным кругом способствует сохранению высокой механической скорости бурения и увеличению стойкости коронок.

Производственные испытания коронок ЛКР диаметром 59 и 76 мм в различных геолого-технических условиях показали, что их работоспособность в 3—4 раза выше, чем твердосплавных, и в ряде случаев в 1,5—2 раза выше серийных алмазных. Так, по данным Г. А. Сенькина, стойкость коронок ЛКР-59 при бурении скарнированных мраморов VIII категории по буримости достигала 29 м, механическая скорость 12,5 м/ч, а коронок ЛКР-76 в окварцованных сланцах X категории по буримости — 16 м при скорости 4,5 м/ч. Рекомендуемые режимы бурения коронками ЛКР диаметром 59 и 76 мм: частота вращения до 500 об./мин, осевая нагрузка 900—1200 кгс, расход промывочной жидкости 30—40 л/мин.

§ 6. КОМПЛЕКС НОВОГО АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Исторически сложившаяся номенклатура алмазного породоразрушающего инструмента хотя и разнообразна по ассортименту, все же не отвечает в настоящее время всему многообразию геологических условий и всей сложности технических задач, встречающихся при геологоразведочном бурении. Например, имеют место такие положения, когда рациональные области применения отдельных алмазных коронок перекрывают друг друга, и вместе с тем имеются такие геолого-технические условия, в кото-

рых ни один из существующих видов серийного или опытного инструмента не дает необходимой эффективности. Только создание единого комплекса высокоэффективных алмазных коронок и расширителей, учитывающего и охватывающего на научной базе все многообразие геолого-технических условий проведения буровых геологоразведочных работ, могло устранить указанные недостатки.

В последние годы был в основном решен вопрос обеспечения породоразрушающим инструментом количественного роста объемов алмазного бурения, поэтому важнейшей задачей стало повышение качественных показателей как в обработке алмазного инструмента, так и в алмазном бурении в целом. Одновременно с этим в результате углубленных исследовательских и конструкторских работ оказалось возможным решить новую, качественно более сложную задачу при создании инструмента — разработать единый комплекс коронок, основывающийся на ряде современных достижений: это новые составы и типы матриц; искусственно улучшенное алмазное сырье; прогрессивная технология изготовления; более сложные геометрические формы породоразрушающей части коронок.

К настоящему времени успешно разработан комплекс новых алмазных коронок и расширителей с повышенной стойкостью, предназначенных для бурения геологоразведочных скважин в следующих условиях.

I. В породах средней твердости VI—VII категории по буримости.

II. В твердых породах VIII—X категории по буримости.

III. В весьма твердых породах XI—XII категории по буримости.

IV. В трещиноватых высокоабразивных и перемежающихся по твердости породах.

V. В осложненных геологических условиях с применением двойных

колонковых труб, обеспечивающих осуществление обратной призабойной и эрлифтной промывки.

VI. В условиях применения снаряда со съемным керноприемником.

В качестве классификационной основы коронок, входящих в комплекс, заложены следующие положения.

1. Существенно влияющие на работоспособность инструмента физико-механические свойства горных пород: твердость, отраженная в буримости; абразивность и трещиноватость. При этом в классификации пород по абразивным свойствам в основу положены понятия, зафиксированные в действующей в системе Мингео СССР инструкции по алмазному бурению. Учитывая отсутствие общепринятых для бурения методов определения трещиноватости, количественно выражающих это состояние горных пород, на основании практического опыта к трещиноватым в данном случае отнесены породы, существенно влияющие на снижение стойкости алмазного инструмента по этой причине.

2. Области рационального технико-технологического применения коронок: бурение одинарными колонковыми трубами, двойными колонковыми трубами, снарядами со съемными керноприемниками, снарядами с эрлифтным устройством.

Основными типами алмазного породоразрушающего инструмента по данным отечественного и зарубежного опыта для различных условий приняты следующие.

Группа условий	Тип коронок
I	Зубчатые
II	Однослойные, секторные
III	Однослойные и импрегнированные, секторные
IV	То же
V	То же; зубчатые
VI	Однослойные, ступенчатые; зубчатые, штыревые и комбинированные

Таким образом, разработанный комплекс представляет собой совокупность (ассортимент) коронок, в которой, исходя из физико-механических характеристик горных пород и технико-технологических областей применения алмазного бурения, определены основные типы, размеры и конструктивные параметры (элементы) алмазного породоразрушающего инструмента, обеспечивающего заданные технико-экономические показатели бурения [61].

Ниже дается краткая характеристика каждой из указанных групп коронок.

АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ ДЛЯ ГОРНЫХ ПОРОД СРЕДНЕЙ ТВЕРДОСТИ

Для горных пород VI—VII категории по буримости созданы новые модификации зубчатых коронок, которые в зависимости от абразивности горных пород и степени трещиноватости различаются количеством зубков и крупностью используемых алмазов (рис. 16, а).

Для монолитных горных пород VI категории предусматриваются коронки с наименьшим количеством зубков, армированные алмазами зернистостью 10—5 шт./карат, для среднеабразивных, а также трещиноватых горных пород — коронки с наибольшим количеством зубков, армированные алмазами зернистостью 20—10 шт./карат. Каждый зуб коронки имеет форму одностороннего клина с передним углом 75° и задним 10° . Зуб армируется по передней кромке одним рядом алмазов. От ранее созданных коронок типа МВС-2Р данные варианты коронок выгодно отличаются высокой износостойкостью в связи с большей насыщенностью матрицы алмазами. Новые коронки обеспечивают также высокую производительность за счет расположения алмазов по передней кромке зубка и улучшения очистки алмазов зубков от шлама.

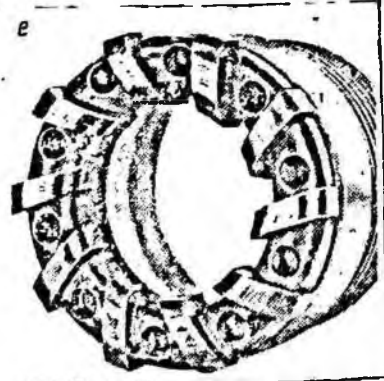
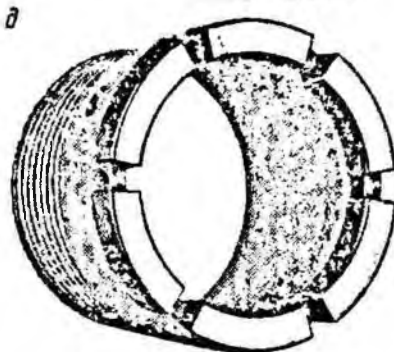
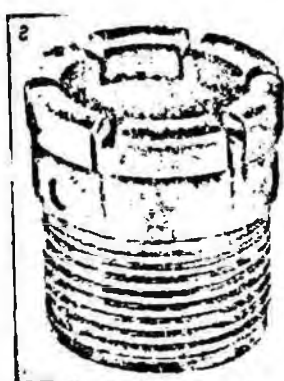
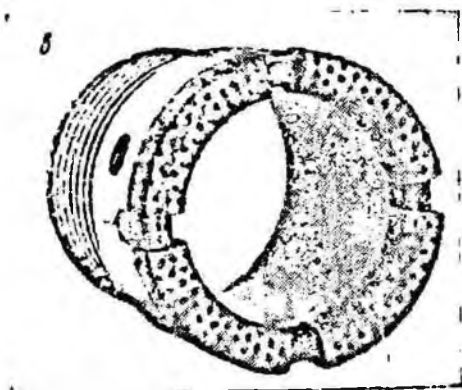
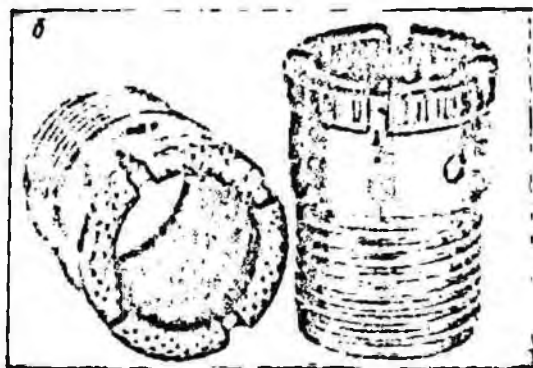
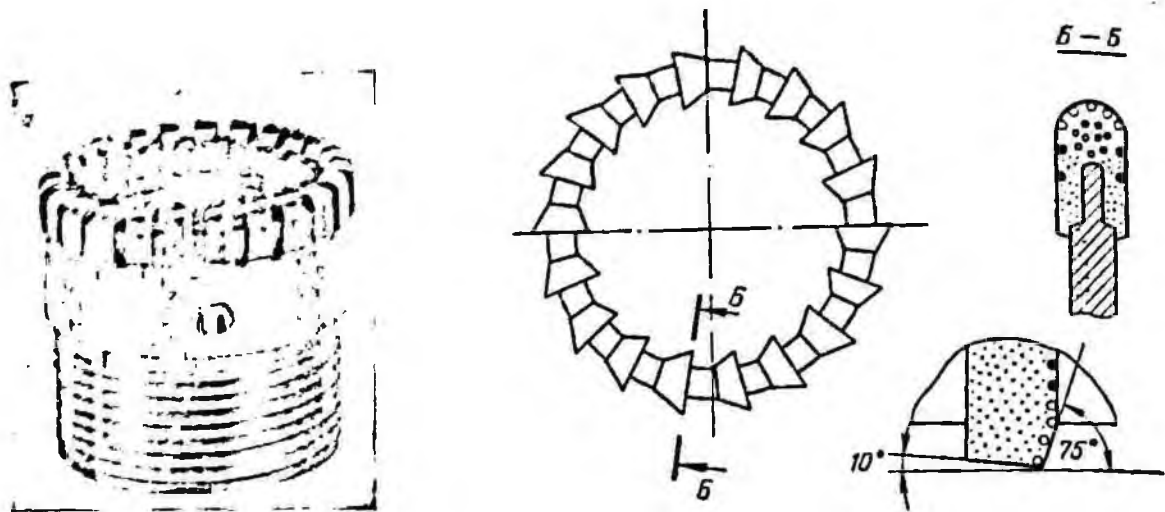


Рис. 18. Новые конструкции алмазных коронок.

а — зубчатые типа 15(16)АЗ (общий вид, схема торца и профиль зуба) для бурения пород средней твердости; б-г — однослойные: б — 07АЗ для бурения твердых пород, в — А4ДП для бурения очень твердых пород, г — 14АЗ для бурения твердых трещиноватых пород; д — импрегнированные И4ДП для бурения очень твердых трещиноватых пород; е — для бурения в особо сложных геологических условиях.

Высокая работоспособность новых зубчатых коронок зависит главным образом от режима бурения и прежде всего от частоты вращения коронки и осевой нагрузки. С увеличением этих параметров в 1,5—2 раза механическая скорость бурения увеличивается в 1,5—1,8 раза, при этом стойкость коронок не изменяется.

АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ ДЛЯ ТВЕРДЫХ МОНОЛИТНЫХ ПОРОД

Разработка коронок для твердых монолитных пород VIII—X категории по буримости велась в направлении создания коронок с выступающими алмазами различного качества (дробленными и полированными). Отечественный и зарубежный опыт показывает, что такие коронки обеспечивают значительное увеличение производительности и повышают эффективность бурения.

В зависимости от твердости горных пород созданы коронки двух модификаций, в которых использованы алмазы различной зернистости от 20—10 до 60—40 шт./карат. Первая модификация коронок, предусматривающая применение дробленых алмазов и получившая индекс 07АЗ (АКМ), предназначена для бурения пород преимущественно VIII—IX категории по буримости (рис. 16, б). Другая модификация представляет собой коронки с выступающими алмазами, с закругленным профилем торца и улучшенным составом матрицы: для армирования использованы полированные алмазы. Коронки отличаются высокой износостойкостью матрицы и предназначены в основном для бурения горных пород IX—X категории по буримости. При увеличении твердости горных пород коронки армируют более мелкими алмазами. Общий вид этих коронок, имеющих индекс А4ДП, показан на рис. 16, в.

АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ ДЛЯ ВЕСЬМА ТВЕРДЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Весьма твердые горные породы XI—XII категории характеризуются крайне низкой буримостью алмазами. До настоящего времени эти породы разбуривали в основном импрегнированными коронками, которые показывают достаточную эффективность при бурении сравнительно абразивных пород (несмотря на низкую стойкость коронок), но малую при бурении малоабразивных из-за заполирования алмазов. Для решения проблемы бурения весьма твердых пород предполагается использовать несколько типов алмазных коронок, как однослойных, так и импрегнированных, отличающихся от выпускаемых в настоящее время применением полированных алмазов и матрицы нового состава (А4ДП и И4ДП).

Опыт бурения на месторождениях Кривого Рога и КМА показывает, что новые однослойные коронки с алмазами зернистостью 60—40 и 90—60 шт./карат могут быть успешно применены в геологических условиях железорудных месторождений по методике «двухстадийной» отработки. Эта методика заключается в том, что на начальной стадии коронки используют в малоабразивных породах (до заполирования алмазов), а на второй стадии заполированные коронки окончательно отработывают в абразивных породах. Такая методика позволяет повысить технико-экономические показатели бурения и значительно снизить удельный расход алмазов.

АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ ДЛЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ ВЫСОКОАБРАЗИВНЫХ И ПЕРЕМЕЖАЮЩИХСЯ ПО ТВЕРДОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Трещиноватые высокоабразивные горные породы по степени трещиноватости и твердости кернового ма-

тернала можно разделить на два типа: I — трещиноватые горные породы, представленные твердыми разновидностями, в которых оруденение также представлено твердой фазой; II — трещиноватые горные породы, в которых оруденение связано с легко размываемой и разрушающейся фракцией (трещиноватые горные породы, перемежающиеся по твердости).

В породах типа I допустимо применение одинарных колонковых наборов. Однако алмазные коронки в связи с возможностью разрушения алмазосодержащей матрицы под расклинивающим воздействием керна требуют значительного упрочнения. Для пород типа II требуются специальные колонковые снаряды — двойные колонковые трубы, которые наряду с производительностью бурения (за счет увеличения проходки за рейс) должны повысить качество кернового материала.

Опыт бурения трещиноватых абразивных пород с применением одинарных колонковых труб показывает, что породы эффективно разбуриваются алмазными коронками типа 14АЗ с утолщенной матрицей. Эти коронки испытаны в 1970—1972 гг. в первой модификации (рис. 16, а), имеющей алмазы зернистостью 30—20 шт./карат и предназначенной для бурения горных пород VIII—IX категории, и показали значительно более высокие результаты в сравнении с коронками типа 01АЗ. Следующей задачей в этой области явилось создание аналогичных по конструкции алмазных коронок для других разновидностей горных пород. Задача решена путем разработки коронок с утолщенной матрицей, в которых использованы алмазы зернистостью 40—30 и 60—40 шт./карат (для бурения в горных породах IX—X категории), и импрегнированных с зернистостью от 400 до 150 шт./карат (для трещиноватых пород X—XI категории по буримости).

Для бурения пород типа II (трещиноватых и перемежающихся по твердости) разработаны двойные колонковые трубы с прямой промывкой, отличающиеся от ранее созданных более совершенной конструкцией и наличием алмазных коронок трех новых видов:

— для бурения горных пород средней твердости VI—VII категории — коронки зубчатого типа, армированные алмазами 20—10 шт./карат;

— для бурения горных пород VIII—IX категории средней трещиноватости — коронки со ступенчатым профилем матрицы с алмазами 30—20 шт./карат;

— для бурения весьма трещиноватых пород IX—X категории — коронки с закругленным профилем матрицы, с алмазами зернистостью 30—20 и 40—30 шт./карат.

Для бурения трещиноватых абразивных и высокоабразивных горных пород X—XI, частично XII категории по буримости разработаны коронки И4ДП (импрегнированные с матрицей 4-го типа, изготавливаемые в графитовых пресс-формах с горячей допрессовкой и армированные полированными алмазами) диаметрами 46/31, 59/42 и 76/58 мм. В качестве подрезных камней используются овализованные алмазы, подвергнутые механической полировке, зернистостью 40—30 шт./карат. Объемный слой импрегнируется алмазами 400—100 шт./карат полированными или неполированными.

Коронки И4ДП (рис. 16, б) отличаются следующими конструктивными особенностями:

— насыщенность алмазов в импрегнированном слое увеличена на 25% по сравнению с серийными коронками 02ТЗ;

— при высокой износостойкости матрицы ее ударная вязкость осталась на уровне вязкости матрицы 02ИЗ;

— конструкция и технология обеспечивают надежность и прочность

соединения матрицы с корпусом коронки;

— профиль торца матрицы прямой с радиусными закруглениями по периферии наружного и внутреннего диаметров;

— подрезные алмазы, подвергнутые полированию, предохраняются от скалывания твердосплавными вставками (в виде цилиндров диаметром 4 мм из сплава ВК-15), располагаемыми в начале каждого сектора по обоим боковым поверхностям матрицы;

— материал матрицы, как и в коронках А4ДП, обладает повышенной адгезией к алмазу;

— допустимое отклонение в размерах диаметров коронок выдерживается в пределах $\pm 0,1$ мм. В отличие от А4ДП матрица новых импрегнированных коронок не имеет выступающих ребер для подрезных алмазов.

АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ для бурения в особо сложных геологических условиях

Двойные колонковые трубы с обратной призабойной промывкой применяют при бурении весьма разрушенных твердых пород, в которых вследствие разрушения керна наблюдается повышенный абразивный износ алмазных коронок и резко снижается выход керна. Двойные колонковые трубы этого типа кроме выхода керна должны повысить стойкость алмазных коронок, проходку на рейс и механическую скорость бурения в сильно разрушенных породах. Для работы такими трубами созданы специальные алмазные коронки, позволяющие осуществлять призабойную промывку. Коронки найдут применение в разнообразных геолого-технических условиях при бурении в разных по твердости горных породах. В связи с этим разработано несколько типов алмазных коронок (рис. 16, е), различающихся зернистостью ис-

пользуемых алмазов и конфигурацией матрицы:

— для бурения горных пород средней твердости VI—VII категории по буримости — зубчатые алмазные коронки, аналогичные по выполнению матрицы коронкам для одинарных колонковых труб;

— для бурения твердых горных пород VIII—IX категории — коронки с закругленным профилем и алмазами зернистостью 30—20 и 40—30 шт./карат.

Для бурения с эрлифтным устройством разработаны специальные алмазные коронки с увеличенной (улучшенной) системой промывочных каналов, обеспечивающей снижение сопротивления прохождению промывочной жидкости через коронку. В этих коронках торец матрицы увеличен и равен по размеру торцу коронок типа 14А3.

АЛМАЗНЫЕ КОРОНКИ для бурения снарядами со съемным керноприемным устройством

Алмазное бурение снарядами со съемными керноприемниками в настоящее время как советскими, так и зарубежными специалистами считается наиболее перспективным направлением. В ближайшем будущем это направление должно получить широкое развитие в нашей стране. Применение снарядов ССК возможно в большинстве геолого-технических условий. В связи с этим для бурения с ССК создана гамма алмазных коронок, которые позволяют разбуривать различные горные породы. Описание комплекса коронок и расширителей для ССК приведено ниже (см. гл. VII, § 3).

АЛМАЗНЫЕ КАЛИБРОВОЧНЫЕ РАСШИРИТЕЛИ

Одновременно с разработкой новых коронок созданы новые типы алмазных расширителей, обеспечи-

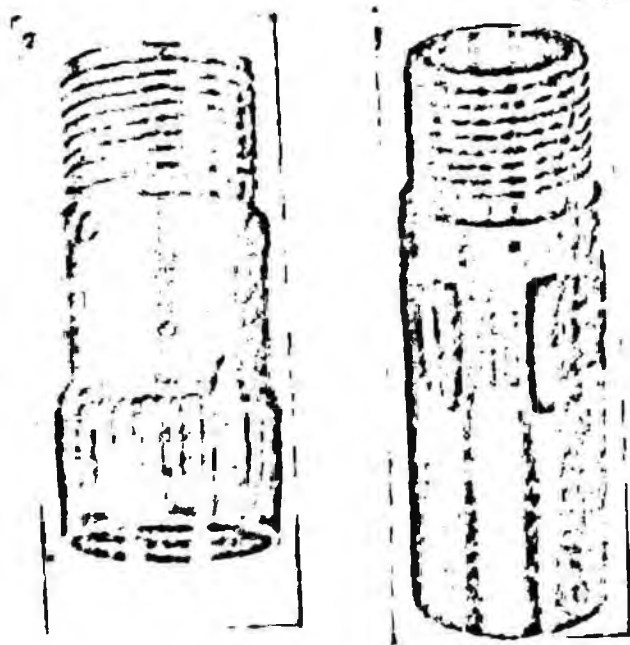
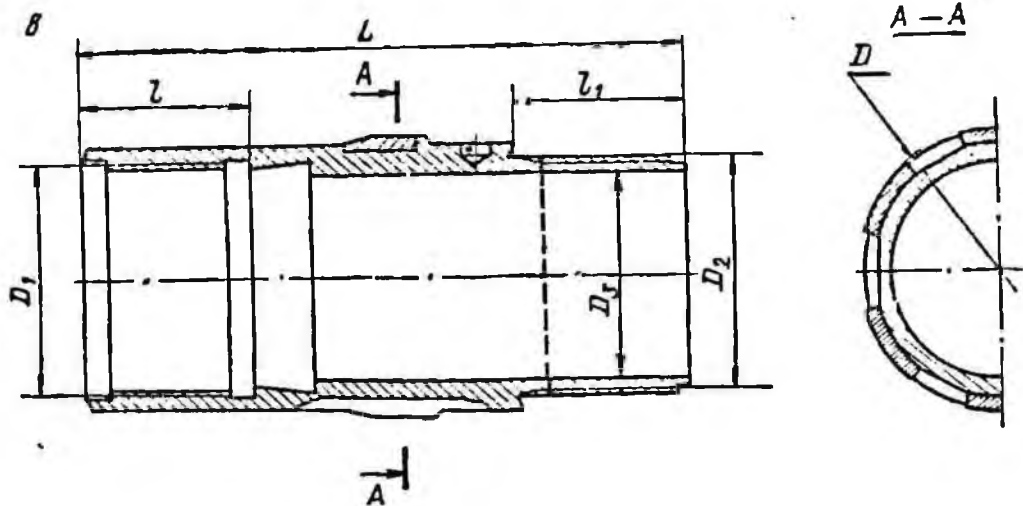


Рис. 17. Новые конструкции алмазных расширителей.

а — кольцевой типа РКВ; б — сбалансированный типа РСА; в — то же, конструктивная схема

Обозначение на рисунке	РСА-10	РСА-20	РСА-70	РСА-80
D	62,4	75,4	75,4	82,4
D_1	37	52	52	55
D_2	23	44	51	78
L	170	145	155	160
l_1	41	41	41	41
l_2	40	40	40	40
Количество штабиков	4	6	8	10



вающих повышение их работоспособности.

Для замены расширителя типа РМВ-2 разработаны кольцевые алмазные расширители типа РКВ (рис. 17, а) и сбалансированные типа РСА (рис. 17, б, в).

Расширители типа РКВ предполагается использовать при бурении в твердых породах XI—XII категории, а расширители РСА — в менее твердых.

В отличие от расширителей штабикового типа в РКВ алмазами армируется твердосплавное кольцо, расположенное на нижней части

расширителя. Алмазосодержащее кольцо имеет конусный заход. У расширителя РКВ-1 кольцо имеет гладкую рабочую поверхность, у РКВ-2 — ребристую.

Таким образом, модернизацией охватываются все виды алмазного породоразрушающего инструмента. Серийный выпуск отдельных видов нового алмазного инструмента уже начат. Освоение всего комплекса новых коронок в промышленном производстве позволит заменить устаревшие типы инструмента и тем самым повысить эффективность буровых работ.

ГЛАВА IV

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ И РЕЖИМЫ БУРЕНИЯ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Эффективное алмазное бурение на месторождении (в геологоразведочной партии, экспедиции) возможно при наличии достаточного количества подобранных по размерам и типам специализированных алмазных коронок, позволяющих бурить скважины принятой конструкции до проектной глубины в породах с различными физико-механическими свойствами и в различных геолого-технических условиях. Требуемое количество алмазного инструмента по размерам и типам определяется исходя из средней проходки на коронку и расширитель в условиях данного месторождения, а также из необходимости создания технологического запаса алмазных коронок различных типоразмеров и марок, учитывающего степень сложности геологических и технических условий бурения (конструкция и глубина скважины, количество и характер чередования различных по физико-механическим свойствам горных пород и т. д.).

Для правильного ведения процесса алмазного бурения, применения оптимальных технологических режимов и подбора алмазных коронок и расширителей нужного типа и размера на каждую буровую скважину должен выдаваться геолого-технический наряд, в котором наряду с другими данными обязательно

должны указываться конструкция скважины, ее глубина, точное наименование буримых пород, их структура, категория по буримости, степень абразивности и трещиноватости. При выборе алмазных коронок необходимо указанные в геолого-техническом наряде породы классифицировать по группам в зависимости от физико-механических свойств и для каждой из них подобрать соответствующий тип коронки.

Одновременно с алмазными коронками следует подобрать необходимое количество алмазных калибровочных расширителей, особенно для бурения переслаивающихся пород с различными физико-механическими свойствами, в которых требуется частая смена коронок различных типов и возможны вследствие этого затруднения в правильном их чередовании по мере износа по наружному диаметру. При бурении часто переслаивающихся пород следует подбирать алмазную коронку для наиболее сложной по буримости породы данного интервала.

Для бурения конкретной скважины в зависимости от ее проектной глубины и конструкции должно быть подобрано необходимое и достаточное количество коронок и расширителей по диаметрам. Это количество должно быть таким, чтобы обеспечивалось бурение всего проектного интервала скважины коронками данного диаметра при правильном чередовании их по мере износа. Все предназначенные для бурения скважин алмазные коронки

должны быть измерены по наружному и внутреннему диаметрам и высоте матрицы, а расширители — по наружному диаметру и длине работоспособной части штабиков. Замеры производятся штангенциркулем с погрешностью до 0,05 мм по алмазам матриц и штабиков. Метрологические характеристики штангенциркулей приведены в табл. 23.

Таблица 23

Метрологические характеристики штангенциркулей (по ГОСТ 168—73)

Штангенциркуль	Погрешность измерения, мм	Пределы измерения, мм
ШЦ-I	0,1	0—125
ШЦ-II	0,05 и 0,1	0—200
ШЦ-III	0,05 и 0,1	0—320 0—500 250—710 320—1000 500—1400 800—2000

Наружный и внутренний диаметры коронок измеряются по двум взаимно перпендикулярным направлениям (рис. 18). В ведомость учета заносится наибольшее значение наружного диаметра и наибольшее внутреннее. Наружный диаметр

алмазных коронок можно измерять также с помощью калибров-колец (рис. 18, а), а внутреннего — с помощью калибров-пробок (рис. 18, б). У алмазных расширителей (рис. 18, в) замеряются диаметрально противоположные пары штабиков; в ведомость заносится наибольшее значение.

Для измерения диаметров алмазных коронок и расширителей в ВИТР разработан специальный прибор ИДК (рис. 19), обеспечивающий более высокую в сравнении со штангенциркулем точность замера наружного и внутреннего диаметров алмазных коронок и диаметра расширителя. Более высокая точность замеров позволяет правильнее чередовать коронки по диаметрам при их обработке, что повышает их работоспособность. Прибор используется также при выполнении исследований, связанных с изучением износа алмазного породоразрушающего инструмента. В приборе обеспечивается перпендикулярность установки измерительных устройств к оси коронки (расширителя), а диаметры замеряются по выступающим алмазам; при этом он регистрирует отклонение от номинального диаметра; показания считываются с помощью индикатора часового типа [47].

Техническая характеристика прибора ИДК

Номинальный диаметр измеряемых коронок, мм	46, 59, 76
Погрешность измерений (мм) при применении индикаторов:	
типа ИЧ-10 (ГОСТ 577—68)	±0,02
типа МИГ, модель 05201 (ТУ 2—034—305—71)	±0,006
Габаритные размеры прибора (в футляре), мм:	
длина	350
ширина	120
высота	100
Масса, кг	3

При бурении без расширителей алмазные коронки предварительно подбираются по наружному и внутреннему диаметрам. Затем устанавливается последовательность спуска их в скважину. По мере износа коронки необходимо правильно чередовать, чтобы избежать заужи-

вания скважины и последующего ее расширения. Для правильного выбора очередной алмазной коронки нужного типа и размера результаты замеров наружного и внутреннего диаметров всех имеющихся в наличии коронок следует занести в специальную ведомость и регуляр-

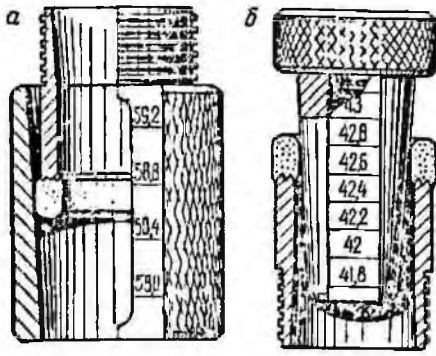


Рис. 18. Измерение наружного и внутреннего диаметров алмазных коронок и расширителей.

a — с помощью калибров-колец; *б* — с помощью калибров-пробок; *в-е* — штангенциркулем (*в* — измерение наружного диаметра, *г* — внутреннего, *д* — высоты матрицы, *е* — расширителей).

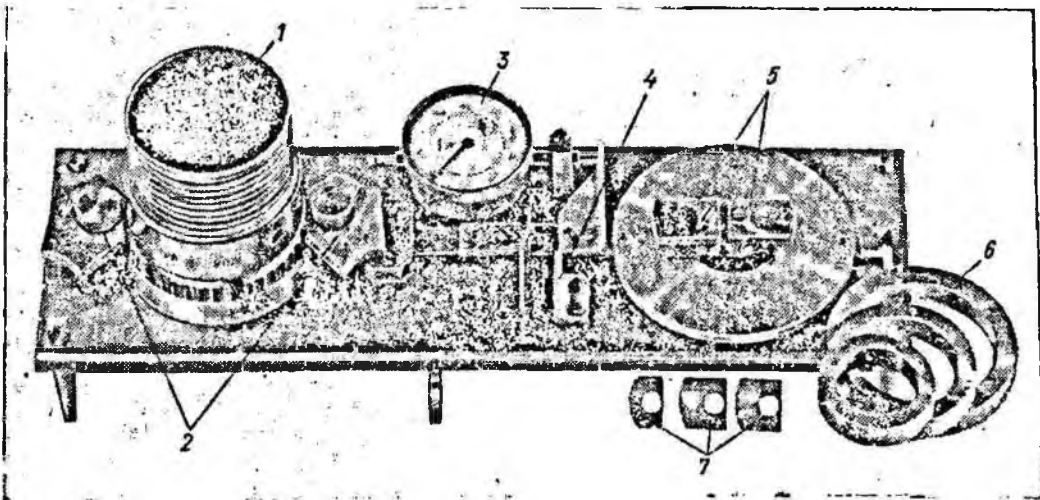
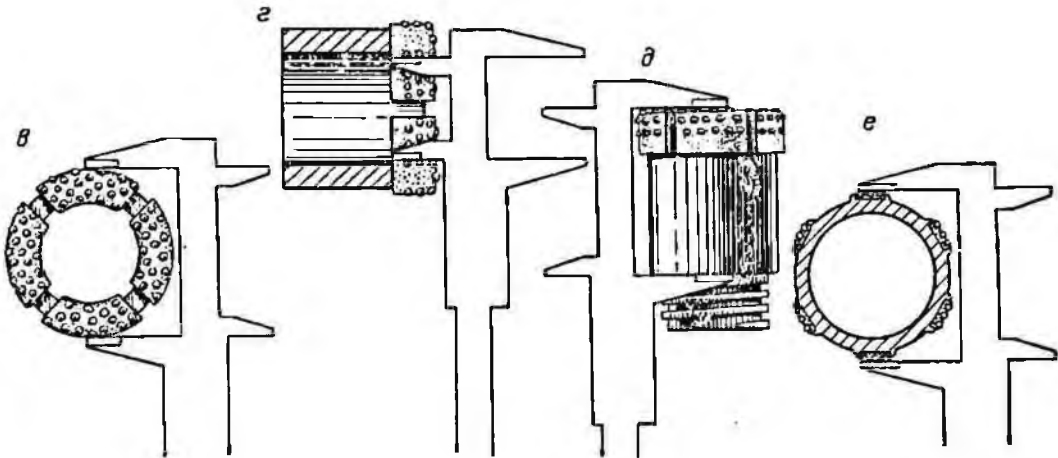


Рис. 19. Прибор ИДК (по П. Н. Курочкину).

1 — алмазная коронка; *2* — плашки для измерения наружного диаметра; *3* — индикатор часового типа; *4* — регулятор; *5* — плашки для измерения внутреннего диаметра; *6* — контрольные калибры-кольца; *7* — сменные плашки для измерения внутреннего диаметра.

но отражать в ней результаты замеров коронок до и после каждого рейса. С помощью этой ведомости можно легко и быстро выбрать алмазную коронку нужного размера.

Из имеющихся первыми должны вводиться в работу коронки с наибольшим наружным и наименьшим внутренним диаметрами. Очередную алмазную коронку следует спускать в скважину после износа предыдущей по диаметрам не более чем на 0,05—0,1 мм. При этом диаметры предназначений к спуску в скважину алмазной коронки должны быть либо равны первоначальным (до предыдущего рейса) диаметрам поднятой коронки, либо отличаться от них в пределах величины износа, не превышая его. Следует помнить, что при спуске в скважину очередной алмазной коронки с наружным диаметром, большим, чем у предыдущей, на 0,1—0,15 мм, может произойти заклинивание ее (особенно в хрупких породах), повреждение наружных подрезных алмазов и отрыв матрицы от корпуса коронки. Перед спуском в скважину очередной алмазной коронки необходимо убедиться, что через нее свободно проходит керн предыдущего рейса.

Разрешается использовать алмазные коронки, изношенные по диаметрам несколько больше указанных значений, в том случае, когда бурение ведется с расширителем или если есть уверенность, что будет достигнута проектная глубина скважины.

В предупреждении преждевременного износа коронок по наружному диаметру огромную роль играет расширитель. При бурении с алмазными расширителями их следует подбирать так, чтобы наружный диаметр последних всегда превышал диаметр алмазной коронки на 0,2—0,3 мм. При большей разнице по диаметрам происходит повышенный износ расширителя и снижение механической скорости бурения. Пер-

выми в работу должны вводиться алмазные расширители, имеющие наибольший наружный диаметр. Также как и коронки, расширители должны обязательно чередоваться в процессе работы. Разница в наружных диаметрах предыдущего и последующего расширителей не должна превышать 0,1—0,2 мм.

При использовании кернорвателей нужно контролировать в алмазных коронках величину выпуска из матрицы внутренних подрезных алмазов, которые обеспечивают обработку керна, необходимую для беспрепятственного прохода его в рвательное кольцо.

Перед сборкой колонкового снаряда следует тщательно проверять состояние резьбы у алмазного инструмента и колонковой трубы. Алмазная коронка или расширитель при качественно нарезанных и свободных от заусениц резьбах должны ввинчиваться в колонковую трубу от руки примерно на $2/3$ длины резьбовой части.

При навинчивании и развинчивании алмазного инструмента должны применяться только специальные ключи. Не допускается использование для этой цели шарнирных, цепных и других ключей; ключи следует подбирать по размеру коронки расширителей и накладывать так, чтобы исключалась возможность захвата матрицы коронки и повреждения алмазов. При развинчивании затянутых резьб необходимо следить, чтобы ключи не деформировали корпус коронки или расширителя. Недопустимо навинчивать и отвинчивать алмазные коронки вставляя в промывочные каналы плоские металлические предметы.

Для предотвращения одностороннего износа алмазных коронок и расширителей можно использовать специальные регулировочные кольца, которые устанавливаются между упорными торцами резьб алмазного инструмента и колонковой трубы. Последовательная смена колец

различной толщины (1, 2 и 3 мм) позволяет периодически поворачивать место износа коронки или расширителя на определенный угол относительно колонковой трубы и более рационально их отрабатывать.

Алмазы, алмазосодержащие матрицы коронок и штабики расширителей из-за своей хрупкости весьма чувствительны к ударам. Случайные металлические частицы, осколки крепких пород, куски керна, имеющиеся на забое, преждевременно выводят из строя алмазный породоразрушающий инструмент. Для алмазного расширителя особенно опасны частицы металла, оставшиеся в трещинах стенок скважины. Поэтому при алмазном бурении необходимо всемерно добиваться чистоты забоя и стенок скважины.

Зауженную более чем на 0,1—0,15 мм скважину перед спуском в нее алмазной коронки необходимо разбуривать. Для этого следует применять снаряд, состоящий из импрегнированной коронки и расширителя. При разбуривании большого интервала ствола рекомендуется снаряд, состоящий из импрегнированной алмазной коронки и двух алмазных расширителей, установленных в нижней части колонковой трубы. При компоновке такого снаряда необходимо соблюдать последовательное увеличение на 0,1—0,2 мм наружных диаметров нижнего и верхнего расширителей относительно наружного диаметра коронки. Скорость разбуривания скважины не должна превышать 10—20 см/мин в породах VII—VIII категории, 5—10 см/мин в породах IX—X категории и 5 см/мин в породах XI—XII категории.

Особое внимание следует уделять выпуску алмазов из матрицы коронки и состоянию поверхности износа алмазов. Грубошероховатая (матовая) поверхность свидетельствует о нормальных условиях бурения, правильном сочетании твердости матрицы, абразивности пород и ре-

жимов. Заполированная поверхность говорит о применении коронки или режимов, не соответствующих данным геолого-техническим условиям. Обычно заполирование алмазов однослойных алмазных коронок происходит при бурении очень твердых малоабразивных пород. При наблюдающемся заполировании коронок их следует периодически использовать на бурении менее твердых и более абразивных пород. В случаях бурения в однородных породах при возникновении заполирования алмазов необходимо постепенно увеличивать осевую нагрузку до предельно возможной. Если при этом механическая скорость бурения не поднимается до нормальной в данных условиях, то коронка с заполированными алмазами должна быть снята с работы и направлена на перезаточку или возвращена заводу-изготовителю для извлечения и повторного использования алмазов. В таких случаях для бурения следует использовать коронки других типов.

Коронки следует затачивать на сверлильных или буровых станках бурением искусственных абразивных кругов или природных абразивных камней (песчаников, кварцитов) при осевой нагрузке 100—150 кгс, частоте вращения шпинделя 100—120 об./мин и подаче насосом промывочной жидкости 5—10 л/мин. Не допускается вести заточку коронки при прерывистом ее охлаждении водой во избежание образования трещин в матрице. При заточке истирается небольшой (не более 0,02—0,03 мм по рабочей высоте) слой матрицы, обнажаются новые зерна алмазов, а поверхность притупленных алмазов приобретает шероховатость. Это позволяет восстановить работоспособность коронки. Для заточки коронок применяют и пескоструйные аппараты с внутренним диаметром сопла 5—8 мм. Обработка торцевой поверхности коронки струей карборунда или

кварцевого песка крупностью 0,1—0,3 мм ведется в течение 3—5 мин под давлением 4—6 кгс/см². При заточке не следует допускать обнажения наружных подрезных алмазов и износа коронки по диаметрам. Использование пескоструйных аппаратов проводится в строгом соответствии с правилами безопасного ведения работ и промсанитарии. Применять для заточки коронок механические заточные станки, а также производить насечку напыльником на торце алмазной коронки категорически запрещается.

Промывочные каналы в алмазной коронке по мере их износа следует углублять с помощью плоского напыльника или центратора. Коронка при этом должна устанавливаться в предохранительную зажимную втулку.

При каждом подъеме снаряда на поверхность необходимо проверять состояние коронки и уделять особое внимание характеру и степени износа алмазов, а также степени их обнажения. В частности, если вследствие повышенного износа матрицы камня однослойной коронки обнажены на величину, достигающую $\frac{1}{3}$ их диаметра, коронку следует заменить. Нельзя рисковать «еще одним рейсом», так как большая часть алмазов при этом может выпасть из матрицы и будет потеряна в скважине, а наличие их на забое может явиться причиной скола алмазов у последующей коронки. В результате расход алмазов на 1 м бурения резко возрастет, а выход их из отработанных коронок снизится.

Как установлено, в процессе эксплуатации алмазной коронки алмазы изнашиваются равномерно только до определенной стадии обработки. После этого уровня износ алмазов и соответственно их удельный расход резко возрастают. Рациональная степень обработки составляет для однослойных коронок 70—85% (до 90) от величины по-

тенциальной проходки на коронку при отработке ее до полного износа. Следовательно, если алмазную коронку снять с эксплуатации до начала интенсивного износа алмазов, то в ней останутся в большом количестве алмазы, которые после извлечения и перестановки могут быть повторно использованы в бурении. Если же бурение алмазной коронкой продолжать до ее предельного износа, остаток алмазов после растворения матрицы коронки будет на 40—60% меньше, чем при рациональной отработке последней.

Для отечественных алмазных коронок (после их отработки) установлены следующие пределы возврата алмазов от первоначально заложенного количества, %: для однослойных 50—65, для многослойных 25—35 и импрегнированных 15—20. По данным зарубежных фирм, рациональный выход алмазов при их рекуперации из отработанного алмазного инструмента составляет в среднем по расширителям 40—50, коронкам 55—65 и бескерновым породоразрушающим инструментам 70—80%. Выход алмазов менее 30% от их общей массы в новой коронке (с поверхностной вставкой алмазов) считается аварийным.

Пригодность алмазной коронки для дальнейшей эксплуатации устанавливается по результатам замеров и визуального осмотра алмазного инструмента с учетом данных о достигнутой в предшествующем рейсе механической скорости бурения. Тщательный уход, правильное применение и технически грамотная эксплуатация алмазного породоразрушающего инструмента значительно повышают его работоспособность. Соблюдение правил рациональной обработки алмазного инструмента позволяет использовать его наиболее эффективно.

При транспортировке, хранении и эксплуатации алмазного инструмента должны соблюдаться условия,

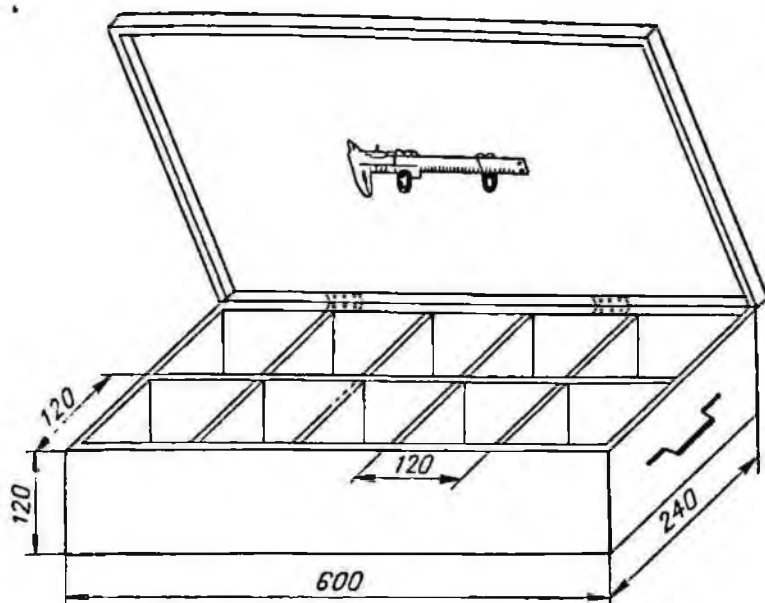


Рис. 20. Ящик для хранения алмазных коронок.

исключающие коррозию и ударные воздействия на него. Алмазные коронки и расширители следует хранить и транспортировать в специальном деревянном ящике (рис. 20). Каждая коронка и расширитель должны быть обернуты в целлофан, промасленную бумагу или ткань и уложены в картонную (пластмассовую) коробку вместе с паспортом. При длительном хранении алмазный инструмент следует смазывать техническим вазелином по всей поверхности.

Обращение с алмазным инструментом должно быть бережным и аккуратным. Необходимо оберегать его от падения и ударов, особенно о металлические предметы. Алмазные коронки и расширители, вынутые из коробок или отвинченные от колонковой трубы, следует ставить только на деревянные столы (полки, ячейковые подставки) матрицей вверх.

§ 2. РЕЖИМЫ БУРЕНИЯ АЛМАЗНЫМИ КОРОНКАМИ

Скорость алмазного бурения и его экономическая эффективность при условии правильного выбора типа алмазного породоразрушающего инструмента (долота или коронки)

для конкретных условий зависят от режима бурения: осевой нагрузки на инструмент, частоты вращения и режима промывки. Параметры режима бурения должны обеспечивать не только высокие скорости разрушения пород, но также и высокую проходку на инструмент до его износа и возможно малый расход алмазов на 1 м бурения.

Многочисленными исследованиями и практикой работ доказано, что почти во всех твердых горных породах механическая скорость бурения растет пропорционально увеличению частоты вращения бурового снаряда. Расход алмазов при этом практически не увеличивается. Поэтому бурение алмазными коронками следует вести на максимальной частоте вращения, при которой:

- мощность буровой установки и прочность колонны бурильных труб достаточны для безаварийного бурения;
- вибрация отсутствует или ее можно значительно уменьшить, применяя антивибрационные средства;
- расход алмазов минимален;
- обеспечивается кондиционный выход керна.

Наиболее высокие частоты вращения применяют при бурении неглубоких (до 500 м) скважин в мо-

нолитных или малотрещиноватых породах импрегнированными коронками, которые менее чувствительны к ударным нагрузкам. При алмазном бурении в плотных нетрещиноватых породах увеличение частоты вращения инструмента до 500—2000 об./мин, как правило, не приводит к повышению расхода алмазов на 1 м бурения. Частоту вращения снижают при бурении:

— весьма твердых кварцевых ожелезненных пород типа яшм, дже-спилитов, роговиков;

— сильнотрещиноватых, раздробленных пород;

— прослоев пород, значительно различающихся по крепости;

— с недостаточным количеством и давлением промывочной жидкости в нагнетательной сети насоса.

Механическая скорость бурения алмазными коронками и долотами в постоянных условиях возрастает пропорционально (до некоторого предела) увеличению осевой нагрузки на инструмент, однако скорость бурения растет с увеличением нагрузки начиная с некоторого ее критического значения, достаточного для эффективного внедрения алмазов в породу забоя (объемное разрушение породы). При нагрузке ниже критической алмазы скользят по породе, не проникая в нее, и быстро заполировываются (усталостное разрушение породы). При чрезмерном повышении нагрузки на инструмент ухудшаются условия выноса бурового шлама из-под торца долота или коронки. При бурении в условиях зашламования приращение механической скорости бурения с увеличением осевой нагрузки уменьшается, а затем по мере дальнейшего увеличения последней сама скорость бурения снижается.

Для одной и той же коронки или долота критическая нагрузка зависит от твердости и упругоэластичных свойств разбуриваемой породы и частоты вращения инструмента.

Увеличение нагрузки сверх оптимальной вызывает пропорциональное повышение расхода алмазов и снижение проходки на коронку (долото).

Режим промывки (тип промывочной жидкости, ее количество и давление) должен обеспечивать удовлетворительную очистку забоя скважины от выбуренного шлама и охлаждение коронки или долота. При соблюдении этого условия дальнейшее увеличение количества промывочной жидкости, подаваемой на забой при бурении в твердых породах, на скорость бурения не влияет.

Таким образом, бурение скважин алмазными инструментами необходимо осуществлять всегда с максимальной частотой вращения снаряда, которую допускают характер пород, буровое оборудование, бурильные трубы и инструмент. В зависимости от частоты вращения снаряда выбирают нагрузку на коронку (долото) и режим промывки скважины. При этом следует учитывать, что с повышением частоты вращения снаряда осевая нагрузка должна быть увеличена. С повышением механической скорости бурения количество подаваемой на забой промывочной жидкости также увеличивается.

При высокой частоте вращения колонны бурильных труб и недостаточной осевой нагрузке алмазы коронки работают в пришлифовочном режиме и заполировываются. Тенденция алмазов к заполированию особенно резко проявляется в твердых малоабразивных породах, у которых зернистая структура визуально почти неразличима. Заполирование алмазов заключается в том, что обычные «площадки износа» на них заглаживаются до зеркального блеска и коронка перестает углубляться в породу. В случае заполирования следует бурить при пониженной частоте вращения, повышенной осевой нагрузке на коронку и уменьшенной подаче про-

мывочной жидкости. Коронки сзаполированными алмазами следует использовать при бурении в абразивных породах.

Бурение новой однослойной коронкой с объемными выступающими алмазами следует всегда начинать с пониженной частотой вращения (1-я или 2-я частоты вращения станка) и при малой нагрузке на торец коронки (10—20 кгс/см²). После приработки алмазов (первичной) переходят на рабочие режимы бурения. По мере износа и затупления объемных алмазов в однослойной коронке осевую нагрузку на нее повышают. В случае использования импрегнированных или многослойных коронок первичную их приработку, как правило, не производят, а нагрузку на коронку в процессе бурения меняют в зависимости от характера породы.

При бурении в интенсивно трещиноватых перемежающихся по твердости абразивных породах частота вращения коронки и нагрузка на нее должны быть снижены (до 50% от оптимальных).

Если при осмотре коронки обнаружилось, что алмазы в ней обнажены более интенсивно, чем при предыдущем осмотре, то следует увеличить количество подаваемой в скважину жидкости на 30—50% от рекомендуемого в данном конкретном случае.

Рекомендации по параметрам режима бурения (с одинарными колонковыми трубами) в зависимости от различных размеров коронки и категории пород по буримости даны в табл. 24. В конкретных условиях эти режимы должны уточняться с доведением их до оптимальных на основании результатов наблюдений за работой выбранных рациональных типов алмазных коронок.

Оптимальные режимы бурения алмазными коронками для каждого конкретного месторождения должны устанавливаться непосредственно инженерно-техническими работниками геологоразведочной партии или экспедиции, работающей на этом месторождении, в зависимости от геолого-технических условий.

Таблица 24

Рекомендации по режимам бурения алмазными коронками [82]

Категория горных пород по буримости	Диаметр коронки, мм					
	36	46	59	76	93	112
	Частота вращения, об./мин					
VI—VII	—	500—900	400—700	300—500	200—350	150—300
VIII—IX	900—1700	600—1200	500—1200	400—700	250—450	200—350
IX—XI	1400—2500	100—1700	800—1700	600—1000	400—700	300—500
XI—XII	1000—1700	800—1300	600—1000	400—700	—	—
	Осевая нагрузка, кгс					
VI—VII	—	300—500	400—800	500—1000	600—1300	800—1600
VIII—IX	300—500	400—700	600—1000	800—1300	900—1600	1200—2000
IX—XI	400—700	500—900	800—1300	1000—1700	1300—2000	1600—2500
XI—XII	500—800	700—1000	1000—1600	1300—2000	—	—
	Расход промывочной жидкости, л/мин					
VI—VII	—	30—50	50—80	80—100	80—130	120—200
VIII—IX	20—30	30—40	40—60	50—80	60—90	90—140
IX—XI	15—25	20—30	30—50	40—60	50—80	70—120
XI—XII	10—15	15—20	20—30	20—40	—	—

При проектировании режимов алмазного бурения в производственных условиях целесообразно использовать различного рода специальные номограммы и графики зависимостей показателей бурения, а также конструктивных параметров алмазной коронки от параметров режима бурения. Эти зависимости выводятся предварительно непосредственно для конкретных геологических и технических условий, характерных для данной геологоразведочной партии (экспедиции). Примеры некоторых из таких справочных графиков приведены на рис. 21.

На рис. 21, а показана механическая скорость бурения как функция частоты вращения алмазной коронки и осевой нагрузки на нее для следующих геолого-технических условий: горная порода — крупнозернистый песчаник; алмазная коронка диаметром 93 мм с алмазами 20—10 шт./карат; интервал бурения до 400 м; промывочная жидкость — вода. График на рис. 21, б позволяет оперативно определять рациональную частоту вращения для коронок диаметром до 150 мм исходя из рекомендуемых окружных скоростей: 1—3 м/сек для коронок с поверхностной вставкой алмазов и 2—4 м/сек для импрегнированных. График на рис. 21, в служит для определения разбуриваемой площади забоя (показаны примеры определения площади кольцевого забоя при бурении алмазными коронками диаметром 59 и 93 мм).

Целесообразно составление номограмм для определения оптимальной осевой нагрузки на коронку (в зависимости от величины алмазов, их насыщенности в коронке, диаметра коронки и рекомендуемой удельной нагрузки на 1 алмаз для конкретной горной породы), а также зависимости количества промывочной жидкости от скорости ее движения в кольцевом пространстве (для различных диаметров коронок и бурильных труб) и др.

Построение аналогичных графиков существенно упростит и повысит оперативность проектирования и контроля за соблюдением технологических параметров режима алмазного бурения в производственных условиях.

В. Г. Кардышем предложена номограмма, учитывающая увеличение необходимой мощности привода станка в зависимости от частоты вращения снаряда для коронок различного диаметра и бурильных труб разного качества. С помощью этой номограммы (рис. 21, г) можно определить частоты вращения, необходимые для эффективного бурения в горных породах различной категории по буримости, и установить возможность реализации этих частот на станке с данной мощностью привода. Зоны частот вращения для породы каждой категории ограничены горизонтальными линиями, верхняя из которых соответствует рациональным значениям, а нижняя — допустимым (при недостаточной мощности станка, низком качестве труб). Различие в значениях мощности в зависимости от качества труб возрастает от 20 до 100% по мере увеличения частоты вращения. В пределах одной категории мощность, необходимая для реализации частот вращения в рекомендуемом диапазоне оборотов, для каждого типа труб также изменяется от 20 до 100%.

Для определения возможной частоты вращения коронки при известных мощности привода станка, диаметре коронки и качестве бурильных труб необходимо провести восстающую вертикальную линию из точки на оси абсцисс, соответствующей данной мощности: проекция (на ось ординат) точек пересечения вертикальной линии с кривыми для различных диаметров коронок и труб различного качества соответствует частотам вращения, которые могут использоваться при бурении на максимальную глубину

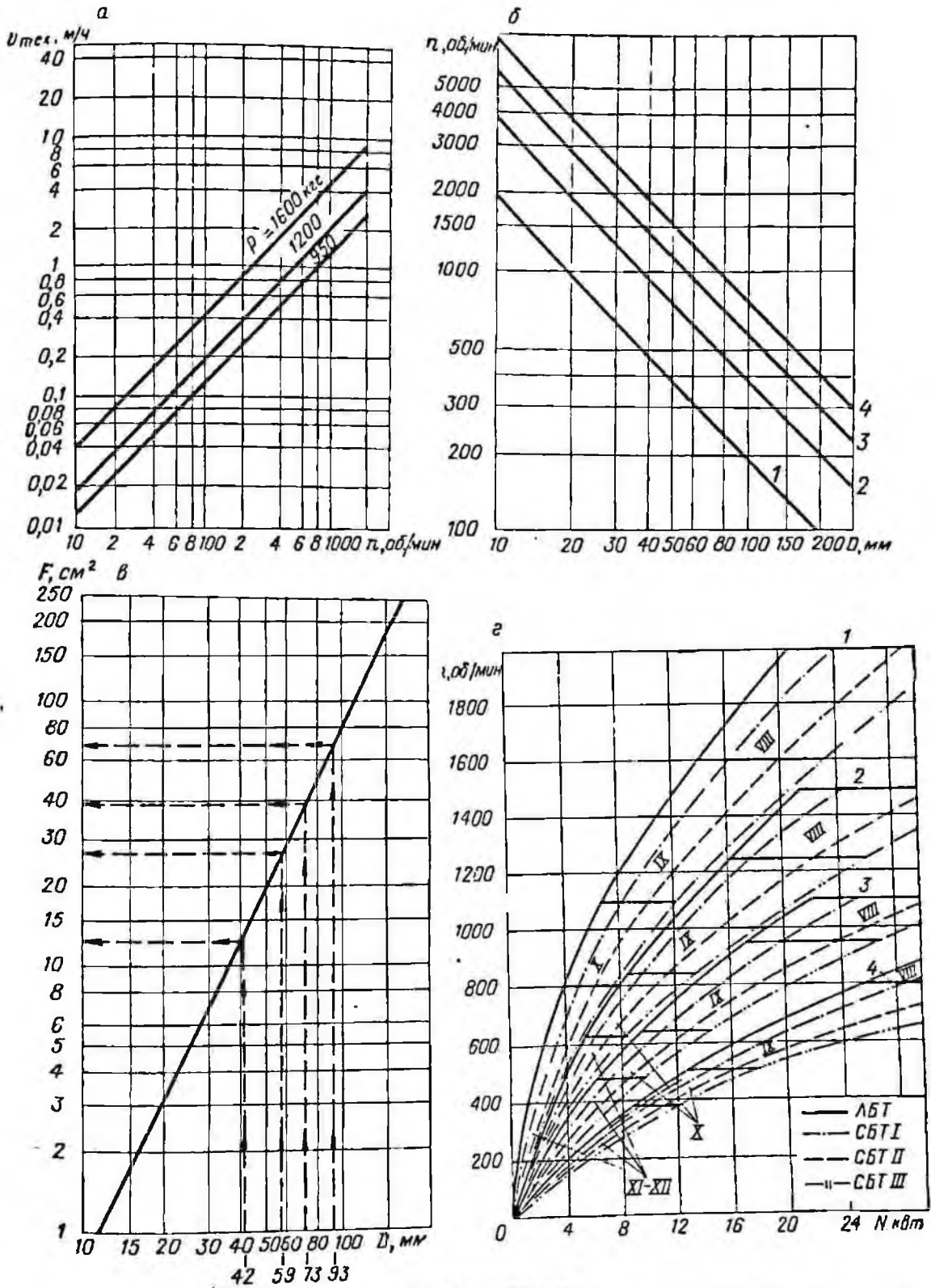


Рис. 21. Справочные графики (а-в) и номограмма (г) для определения некоторых параметров режима бурения в конкретных геологических условиях.

а — механическая скорость бурения; б — рациональная частота вращения алмазной коронки; в — разбуриваемая площадь забоя; г — зависимость частоты вращения от геологических условий бурения для скважин глубиной 300 м, VIII—XII — категории пород по буримости, диаметр коронки, мм: 1 — 36, 2 — 46, 3 — 59, 4 — 76.

(в рассматриваемом случае до 300 м).

Наоборот, зная геолого-технические условия бурения (категорию горных пород по буримости, состояние бурильной колонны), можно выбрать мощность привода и, следовательно, типоразмер станка, необходимый для осуществления рекомендуемых режимов. В этом случае из точки пересечения горизонтальной линии заданной частоты вращения с кривой диаметра скважины и типа бурильных труб в зоне, соответствующей выбранной категории пород по буримости, опускается перпендикуляр на ось абсцисс, на которой и определится величина мощности.

§ 3. РЕЖИМЫ БУРЕНИЯ АЛМАЗНЫМИ ДОЛОТАМИ

Основными критериями при выборе параметров режима бурения алмазными долотами должны быть допустимая нагрузка на алмазы и критическая окружная скорость, определяемые соответственно прочностью алмазов и существующими нормами промывки и твердостью пород.

Нагрузку на долото (кгс) можно определить по формуле

$$P = pF,$$

где F — площадь проекции торца долота, см²; p — рекомендуемые значения удельных нагрузок для раз-

ных типов долот и коронок, кгс/см² (для однослойных 50—70, для импрегнированных 75—90 до 120 кгс/см²).

Частота вращения алмазных долот (об./мин) определяется исходя из критической окружной скорости вращения долота:

$$n = \frac{60\omega_{кр}}{\pi D},$$

где D — диаметр долота, м; $\omega_{кр}$ — критическая окружная скорость, м/сек; для алмазных долот геологоразведочного стандарта значение $\omega_{кр}$ можно принять равным 1—1,6 м/сек.

Исследованиями Уфимского нефтяного научно-исследовательского института (УФНИИ) установлено, что количество промывочной жидкости (л/сек) может быть определено из формулы

$$Q = k_0 S_3,$$

где S_3 — площадь забоя скважины, см²; k_0 — коэффициент очистки (охлаждения) забоя, характеризующий расход жидкости на площади последнего в 1 см² за 1 сек, см³/(сек·см²). Численное значение k_0 колеблется от 0,06 до 0,10 см³/(сек·см²). Учитывая особенности геологоразведочного бурения, можно рекомендовать меньшие значения k_0 : 0,02—0,04 см³/(сек·см²).

Режимные параметры для алмазных долот, рассчитанные по указанным формулам, приведены в табл. 25.

Таблица 25

Рекомендуемые режимы бурения
алмазными долотами

Параметры	Типоразмеры долот		
	08А3-46	08П3-46	09А3-59
Площадь проекции торца долота, см ²	15,5	15,45	26,8
Осевая нагрузка, кгс	780—1080	1160—1380	1350—1870
Частота вращения, об./мин	415—700	до 1800 410—700	325—520
Количество промывочной жидкости, л/мин	20—40	20—40	30—50

Для трещиноватых пород расчетные нагрузки следует уменьшать на 50%. При бурении неоднородных по твердости трещиноватых пород также необходимо уменьшить частоту вращения долота до 128—150 об./мин.

Исследованиями УФНИИ также установлено, что мощность бурового станка, необходимая для разрушения пород забоя, при алмазном бурении пропорциональна частоте вращения и нагрузке и что ее удельное значение составляет 0,157—0,170 квт/см².

§ 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ГАШЕНИЯ ВИБРАЦИИ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

ПРИЧИНЫ ВИБРАЦИИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Высокие частоты вращения алмазного породоразрушающего инструмента позволяют значительно увеличить скорости бурения скважин. Однако переход на высокие частоты вращения является сложным процессом, требующим осуществления ряда технических и технологических мероприятий, направленных прежде всего на борьбу с вибрациями.

Работающая в скважине колонна бурильных труб представляет собой упругую систему, в нижней части опирающуюся через алмазную коронку на забой скважины, а в верхней — закрепленную в шпинделе станка. Под влиянием крутящего момента и нагрузки эта система уподобляется пружине с большим шагом между витками, значение которого зависит от действующих на колонну усилий, а также от диаметра скважины. Вращаясь, такая упругая нагруженная система испытывает многообразные по форме и режиму колебания, периодически меняются отклонение ее оси от оси скважины, угол закручивания и

размах колебаний. Колебательные процессы бурильной колонны носят название вибраций. Режим вибраций характеризуется числом колебаний в единицу времени (частотой) и наибольшим отклонением колонны от оси скважины (амплитудой), а также размахом колебаний, который соответствует удвоенной амплитуде; величина, обратная частоте, называется периодом колебаний (время между двумя последовательными одинаковыми состояниями системы). При совпадении частоты вынужденных возмущающих сил с частотой собственных колебаний колонны возникают резонансные явления, амплитуда и частота колебаний возрастают и появляется вибрация. Частота вращения колонны, приводящая к резонансу, называется критической.

Для успешной борьбы с вибрациями бурильной колонны в производственных условиях необходимо знать причины их возникновения; иначе говоря, лучшим способом борьбы с вибрациями является устранение причин, их вызывающих.

Причины вибраций разделяются на три группы: геологические, технические и технологические.

I. Геологические причины: перемежающиеся твердые (тонкослоистые роговики, джеспилиты, кварциты) и мягкие горные породы, а также породы, имеющие неравномерную зернистость и неоднородную структуру; разрушенные и трещиноватые породы; осадочные и слоистые, полосчатые и гнейсовидные, слоистость или сланцеватость которых образует острый угол с осью скважины; особенно обрушающиеся или кавернозные породы, а также породы, образующие «желоба», в которых бурильная колонна может иметь сильный изгиб.

II. Технические причины:

1) искривленные бурильные и колонковые трубы; отсутствие соосности в колонне из-за неправильного изготовления резьбовых соединений

и корпусов шпелелей, муфт и замков; неравномерный односторонний износ труб и соединений;

2) большие зазоры между бурильными трубами и стенками скважины; недостаточная жесткость бурильного вала; повышенная разработка отдельных интервалов ствола и отклонение формы сечения скважины от кольцевого;

3) неправильный монтаж и неудовлетворительное состояние бурового оборудования (недостаточные массивность и жесткость фундамента станка, установка станка на наклонной площадке, нежесткое закрепление станины); неравномерная работа станками с недостаточной мощностью привода; износ втулок или искривление направляющих штоков гидроцилиндров; износ зубчатых передач; отсутствие соосности шпинделя и скважины; эксцентричное закрепление ведущей бурильной трубы в шпинделе станка; применение несбалансированных буровых салышников; неравномерная подача маслонасосом масла в гидроцилиндры; люфты в зацеплениях зубчатых передач; смещение кронблока по отношению к центру скважины; смещение каната, набегающего на ролик кронблока, по отношению к оси скважины и т. п.

III. Технологические причины:

1) применение алмазных коронок, не соответствующих по типу физико-механическим свойствам и буримости горных пород, а также коронок с односторонним износом торца, с зашлифованными алмазами или большим количеством сколотых, выпавших алмазов; бурение перемежающихся по твердости пород без алмазного калибрующего расширителя;

2) отклонение рекомендуемых значений параметров режима бурения от оптимальных или рациональных для данных условий бурения: превышение осевой нагрузки на коронку и частоты вращения инструмента, подача чрезмерно большого

количества промывочной жидкости, бурение при высоком давлении и пульсации жидкости в бурильных трубах;

3) бурение при самозаклинивании керна, при значительных искривлениях ствола скважины, при наличии на забое кусков металла или горной породы, по керну, оставленному в скважине;

4) применение неисправных или некачественных ключей, штангодержателей или патронов с плашками, сминающими бурильные и колонковые трубы.

Вибрации оказывают многофакторное, весьма вредное влияние на технологический процесс бурения, работу оборудования и инструмента. Резко возрастают (в 2—2,5 раза) затраты мощности на вращение бурового снаряда, что ограничивает применение высоких частот вращения при алмазном бурении и снижает его производительность.

При повышенном размахе колебаний создаются частые и сильные ударные нагрузки на алмазную коронку и расширитель, увеличивающие их износ и вызывающие скалывание секторов матрицы и выкрашивание алмазов. В колонковой трубе и коронке керна интенсивно скалывается и разрушается, происходит его истирание и самозаклинивание, что приводит к снижению выхода керна и уменьшению проходки за рейс. Из-за частых ударов бурильной колонны повышается износ обсадных труб, нарушается затрубная цементация обсадной колонны: на незакрепленных участках ствола образуются выбоины (желоба), в разрушенных зонах возникают вывалы кусков горных пород, которые заклинивают снаряд в скважине. В бурильных трубах и соединениях возникают большие напряжения, усиливается усталостный износ; при соударениях со стенками скважины повышается абразивный износ инструмента, труб; в связи с этим увеличивается коли-

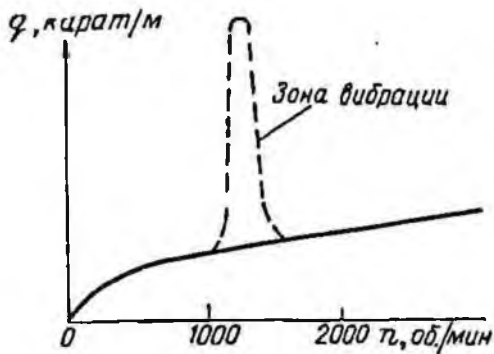


Рис. 22. График зависимости расхода алмазов от режима работы буровой коронки.

чество аварий из-за обрывов снаряда и его прихватов. Расшатываются крепления узлов бурового агрегата, возрастает их износ, преждевременно выходят из строя аппаратура и приборы, установленные на агрегате.

На рис. 22 показана зависимость расхода алмазов от режима работы буровой коронки. Из графика видно, что в режиме, когда бурильная колонна вибрирует, расход алмазов резко увеличивается. Этот факт является характерным наглядным примером вредных последствий вибрации при алмазном бурении и подтверждает необходимость борьбы с ней.

Выбор оптимальных для данного конкретного случая антивибрационных средств зависит от соблюдения областей их рационального применения. Научно-исследовательскими работами и практикой производственных организаций установлено, что комплекс антивибрационных методов и средств для алмазного бурения может эффективно использоваться только при учете определенных условий. Классификации известных антивибрационных методов и средств и области их рационального использования приведены в [10, 82].

Применительно к конкретным условиям бурения рекомендуется уточнять на основе практического опыта и экспериментальных работ

эффективность применения антивибрационных средств [78]. При этом следует помнить, что рационально подобранные антивибрационные средства и методы не исключают, а дополняют друг друга, обеспечивая нормальную работу бурового оборудования (на поверхности), бурильной колонны (в скважине) и алмазной коронки (на забое). Описание конструкций механических средств, включаемых в состав бурового снаряда, принципов их работы и влияния на снижение вибраций дано в ряде работ [10, 39, 78]; роль эмульсионных промывочных жидкостей как специальных антивибрационных средств изложена ниже (см. гл. IX).

МЕРОПРИЯТИЯ, ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ ВИБРАЦИИ БУРОВОГО СТАНКА, БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ И ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Технико-технологические и организационные мероприятия, применяемые в качестве профилактики появления вибраций, следует осуществлять во всех случаях алмазного геологоразведочного бурения. В силу универсальности эти мероприятия следует считать обязательными для всех бригад, бурящих скважины алмазным способом. К основным мероприятиям этой группы относятся: соблюдение правил монтажа бурового оборудования и сборки бурового снаряда, применение сбалансированной колонны бурильных труб, выбор и поддержание оптимальных (рациональных) технологических режимов бурения. Следует помнить при этом, что профилактические мероприятия по устранению причин вибрации эффективны только в том случае, если они касаются всех без исключения звеньев системы, передающей вращение буровой коронке: двигатель—фрикцион—коробка скоростей—вращатель бурового станка—ведущая труба—колонна бу-

рильных труб—колонковый набор—породоразрушающий инструмент.

Одной из причин вибрации инструмента при бурении является неудовлетворительный монтаж бурового станка и двигателя. Установлено, что частота колебаний узлов станка и двигателя практически кратна частоте вращения двигателя или шпинделя станка. Размах колебаний узлов оборудования при частоте вращения шпинделя в пределах 500—1500 об./мин, согласно принятым в машиностроении нормативам, не должен превышать 0,15—0,10 мм. Поэтому немаловажную роль играет строгое соблюдение правил монтажа бурового оборудования и требований технической эксплуатации бурового агрегата. Буровой станок и двигатель при монтаже должны прочно закрепляться на жестком и устойчивом фундаменте. Если буровой станок эксплуатируется с двигателем внутреннего сгорания, фундаменты для станка и двигателя должны быть раздельными. При стационарных буровых установках могут применяться как разборные бетонные фундаменты, так и сооружаемые на месте бурения скважины.

Разборные фундаменты собираются из бетонных блоков с сечением не менее 500×600 мм и длиной на 300 мм больше длины станка. В блоках заделываются крепежные болты в соответствии с расположением отверстий в раме станка. Блоки углубляются в грунт на 30—40 см и устанавливаются строго горизонтально и на одном уровне. Порядок монтажа буровых станков на стационарных бутобетонных фундаментах описан в ряде работ [10, 82].

Правильный расчет и строительство фундамента под буровой станок наряду с улучшением балансировки «ротора», состоящего из шпинделя бурового станка с закрепленным в нем буровым снарядом, позволяют существенно уменьшить вибрации, источником кото-

рых является работающий буровой агрегат. При этом следует заботиться также о том, чтобы фундамент станка не передавал вибраций через подошву. В зависимости от качества грунта и частоты вибраций возбуждение через подошву и грунт может распространяться на пол, стены и в целом на буровую установку с башенной вышкой, действуя в том числе и на находящиеся в буровом здании рабочих-буровиков. Так, песчаный грунт при достаточной влажности может передавать вибрации без существенного демпфирования на значительные расстояния. В этом случае для защиты от вибраций работающих на буровой необходимо подкладывать под фундамент слой войлока или специальные резиновые коврики. Расчеты изоляции фундамента в этом случае могут быть проведены по рекомендациям специальных работ [66].

Техническое состояние бурового станка для бурения скважин алмазным способом должно отвечать всем требованиям работы на повышенных частотах вращения снаряда. Применение станков, имеющих увеличенные люфты в зацеплениях зубчатых передач, повышенный износ направляющих станины станка и захватов станины с рамой, износ направляющих штоков гидроцилиндров, несбалансированные зажимные патроны, изношенные зажимные плашки и прочие неисправности, приводит к вибрации самого станка и ведущей бурильной трубы, а следовательно, и всей бурильной колонны.

Ведущую (шпиндельную) бурильную трубу следует возможно точнее центрировать в зажимных патронах шпинделя. Недопустимо использовать в качестве рабочей трубы изношенные, помятые ключом или искривленные трубы. Общая кривизна рабочей трубы не должна превышать 1 мм на 1 м ее длины. Рабочую трубу целесообразно изгото-

тавливать из специальных труб с увеличенной толщиной стенки (8—10 мм).

Предупреждение вибраций бурового станка приводит к устранению преждевременных усталостных поломок в нем, повышает его долговечность и создает одновременно нормальные условия для обработки алмазных коронок. Для обеспечения условий нормальной эксплуатации машин ГОСТ и ряд ведомственных нормалей в нашей стране устанавливают допустимые нормы вибрации для механизмов различного типа. Применительно к буро-

вым станкам оценку допустимости уровня вибраций (по амплитуде) рекомендуется осуществлять по формуле [43]:

$$2A = C_k / \sqrt{n},$$

где $2A$ — размах колебаний; C_k — коэффициент, характеризующий качество уравнивания ($C_k=1$ — «отличное», $C_k=2$ — «хорошее», $C_k=3$ — «удовлетворительное»); n — частота вращения шпинделя бурового станка, об./мин. В табл. 26 приведены допустимые значения размаха колебаний, вычисленные по указанной формуле.

Таблица 26

Допустимый уровень вибраций буровых станков (по амплитуде)

Коэффициент C_k	Частота вращения шпинделя бурового станка, об./мин								
	500	700	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
1	0,045	0,038	0,033	0,031	0,03	0,029	0,028	0,026	0,025
2	0,089	0,075	0,067	0,063	0,05	0,058	0,055	0,053	0,051
3	0,135	0,113	0,100	0,095	0,09	0,086	0,083	0,080	0,077

Теорией и практикой доказано, что бурить скважины алмазным способом с высокими частотами вращения инструмента возможно лишь при условии использования колонны бурильных труб, близкой к гладкоствольной с ниппельными, ниппельно-замковыми или муфтово-замковыми соединениями и значительно отличающейся по диаметру от диаметра скважины.

При уменьшении зазора между стенками скважины и трубами колонна практически не искривляется, снижается трение труб о стенки скважины, а следовательно, уменьшаются силы, вызывающие вибрацию. Поэтому повышается возможная частота вращения инструмента, а на породоразрушающий инструмент могут быть переданы большие осевые нагрузки.

Оптимальные параметры бурильных труб и соединений, обеспечива-

ющие при бурении минимальные зазоры между колонной бурильных труб и стенками скважины, должны выбираться в зависимости от наружного диаметра применяемой алмазной коронки, так как снижение зазоров позволяет уменьшить опасные поперечные колебания колонны.

Основной недостаток применяемых в настоящее время бурильных труб — тенденция к сильной вибрации при высоких частотах вращения, которая обуславливается нерациональным соотношением диаметров бурильных труб и скважин (рациональные соотношения для труб ниппельного соединения должны быть равны 0,89—0,925). Наилучшие соотношения диаметров алмазных коронок и бурильных труб существующего стандарта следующие:

Диаметры алмазных коронок, мм	36	46	59	76
Диаметры бурильных труб, мм:				
ниппельного соединения	33,5	42,0	50,0	63,5
муфтового-замкового соединения	—	—	50,0	50,0
			с соединенными от снаряда 42	

Положительные результаты могут быть получены при использовании буровой колонны диаметром 50 мм, в которой стандартные муфтово-замковые соединения заменены на специальные ниппеля и ниппельные замки диаметром 56 мм [82]. Это позволяет успешно применять такую колонну для бурения алмазными коронками диаметром 59 мм, так как она приближается по своим свойствам к гладкоствольной ниппельной, т. е. оптимальному виду бурового снаряда для алмазного бурения.

В геологоразведочное производство начинают поступать (пока опытными партиями) бурильные трубы новой нормы, удовлетворяющие современным и перспективным требованиям бурения скважин на твердые полезные ископаемые [82]. Рациональное соотношение диаметров этих бурильных труб и скважин в сочетании с рациональными конструкциями резьбы соединений труб позволяет увеличить частоту вращения бурового снаряда в 1,5—2,5 раза по сравнению с применяемыми. Повышенная точность изготовления новых бурильных труб позволяет улучшить соосность резьбовых соединений и тем самым сбалансированность всей бурильной колонны. Возможность возникновения вибраций колонны уменьшена также за счет того, что поля допускаемых отклонений на изготовление бурильных труб приняты в 1,5—1,7 раза меньшими, чем в существующем стандарте.

В условиях интенсивных вибраций целесообразно также применение легкосплавных труб как технического средства, обладающего антивибрационными качествами. Ис-

следования демпфирующей способности труб из алюминиевых сплавов показали, что затухание колебаний в легкосплавных бурильных трубах в 1,6—4 раза эффективнее, чем в стальных [42].

Интенсивность продольных и крутильных колебаний во многом зависит от параметров режима бурения, коэффициента трения на контакте стенки скважины — бурильные трубы, а также и от величины кольцевого зазора между скважиной и трубами. Поперечные же колебания определяются в основном центробежными силами, возникающими при вращении изогнутых бурильных труб. Поэтому в борьбе с поперечными колебаниями рациональны центрирующие соединения (рис. 23). При отсутствии сбалансированных бурильных труб новой нормы быстрое внедрение центрирующих соединений является особенно актуальной задачей. Можно, однако, ожидать, что и при работе с бурильными трубами новых стандартов применение центрирующих соединений будет обеспечивать положительный эффект. При работе с любыми бурильными трубами прежде всего должно быть стабилизировано вращение переходника колонковой трубы. Центрирующий переходник (рис. 24) на колонковой трубе предотвращает отклонение ее оси от оси скважины и деформацию трубы, которые приводят к возникновению собственных поперечных колебаний.

Деформированные колонковые трубы подвержены более интенсивному износу, способствуют искривлениям скважины, разрушению керна, более частым его самозаклиниваниям, ухудшают качественные

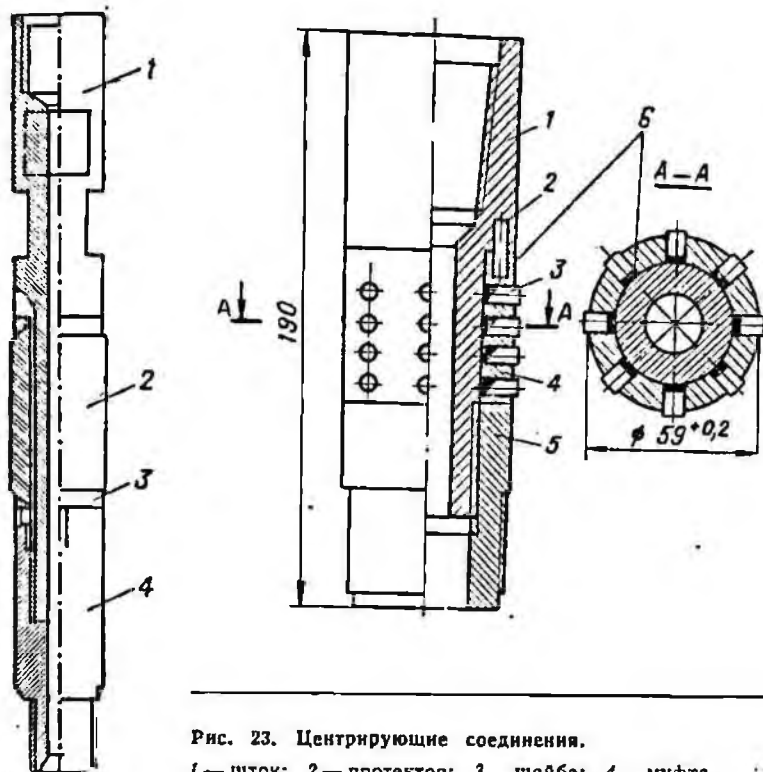


Рис. 24. Центрирующий переходник.

1 — переходник; 2 — штифт;
3 — твердосплавный резец;
4 — протектор; 5 — ниппель;
6 — свинец.

Рис. 23. Центрирующие соединения.

1 — шток; 2 — протектор; 3 — шайба; 4 — муфта.

показатели бурения. Прогиб трубы приводит к эксцентричному приложению осевой нагрузки, т. е. к аномальному износу алмазных коронок. В связи с этим обязательным является также применение алмазных калибровочных расширителей, которые предотвращают отклонение формы сечения ствола от круглого, уменьшают искривление скважины, стабилизируют колонковый набор. Стабилизация колонкового набора (и бурильной колонны в целом) — один из важнейших факторов, определяющих эффективность работы алмазного породоразрушающего инструмента: при стабилизации коронки в скважине достигается равномерное нагружение всех алмазов, а также равномерное распределение промывочной жидкости по всем секторам, армированным алмазами. В ряде случаев целесообразно центрировать колонковый набор на забое путем установки двух расширителей над коронкой и колонковой трубой.

При определении места установки центрирующих соединений можно руководствоваться рекомендациями табл. 27. В оптимальном варианте центрируется вся сжатая часть колонны бурильных труб. Практически же центрируются две последние перед колонковой трубой свечи бурильной колонны. В крайнем случае можно ограничиться постановкой всего двух центраторов выше переходника колонковой трубы. Следует помнить, что алмазный породоразрушающий инструмент хо-

Таблица 27

Рекомендации по выбору диаметра центраторов и их установке в бурильной колонне

скважины	Диаметр, мм		Расстояние между центраторами, м
	бурильных труб	центраторов	
46	42	45,0	4,6
59	42 и 50	58,0	4,5
76	50	74,5	4,5

рошо работает с одними видами стабилизаторов и плохо с другими. Это происходит вследствие того, что для исключения вибраций («качки») алмазной коронки или долота на забое стабилизатор должен быть почти одного диаметра с алмазным породоразрушающим инструментом, быть строго концентричным с его рабочей боковой поверхностью, иметь достаточную площадь контакта со стенкой ствола. Для алмазного инструмента, строго говоря, предпочтительны стабилизаторы, боковая поверхность которых армирована материалом, импрегнированным алмазами. Стабилизаторы с твердосплавными и другими вставками менее желательны; если же обстоятельства вынуждают их применению, то точность допусков на их изготовление должна соответствовать точности допусков алмазного породоразрушающего инструмента.

Ряд ведущих технических факторов, из которых складывается в целом технология бурения скважин, имеет прямую связь с явлениями вибраций: или служит причиной возникновения и способствует их усилению, или, наоборот, предупреждает и гасит колебания бурильного вала. Наиболее существенными факторами этого порядка в первую очередь являются конструкция скважины и параметры режима бурения. Поэтому разработка рациональной конструкции скважины, а также поиск и поддержание оптимальных значений параметров режима бурения — немаловажные и существенные мероприятия в арсенале антивибрационных методов.

При разработке конструкции скважины следует помнить, что наибольший эффект (в том числе и в части предупреждения вибраций) может быть получен при бурении всего ствола скважины алмазными коронками одного диаметра (монодиаметральная скважина). В случае, когда скважина по геологиче-

ским условиям бурится ступенчатой конструкции, верхние интервалы ее следует закреплять обсадными трубами малого диаметра (73, 89 мм) и цементировать обсадную колонну на всю длину. Целесообразно и колонну бурильных труб в этом случае собирать ступенчатой по диаметрам (для уменьшения зазора между стенками скважины и колонной). Если же верхняя часть скважины закреплена трубами большого диаметра (108 и 127 мм), участок бурильной колонны, работающей в этом интервале, целесообразно защитить резиновыми протекторами, которые уменьшат изгиб и вибрацию труб.

Частоту вращения снаряда следует согласовывать с длиной свободной части ведущей трубы, выступающей над верхним патроном. Так, например, установлено, что наиболее интенсивные колебания рабочей трубы и бурового станка при частоте вращения снаряда 470—500 об./мин появляются при длине свободной части трубы диаметром 50 мм в пределах 1,5—2,2 м и трубы диаметром 63,5 мм в пределах 1,8—2,5 м. При указанной длине свободной части ведущей трубы в процессе бурения следует частоту вращения снаряда установить ниже или выше указанного диапазона; после проходки 0,5—0,7 м ее можно снова повысить.

Для предупреждения раскачивания верхнего конца рабочей трубы и сальника следует предусмотреть соответствующее крепящее устройство. Необходимо постоянно следить за работой промывочных насосов, не допускать пульсирующего режима подачи промывочной жидкости в бурильную колонну.

При снижении механической скорости бурения в малоабразивных породах из-за зашлифования алмазов и в других случаях не следует долговременно применять чрезмерные нагрузки для восстановления работоспособности коронки.

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ЭФФЕКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АНТИВИБРАЦИОННЫХ СМАЗОК

Смазка представляет собой сравнительно дорогостоящий материал (стоимость 1 т смазки типа КАВС 500—600 руб.), поэтому необходимо предпринимать все меры для наиболее экономного ее расходования и эффективного использования.

Основой экономии смазки является правильный выбор ее рецептуры из ассортимента смазок заводского изготовления применительно к условиям бурения, к виду промывочной жидкости и реагентов, которые добавляются к жидкости. Из существующих антивибрационных смазок только КАВС-40 предназначена для использования при бурении с глинистыми растворами. Остальные смазки рекомендуется применять только при бурении с водой. Неправильный выбор рецептуры смазки приведет к ее перерасходу, увеличению затрат времени на спуско-подъемные операции из-за необходимости частого обновления слоя смазки на бурильной колонне.

Хранить смазку следует в закрытом сосуде, исключающем возможность попадания в нее влаги и пыли. Запас смазки должен быть достаточным, обеспечивающим своевременное ее нанесение. Необходимо тщательно контролировать толщину наносимого на бурильную колонну с помощью стаканов и специальных устройств слоя смазки, своевременно заменять прокладки в стаканах. Превышение практически целесообразной толщины слоя 0,2—0,5 мм приводит к непроизводительному расходованию смазки и может вызвать образование пробок в скважине. Поверхности замковых соединений и муфт подлежат смазыванию через 9—12 рейсов по мере уменьшения на них смазочного слоя. Температура смазки при нанесении ее с помощью стакана должна быть

60—80°С. При такой температуре смазка не загустевает и ровным слоем покрывает поверхность труб. Спускать снаряд во время его смазки следует с равномерной скоростью, не превышающей 2 м/сек. Толщина слоя смазки может регулироваться зазором между бурильной трубой и смазывающими катками, диаметром отверстий в прокладках, температурой смазки, скоростью спуска снаряда. Увеличение зазора между катками, увеличение диаметра отверстия в прокладках, уменьшение температуры смазки и скорости спуска колонны способствуют увеличению толщины наносимого слоя смазки. Так, например, при температуре смазки 60—70°С, скорости спуска 1,5—2 м/сек и зазоре между внутренним диаметром катков (прокладок) и наружным диаметром бурильных труб 2 мм можно нанести слой смазки толщиной 0,3—0,5 мм, что вполне достаточно для поставленных целей.

Ориентировочно необходимое количество смазки (кг) рассчитывают по формуле

$$Q = 5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{30 L^2}{AK} + L \right) q_{см},$$

где L — глубина скважины, м; A — скорость бурения, м/станко-мес.; K — периодичность нанесения, или стойкость смазки (например, если смазка колонны производится 1 раз в 4 суток, то $K=4$); $q_{см}$ — количество смазки, необходимое для однократного покрытия колонны труб длиной 100 м (устанавливается опытным путем; в среднем 4—6 кг).

Наиболее целесообразно и экономически оправдано применение смазки заводского изготовления. При необходимости приготовления смазки на объектах работ следует строго придерживаться рекомендаций по составлению рецептуры смеси и технологии ее варки. Несоблюдение рекомендаций приведет к перерасходу дорогостоящих материалов, особенно канфоли, и

к весьма низкой стойкости смазки, к оплыванию ее с бурильных труб. Местные нормы расхода смазки целесообразно разрабатывать непосредственно в геологоразведочных партиях, основываясь на передовой практике применения смазки.

При бурении зон, поглощающих промывочную жидкость, рекомендуется обильно смазывать колонковую трубу и нижнюю часть колонны бурильных труб. Нередко этим способом можно уменьшить либо приостановить утечки промывочной жидкости, так как смазка способна замазывать трещины в горных породах в зонах поглощения.

В случаях, когда смазка образовала в скважине пробки, которые могут привести к аварии снаряда, рекомендуется промыть скважину 30—40%-ным раствором каустической соды или другой щелочи. Работа с такими жидкостями требует соблюдения повышенных мер безопасности. При бурении со смазкой необходимо следить за режимом промывки; чрезмерная промывка может вызвать быстрый срыв смазочного слоя с бурильных труб. Следует отметить, что промывочная жидкость насыщает смазку шламом и снижает ее вязкость. При бурении со смазкой наблюдалось также пенушивание водой смазочного слоя. Исследованиями, проведенными В. Е. Копыловым и А. Н. Трубиным, определены значения удельной связи (прилипания) смазки с поверхностью стальных труб и критические частоты вращения труб, опасные для слоя смазки в связи с возможностью ее срыва с поверхности труб под влиянием центробежных сил [43]. Установлено, что отрыв смазки при существующих частотах вращения снаряда возможен лишь в местах ее скопления над замковыми соединениями, где толщина слоя достигает 0,5—1,0 см. В будущем, когда частоты вращения алмазных коронок, возможно, возрастут, при-

емлемым способом может стать смазка стенок скважины [43].

Однако имеются отдельные сведения о срыве смазки с поверхности бурильных труб под действием центробежных сил при алмазном бурении на высоких частотах вращения бурильной колонны (1500 об./мин). Такое явление, например, наблюдалось в Ковдорской ГРП Северо-Западного территориального геологического управления (СЗТГУ) при проведении ВИТР производственных испытаний опытного образца плавнорегулируемого электропривода совместно с буровым станком СБА-500.

Представления о работе смазочного слоя в скважине сейчас еще только накапливаются. Решение ряда вопросов, связанных с расчетами параметров смазки, позволит увеличить эффективность смазки как антивибрационного средства.

Основными критериями, определяющими качество и работоспособность смазочной пленки, являются: вязкость μ , коэффициент смываемости a_0 , коэффициент прилипания K_0 и расход смазки ΔP на 1 м длины бурильных труб за 1 станко-смену. Эти критерии определены В. Е. Копыловым [42]:

$$\mu = \frac{Qh_1^3}{9,4 \eta a^2 b (h_1 - h_2)},$$

где μ — вязкость смазки, необходимая для конкретных условий бурения; Q — амплитуда поперечной возбуждающей силы; h_1, h_2 — начальная и конечная толщина смазочного слоя; η — собственная частота поперечных колебаний бурильных труб; a, b — параметры площадки касания труб и стенки скважины;

$$a_0 = 0,04 \frac{\Delta P \rho_1}{(rtl \gamma)^2 v};$$

$$K_0 = 1 + \sqrt{a_n/a_{n+1}};$$

$$\Delta P = 2\pi r t l \gamma \frac{0,8 v}{\sqrt{(v \rho_1)/a_0}},$$

где a_0 — коэффициент смываемости; ΔP — масса смытой смазки (расход

смазки); r_1 — радиус кривизны изогнутой бурильной трубы в сечении, параллельном оси скважины; r — радиус бурильной трубы; t — время воздействия промывки на смазку; l — длина выбранного участка трубы; γ — плотность смазки; v — скорость восходящего потока; α_n, α_{n+1} — коэффициенты смываемости на различных стадиях работы смазочного слоя при однократном покрытии поверхности бурильных труб.

Под смываемостью понимается явление уноса (отрыва) частиц смазки с поверхности бурильных труб потоком промывочной жидкости. Коэффициент прилипания позволяет оценить металлофильность выбранной смазки.

ОСОБЫЕ СЛУЧАИ ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗКИ

1. При бурении трещиноватых неустойчивых пород, когда выпадающие со стенок скважины куски породы попадают под торец коронки, смазка может применяться как средство крепления ствола скважины. В этих случаях следует покрывать торец и стенки коронки смазкой. Смазка способствует укреплению стенок скважины и сохранению их устойчивости; кроме того, она смешивается с выпавшими на забой кусками породы и облегчает врезание в них алмазной коронки.

2. В случае потери циркуляции, когда вода уходит в пористую породу и шлам не выносится на поверхность, нередко удается замазать поры густой смазкой, которой обильно покрывают колонковую трубу и бурильные трубы.

В указанных двух случаях используется густая, но не слишком прилипающая смазка.

3. Смазка в виде добавок к промывочной жидкости применяется для более легкого удаления шлама из-под торца коронки: вследствие плавучести, присущей смазочным материалам, смазка создает флота-

ционный эффект, захватывая частицы шлама на забое и поднимая их на поверхность.

При отборе шлама для анализа в процессе бурения не рекомендуется применять смазку, так как последняя искажает его качественный состав. Кроме того, частицы шлама горных пород, в том числе полезных ископаемых, прилипая к смазанным бурильным и обсадным трубам, уменьшают количество шлама, выносимого на поверхность промывочной жидкостью.

4. Смазка может быть применена в качестве средства борьбы с самозаклиниванием керна. Известно, что производительность любого способа бурения во многом зависит от проходки за рейс. Высокая стойкость алмазного породоразрушающего инструмента обеспечивает большие резервы в этом отношении. Однако анализ производственных данных показывает, что проходка за рейс составляет в среднем 1,5—2,0 м в породах IX—X категории по буримости и 0,6—1,0 м в породах XI—XII категории. При этом главной причиной коротких рейсов является самозаклинивание керна. Для предупреждения этого явления необходимо применить меры по предотвращению разрушения керна в колонковой трубе, снизить вибрацию бурового снаряда, а также уменьшить силы трения на контакте керн — труба.

С этой целью при производстве буровых работ применяется способ введения внутрь керноприемной трубы консистентной смазки. Перед началом бурения на сухую внутреннюю поверхность трубы наносят тонкий слой консистентной смазки. В связи с тем что смазку необходимо наносить перед каждым рейсом, рекомендуется иметь 1—2 запасных колонковых набора. В Норильской и Комсомольской экспедициях, где впервые был применен данный способ повышения проходки за рейс, керноприемные трубы по-

Таблица 28

Результаты применения жидких смазок

Горные породы	Вода		Увеличение проходки за рейс, м
	техническая	с добавками жидкой смазки	
Диабазы	2,43	2,80	В 1,2 раза
Габбро	2,45	5,40	2,2
Габбро-диабазы	2,70	3,87—5,12	1,4—1,9
Филлиты	2,78—3,88	3,30—5,25	1,2—1,4
Перидотиты, пироксениты	2,40—4,40	3,84—5,29	1,6—1,2

кывались консистентной смазкой следующего состава: автол, пушечная смазка и капифоль в соотношении 2:1:7 (по массе). Покрытие внутренней поверхности керноприемной трубы консистентной смазкой, по данным Н. Н. Суманеева, позволило существенно повысить проходку за рейс (на 15—80%). Наибольший эффект от применения данного способа борьбы с самозаклиниванием керна был получен в породах более высоких категорий буримости. Вместе с проходкой за рейс существенно увеличилась скорость бурения и выход керна. Положительное влияние покрытия внутренней поверхности колонковой трубы смазкой на процесс бурения обычно хорошо прослеживается на графиках изменения механической скорости бурения в течение рейса.

Несмотря на большой эффект рассматриваемого способа, он пока не получил широкого распространения из-за необходимости ежесмен-

ной замены колонкового снаряда, некоторого ухудшения санитарно-гигиенических условий труда и невозможности полного удаления смазки с поверхности керна.

Для уменьшения сил трения в колонковой трубе особенно перспективен способ введения жидких смазок в полость трубы вместе с потоком жидкости. При этом значительно снижается трение не только на контакте керн—труба, но и между отдельными кусками керна и предотвращается их истирание. Влияние жидких смазок на увеличение проходки за рейс подтвердили результаты опытных работ ВИТР в разведочных партиях СЗТУ (табл. 28).

Таким образом, установлена новая область применения смазок. Однако для уточнения условий, в которых этот способ наиболее эффективен, для уточнения рецептов смазок исследования должны быть продолжены.

ГЛАВА V

ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ АЛМАЗНОГО ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

§ 1. СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ КОРОНОК

Одним из мероприятий, способствующих повышению эффективности использования алмазного сырья, является внедрение системы рациональной отработки алмазных коронок, разработанной ВИТР¹ совместно с рядом производственных организаций. Исследованиями по выявлению основных закономерностей и установлению рационального уровня отработки коронок, критериев снятия с работы коронок и соотношения между качеством и количеством извлеченного сырья показано, что рациональная отработка однослойных коронок обеспечивает возврат алмазов на 40—60% больше, чем при отработке их до полного износа. Удельный расход алмазов в этих случаях на 40—50% ниже, а показатели работоспособности алмазных коронок, как правило, выше, чем при обычной эксплуатации. Так, в большинстве случаев проходка на коронку на 6—10% выше, а за счет повторного использования годной фракции возвращенных в эксплуатацию алмазов общая проходка на коронку повышается еще на 20—25% [8, 28]. Все это позволяет значительно повысить экономическую эффективность использования алмазов при бурении скважин.

Под системой рациональной отработки алмазных коронок понимается

комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на повышение эффективности использования алмазного сырья. Система рациональной отработки коронок предусматривает:

1) подбор и применение алмазных коронок в соответствии с физико-механическими свойствами горных пород;

2) строгое соблюдение технических приемов и применение оптимальных (рациональных) режимов алмазного бурения;

3) своевременное снятие однослойных алмазных коронок с эксплуатации по достижении ими рационального уровня отработки на основании научно обоснованных и экспериментально подтвержденных критериев;

4) повторное использование извлеченного алмазного сырья в коронках, поставляемых по дополнительным фондам.

При подготовке к переходу на систему рациональной отработки и в процессе ее осуществления геологическими организациями должны быть решены следующие вопросы:

— установлены причины выхода алмазных коронок из строя в данном районе работ;

— выбраны критерии оценки рационального уровня отработки коронок, т. е. определен момент снятия коронки с эксплуатации;

— проверены нормы возврата алмазов.

¹ В работе участвовали канд. техн. наук О. С. Головин, Д. Н. Плавский, В. И. Васильев.

ИЗУЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗНОСА АЛМАЗНЫХ КОРОНОК

Анализ видов и характера износа коронок позволяет условно объединить причины выхода коронок из строя в две группы: технические и технологические.

К техническим относятся факторы, зависящие от конструктивных особенностей коронки (диаметр, качество изготовления, конструкция коронки, качество алмазов и др.), к технологическим — факторы, которые оказывают влияние на стойкость коронок непосредственно в процессе их эксплуатации. Из технологических факторов наиболее существенное значение имеют:

1) несоответствие применяемых типов алмазных коронок геолого-техническим условиям бурения. Этот фактор является наиболее существенным. Чаще всего такое несоответствие заключается в применении однослойных коронок для бурения пород высоких категорий (выше IX), а также в использовании коронок, зернистость и твердость матрицы которых не соответствуют физико-механическим свойствам горных пород;

2) нарушение буровым персоналом технических приемов алмазного бурения. Наиболее распространенными нарушениями являются бурение алмазными коронками по металлу или керну, смятие матрицы ключами, бурение в зауженной скважине;

3) несоблюдение рациональных и оптимальных режимов бурения. Самым серьезным нарушением является несоблюдение режима промывки, из-за чего происходят «прижоги» коронок, которые составляют 30—50% всех случаев аварий с алмазными коронками.

Выяснение причин, влияющих на преждевременное снятие коронок с работы на данном месторождении, позволит найти пути их ликвидации и снизить непроизводительные по-

тери алмазного сырья. Однако определить причину преждевременного выхода алмазных коронок из строя и тем самым попытаться ее устранить часто бывает непросто. Этому в определенной степени может помочь изучение и систематизация видов износа алмазов, матрицы и корпуса коронки. В табл. 29 приводится примерная классификация видов износа алмазных коронок.

Приведенная группировка видов износа хотя и несколько условна, но дает возможность найти причины преждевременного выхода коронки из строя, а также определить визуальные критерии для оценки рационального уровня отработки коронки.

КРИТЕРИИ РАЦИОНАЛЬНОГО УРОВНЯ ОТРАБОТКИ АЛМАЗНЫХ КОРОНОК

Требования к отработке однослойных, многослойных и импрегнированных коронок различны. Поэтому и методы оценки рационального уровня отработки коронок неодинаковы.

Под рациональным уровнем отработки алмазных коронок понимается такая проходка на коронку, при которой обеспечивается минимальный удельный расход алмазов.

Исследования показывают, что импрегнированные коронки целесообразно обрабатывать до полного износа матрицы. В этом случае удельный расход алмазов по мере отработки коронки практически не меняется. Многослойные коронки, являющиеся разновидностью импрегнированных, также целесообразно обрабатывать до полного износа алмазов. Однако это требование справедливо при равномерном износе матрицы. В случае появления на торце матрицы фасок, глубина и ширина которых от рейса к рейсу прогрессирующе увеличиваются, коронку следует снять с работы.

Специфические требования предъявляются к эксплуатации однослой-

Характерные признаки износа (см. рис. 26)	Основные причины износа и мероприятия по их устранению	Критерии снятия коронки
---	--	-------------------------

Нормальный технологический износ матрицы и алмазов

Равномерный износ по высоте и внутренней и наружной боковым поверхностям матрицы (износ по диаметрам)

Процесс разрушения горной породы

Износ по высоте зависит от крупности алмазов; допустимые значения в связи с этим колеблются от 0,5 до 1,1 мм

При снятии с работы однослойной коронки учитывается совокупность износа матрицы по высоте и боковым поверхностям (см. табл. 31); определяющим при этом является износ по диаметрам. Многослойные коронки снимаются с работы при износе матрицы по диаметрам наружной и боковой поверхностей более чем на 0,4—0,6 мм и по высоте более 2,0 мм. Импрегнированные коронки снимаются при полном износе алмазосодержащего слоя, т. е. при износе матрицы по высоте на 4—6 мм, при износе матрицы по диаметрам более чем на 0,4—0,6 мм

Аварийно-технологический износ матрицы и алмазов

Прижог коронки (см. рис. 81)

Матрица или одна ее сторона сработаны «на конус» или ступенчато с образованием кольцевых уступов на наружных и внутренних краях

Следы металла на матрице и корпусе коронки

Недостаточное охлаждение алмазной коронки (см. гл. X)

Чрезмерные осевые нагрузки на коронку; бурение по керну или разбуривание столбика керна на забое; бурение в суженном интервале скважины. Коронку снять с работы. Забой скважины выровнять торцевой фрезой или долотом; зауженную часть скважины расширить конусным расширителем

Наличие кусочков металла на забое скважины. Необходимо очистить забой

Коронка снимается в зависимости от степени повреждения матрицы и корпуса

Характерные признаки износа (см. рис. 26)	Основные причины износа и мероприятия по их устранению	Критерии снятия коронки
---	--	-------------------------

Абразивно-технологический износ

Сильное обнажение алмазов, угрожающее их сколами или выпадением	Слишком мягкая матрица для данных пород или чрезмерное количество шлама на забое в результате недостаточной промывки. Перейти на бурение коронками, имеющими более твердые матрицы. Многослойные и импрегнированные коронки можно опробовать в одном рейсе, увеличив количество промывочной жидкости на 50% по сравнению с предыдущим рейсом	Однослойные коронки снять при обнажении алмазов более $\frac{1}{3}$ их среднего диаметра
Заполированное алмазов и матрицы	Слишком твердая матрица; отсутствие на забое абразивного шлама для заточки матрицы в результате чрезмерной промывки; недостаточная осевая нагрузка (в твердых породах). Перейти на бурение коронками с более мягкой матрицей; увеличить осевую нагрузку; уменьшить количество промывочной жидкости; заточить коронку бурением по абразиву	
Образование борозд (канавок) на торце или периферии матрицы	Под торец алмазосодержащей матрицы попали выкрошившиеся алмазные зерна; несовершенство перекрытия торца матрицы алмазами; неравномерное распределение нагрузок и трения по поверхности торца в результате торцевого или радиального биения коронки; наличие вибраций коронки; самозаклинивание керна или его обуривание	Однослойные коронки снимаются с работы при любой глубине канавок; многослойные — при глубине канавок, достигающей алмазов третьего слоя; импрегнированные — при глубине канавок, достигшей толщины алмазосодержащего слоя матрицы
Сильный «размыв» (эрозия) матрицы или корпуса коронки, грозящий отрывом матрицы	При подаче недостаточного количества промывочной жидкости шлам абразивных пород истирает боковые поверхности корпуса коронки, оставляя глубокие узкие канавки, непараллельные торцу. Широкие размывы и истирания внутренней поверхности коронки происходят в результате подклинивания кусочков керна и др.	Коронку снимают, если глубина канавок превышает 1,5—2,0 мм или если корпус коронки истерт в резьбовой части на глубину более 0,8 мм

Механический износ

Выкрашивание матрицы и скол ее секторов	Заводские дефекты; бурение по трещиноватым твердым породам; неосторожный спуск (удары) в скважину; бурение по керну твердых пород; спуск в зауженную скважину и др. Коронку снять с работы
---	--

Характерные признаки износа (см. рис. 26)	Основные причины износа и мероприятия по их устранению	Критерии снятия коронки
Трещины в матрице Смятие матрицы и корпуса Повреждения резьбы	Применение чрезмерных осевых нагрузок; самозаклинивание керна; использование не соответствующих назначению короночных ключей; падение коронок; заводские дефекты и др. Коронку снять с работы Неправильное применение короночных ключей (деформация при навинчивании) или применение ключей, не соответствующих назначению, и т. п. Коронку снять с работы Абразивный износ резьбы; неправильная (несоосная) нарезка и т. д. Коронку снять с работы	

ных алмазных коронок. По мере отработки последних износ объемных алмазов происходит неравномерно.

Лабораторными и производственными исследованиями по изучению степени рациональной отработки алмазных коронок, а также по определению количества и качества извлекаемого из использованных коронок алмазного сырья установлены критерии оценки степени износа алмазных коронок для определения рационального уровня отработки, отвечающего оптимальному возврату алмазов. Найден ряд зависимостей, характеризующих связь удельного расхода алмазов q , износа матрицы по высоте Δh и механической скорости бурения $v_{\text{мех}}$ со степенью отработки коронок, выражаемой в метрах или в процентах (за 100%-ную отработку принята проходка на коронку при ее эксплуатации до предельного износа объемных алмазов).

График экспериментальной функции $q=f(S, K)$ (рис. 25, а) построен по результатам «ступенчатой» отработки коронок, при которой одна

группа коронок обрабатывалась до значения проходки S_1 , вторая — до значения $S_2 > S_1$, третья — до значения $S_3 > S_2$ и т. д. Последняя группа коронок обрабатывалась до предельного износа¹. Из графика следует, что область минимального удельного расхода алмазов соответствует значению $S_{q_{\text{min}}} = (0,7 \div 0,85) S_{\text{п}}$.

Анализируя график зависимости $\Delta h = \varphi(K)$ (рис. 25, б), можно сделать вывод, что в начальный период, который соответствует периоду приработки коронки и притуплению острых граней алмазов, наблюдается интенсивный износ матрицы по высоте Δh . Затем следует область относительной стабилизации износа матрицы и объемных алмазов (верхняя граница этой области простирается до 75—85% от $S_{\text{п}}$). Последняя стадия работы коронки характеризуется вторым возрастанием интенсивности износа алмазов. В этот период линейные размеры алмазных зерен уменьшаются на 35—45% от их первоначального значения.

¹ Под «полной отработкой алмазной коронки» (или под «предельным износом алмазов») понимается такое состояние коронки или алмазов, при котором наблюдается полное прекращение экономического бурения скважины или создаются предпосылки к аварийной обстановке.

Таким образом, начало (нижняя граница) области повторного повышенного износа матрицы (алмазов) и область минимального удельного расхода алмазов практически совпадают и находятся в диапазоне 70—85%-ного уровня полной обработки коронки. Это и будет рациональный уровень обработки однослойной алмазной коронки, по достижении которого она должна быть снята с работы. Трудность установ-

ления на практике рационального уровня обработки однослойных алмазных коронок заключается в том, что о потенциальной проходке на коронку можно судить лишь с известной долей вероятности: вследствие значительной вариации в проходке эта величина может находиться в широком диапазоне.

Поэтому для определения рационального уровня обработки алмазных коронок следует пользоваться

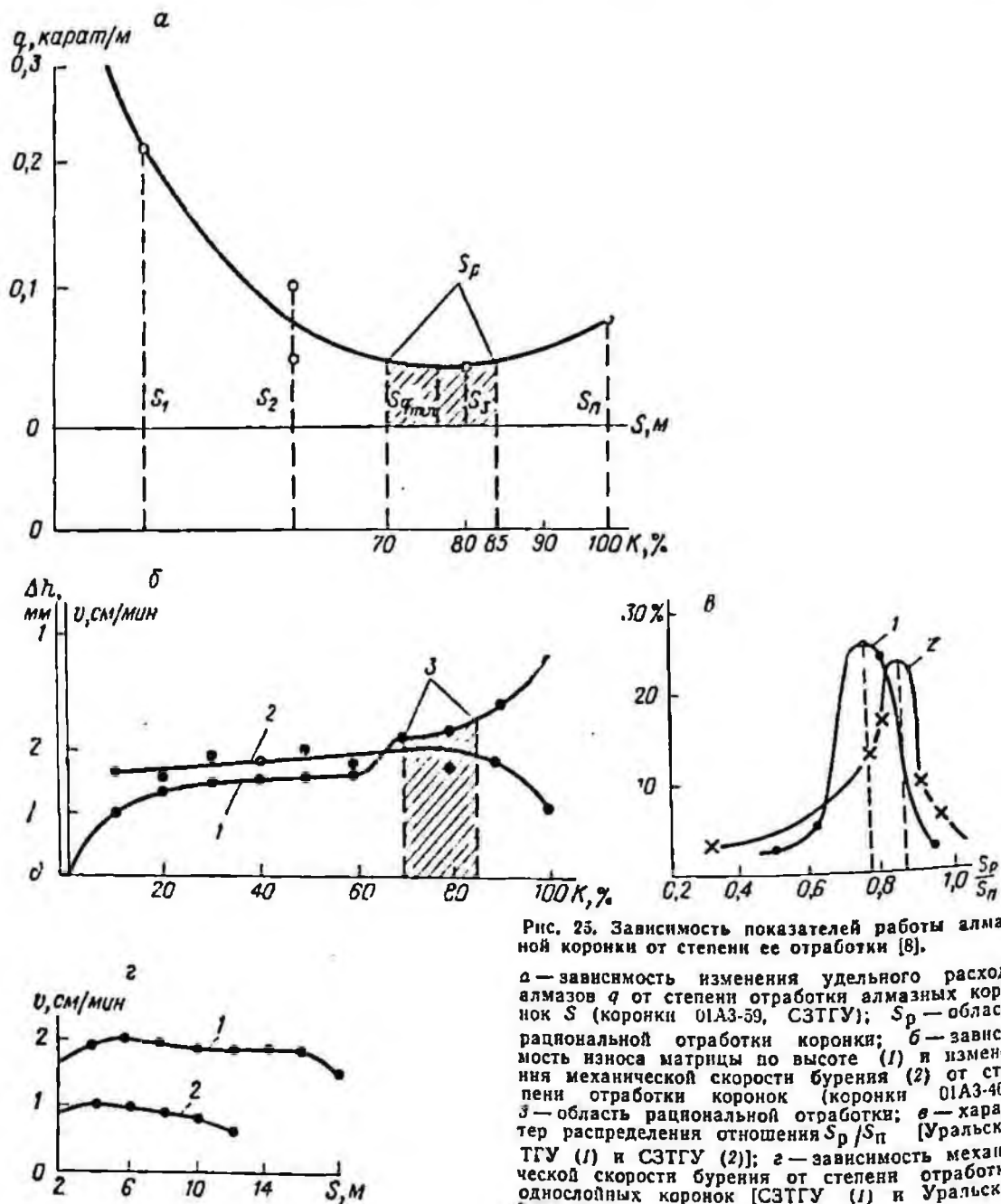


Рис. 25. Зависимость показателей работы алмазной коронки от степени ее обработки [8].

а — зависимость изменения удельного расхода алмазов q от степени обработки алмазных коронок S (коронки 01А3-59, СЗТУ); S_p — область рациональной обработки коронки; б — зависимость износа матрицы по высоте (1) и изменения механической скорости бурения (2) от степени обработки коронок (коронки 01А3-46); в — область рациональной обработки; в — характер распределения отношения S_p/S_n [Уральское ТГУ (1) и СЗТУ (2)]; г — зависимость механической скорости бурения от степени обработки однослойных коронок [СЗТУ (1) и Уральское ТГУ (2)].

комплексом различных методов (визуальными критериями, изменением механической скорости бурения, расчетным способом и др.). Каждый из этих методов в отдельности, естественно, может дать ошибку в оценке степени износа алмазных коронок; комплексное же использование методов обеспечивает наиболее достоверные результаты. Разработка критериев снятия однослойных коронок с работы в связи с этим является одним из важнейших мероприятий при осуществлении системы рациональной обработки.

В качестве критериев уровня обработки коронок могут служить:

- 1) визуальные признаки износа коронки;
- 2) изменение линейных размеров матрицы коронки (высоты, наружного и внутреннего диаметров);
- 3) характер изменения механической скорости бурения в процессе обработки коронки;
- 4) расход алмазов, определенный расчетным методом;
- 5) экономическая оценка работоспособности коронки.

1. Визуальный способ определения момента снятия коронок с работы основан на внешних признаках, характеризующих аномальный износ алмазов и матрицы коронки. Конкретные виды износа алмазов, матрицы и коронки в целом, предельно допустимые размеры фасок (канавок, борозд) в зависимости от крупности алмазов, которыми армируются коронки, приведены в табл. 29 и на рис. 26.

Визуальные критерии, однако, достаточно субъективны, поэтому в конкретных условиях определенных месторождений они должны быть уточнены и проверены на достоверность. Оценка их достоверности проводится следующим образом. В процессе обработки коронки отмечается значение рациональной проходки S_p , соответствующее появлению аномального износа, т. е. моменту сня-

тия коронки с работы по достижении рационального уровня. Эта же коронка обрабатывается затем до полного износа S_n .

Отношение $(S_p/S_n) \cdot 100, \%$, дает понятие об относительном уровне обработки коронок. Проанализировав это отношение на достаточно большом количестве коронок, строят кривую распределения $(S_p/S_n) \times 100, \%$, находят среднее значение этого соотношения и величину среднего квадратического отклонения (с принятой в технике вероятностью 0,95). Полученные данные покажут, в каких пределах лежит вероятная область появления аномального износа, т. е. критерия снятия коронки с работы.

Проиллюстрируем оценку достоверности критериев на примере.

Проведены наблюдения за $n=28$ коронками. Значение $(S_p/S_n) \cdot 100$ для этих коронок лежит в пределах от 60 до 100%. Пределы 60—100% разбивают на группы (табл. 30) и подсчитывают частоту попаданий n_i отношения $(S_p/S_n) \cdot 100$ в каждую группу. Находят среднее значение $(S_p/S_n) \cdot 100: \bar{X} = \frac{\sum \chi_i n_i}{\sum n_i}$, затем для каждой группы величину $\varepsilon = \bar{X} - \chi_i$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2 n_i}{n-1}}$.

По среднему квадратическому отклонению устанавливают доверительный интервал Δ среднего значения $\bar{X} = (S_p/S_n) \cdot 100: \Delta = \pm t(\sigma/\sqrt{n})$. Для вероятности 0,95 (при $n \rightarrow \infty$) $t=1,96$.

Вероятная область наступления аномального износа будет лежать в пределах $\bar{X} \pm \Delta$. В нашем примере (см. табл. 30) граница относительного рационального уровня обработки алмазной коронки лежит в пределах $77,5 < \bar{X} < 84,9$.

Результаты оценки достоверности визуальных критериев с помощью отношения S_p/S_n по описанному выше способу, проведенной для конкретных условий, показаны на рис. 25, в.

Определение числовых характеристик распределений 1 и 2 (рис. 25) показало, что в первом случае среднее значение отношения S_p/S_n равно 0,776, а среднее квадратиче-

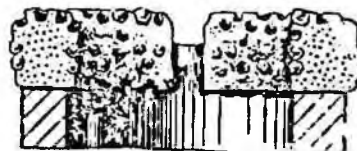
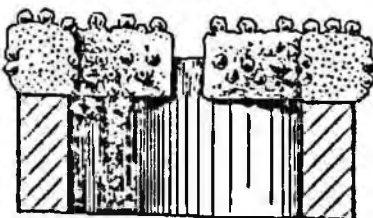
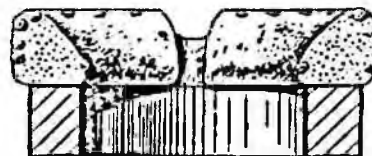
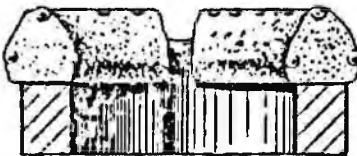
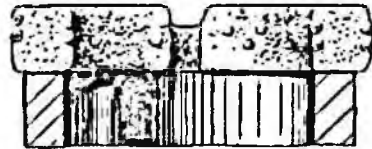
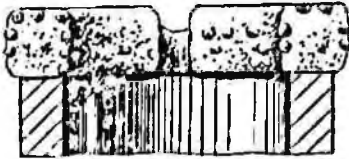
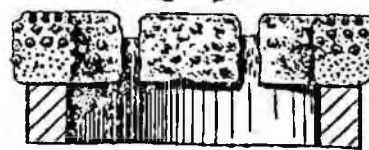
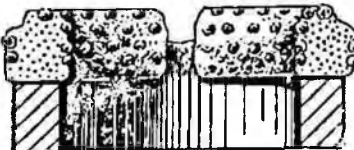
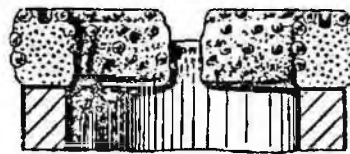
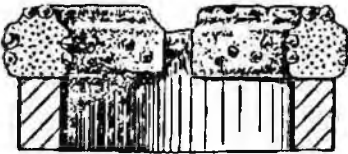
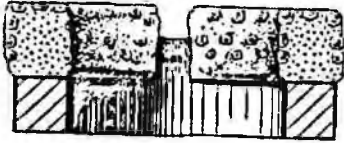


Рис. 26. Виды износа однослойных (А), многослойных (М) и импрегнированных (И) коронок (см. табл. 29). См. продолжение.



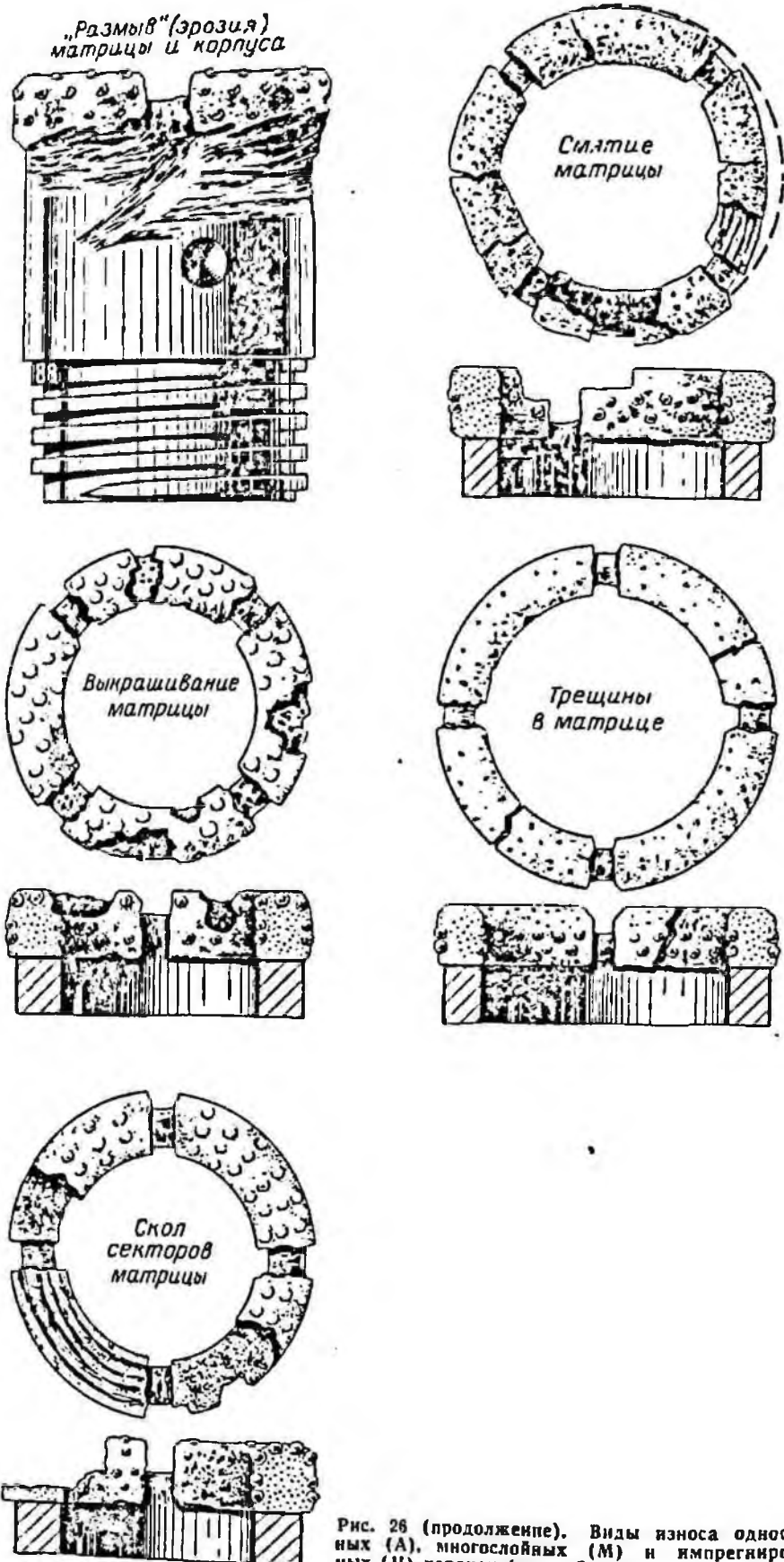


Рис. 26 (продолжение). Виды износа однослойных (А), многослойных (М) и импрегнированных (И) коронок (см. табл. 29).

Таблица 30

Пример оценки достоверности визуальных критериев снятия алмазной коронки с работы

Характеристики	Группы распределения значений $(S_p/S_n) \cdot 100, \%$							
	60—65	65—70	70—75	75—80	80—85	85—90	90—95	95—100
X_i	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5
n_i	3	2	2	4	5	7	3	2
$X_i n_i$	187,5	135,0	145,0	310,0	412,5	612,5	277,5	195,0

$$\sum X_i n_i = 2275; \bar{X} = \frac{2275}{28} = 81,2$$

$\epsilon_i = \bar{X} - X_i$	18,7	13,7	8,7	3,7	1,3	6,3	11,3	16,3
ϵ_i^2	349,69	187,68	75,69	13,69	1,69	39,69	127,69	265,69
$\epsilon_i^2 n_i$	1049,07	375,38	151,38	54,70	8,45	277,83	383,07	531,38

$$\sum \epsilon_i^2 n_i = 2831,32; \sigma = \sqrt{\frac{2831,32}{27}} = 10,4; \Delta = \pm 1,96 \cdot \frac{10,4}{\sqrt{28}} = \pm 3,7$$

ское отклонение $\sigma = 0,09$, во втором — соответственно 0,81 и 0,10. Полученные характеристики указывают на то, что мера рассеивания значений отношения S_p/S_n невелика. Доверительные интервалы средних значений его при вероятности 0,95 находятся в диапазоне 0,75—0,85.

Таким образом, визуальные критерии дают возможность определить 75—85%-ный уровень обработки алмазных коронок, а следовательно, могут быть использованы на практике для установления рационального уровня обработки.

2. Метод наблюдения за изменением линейных размеров матрицы коронки учитывает износ матрицы коронки по высоте, а также по внутренней и наружной боковым поверхностям. Предельный износ матрицы по высоте зависит от зернистости алмазов объемного слоя и колеблется от 0,5 до 1,1 мм. Износ матрицы по высоте устанавливается соответственно суммарному износу ее по наружному и внутреннему диаметрам с учетом того, что определяющим является износ коронки по диаметрам. Предельные значения износа линейных размеров матрицы коронки приведены в табл. 31.

3. Для использования в качестве критерия рациональной обработки значения механической скорости необходимо знать ее экспериментальную зависимость от степени обработки или времени работы коронки. Для установления характера этой зависимости $v_{\text{мех}} = \varphi(S)$ или $v_{\text{мех}} = f(T)$ необходимо предварительно провести обработку группы коронок с полным хронометражем. Коронки должны быть одного типоразмера и обрабатываться по возможности в одинаковых условиях.

Результаты наблюдений за изменением механической скорости бурения по мере обработки однослойных коронок в производственных условиях показаны на рис. 25, з. Предполагалось, что в результате повышенного износа объемных алмазов механическая скорость будет заметно падать и это даст возможность определить рациональный уровень обработки коронок. Однако характер полученных кривых в ряде случаев не дает возможности оценить рациональный уровень обработки коронок, так как характерные точки перегиба кривых приурочены к конечному периоду работы коронки, когда большее количество алма-

Предельные значения износа матрицы
(по линейным размерам)
однослойных алмазных коронок [28]

Нормативная высота коронок, мм	Сложившаяся высота, шт карат		Суммарный износ матрицы по наружному и внутреннему диаметрам при ее износе по высоте, мм							Возраст алмаза, % (не менее)
	объемных	поперечных	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	
45	20	10	—	1,1	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	65
	20	20	—	1,0	0,7	0,4	0,1	—	—	
	30	20	—	1,1	0,8	0,5	0,2	—	—	
	30	30	—	0,8	0,5	0,2	—	—	—	
	40	30	1,0	0,7	0,4	0,1	—	—	—	55
	40	40	—	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1	—	
	50	30	—	0,9	0,6	0,3	—	—	—	
50	50	—	0,7	0,5	0,3	0,1	—	—	—	
59	20	10	—	—	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	60
	20	20	—	1,0	0,7	0,4	0,1	—	—	
	30	20	—	1,1	0,8	0,4	0,1	—	—	
	30	30	1,2	0,8	0,4	0,1	—	—	—	
	40	30	1,0	0,6	0,3	—	—	—	—	55
	40	40	1,1	0,9	0,7	0,4	0,2	—	—	
	50	30	—	0,9	0,6	0,3	—	—	—	
50	50	1,0	0,7	0,5	0,3	—	—	—	—	
76	20	10	—	—	1,0	0,8	0,6	0,4	0,1	65
	20	20	—	1,0	0,7	0,4	0,1	—	—	
	30	20	—	1,1	0,8	0,4	0,1	—	—	
	30	30	1,2	0,8	0,5	0,2	—	—	—	
	40	30	1,0	0,7	0,4	0,1	—	—	—	55
	40	40	1,1	0,9	0,7	0,5	0,3	—	—	
	50	30	1,2	0,9	0,6	0,4	0,1	—	—	
50	50	1,0	0,8	0,5	0,3	—	—	—	—	
93	20	10	—	—	0,9	0,5	0,3	0,1	—	65
	20	20	—	1,0	0,6	0,2	—	—	—	

зов практически уже изношено. Это может быть объяснено, в частности, тем обстоятельством, что в настоящее время большинство коронок армировано в объемном слое дробленными алмазами, которые в процессе эксплуатации, скалываясь, обнажают новые режущие кромки. Это в свою очередь приводит к тому, что механическая скорость не затухает на конечной стадии обработки коронок, а иногда даже несколько увеличивается. В этих условиях заметное падение механической скорости наступает тогда, когда большая

часть объемных алмазов уже изнасилась и коронка вышла за границу рационального уровня обработки. Таким образом, в производственных условиях механическая скорость бурения может служить в качестве критерия рационального уровня обработки в том случае, когда будет наблюдаться устойчивое ее снижение вследствие износа коронки или заполирования алмазов до величины ниже нормативной. Практически снижение механической скорости может быть следствием ряда других причин, а не

только износа алмазов, например таких, как заклинивание керна в колонковой трубе, несоответствие режима бурения состоянию коронки или физико-механическим свойствам и состоянию разбуриваемой породы и т. д. При заклинивании снижение механической скорости — это всего лишь критерий окончания рейса; во втором случае — это сигнал к изменению режима бурения с целью приведения его в соответствие с конкретными геолого-техническими условиями.

Минимальное значение механической скорости бурения, при которой эксплуатация коронки становится экономически невыгодной, определяется в каждом конкретном случае исходя из действующих в данной геологической организации норм выработки и применительно к данному типу коронок и характеру горных пород, слагающих месторождение. Действующие общесоюзные нормативные показатели по механической скорости бурения разведочных скважин алмазными коронками были приведены в табл. 3.

Разумеется, использование нормативных значений механической скорости в качестве критерия справедливо лишь при полной реализации оптимальных параметров режима бурения.

При использовании высоких частот вращения бурового снаряда (800—1200 об./мин и более) характер изменения механической скорости по мере обработки коронки остается прежним. Однако в таких условиях численное значение механической скорости и факт устойчивого ее снижения становятся решающим фактором. Поэтому в случае высокооборотной технологии алмазного бурения, а также при алмазном бурении с применением съемных керноприемников основным критерием, который указывает на необходимость прекращения эксплуатации коронки, является величина механической скорости бурения

или, точнее, допустимое минимальное ее значение. Так, например, при эксплуатации высокооборотных буровых станков и снарядов со съемными керноприемниками в ряде партий Мурманской ГРЭ СЗТГУ однослойные алмазные коронки снимались с работы при снижении механической скорости бурения до 3,0—3,5 см/мин.

В ряде зарубежных публикаций указывается на то, что работа коронками становится экономически невыгодной, если механическая скорость бурения становится меньше 5 см/мин. Такие коронки снимаются с эксплуатации.

4. Количество израсходованных алмазов с целью определения рационального уровня отработки однослойных коронок может быть определено также расчетным способом по формуле [8]:

$$Q_p = \mu \left[\frac{Q_o}{d_o} \Delta h + \frac{Q_n}{d_n} (\Delta D + \Delta d) \right],$$

где μ — поправочный коэффициент, учитывающий возможные изменения профиля матрицы (табл. 32); Q_p — расчетный расход алмазов, карат; Q_o — масса объемных алмазов, карат; Q_n — масса подрезных алмазов, карат; d_o, d_n — диаметры соответствующих объемных и подрезных алмазов, мм; Δh — износ матрицы по высоте, мм; $\Delta D, \Delta d$ — износ матрицы по внутренней и наружной боковым поверхностям, мм.

За высоту матрицы принимается условная величина — расстояние от

Таблица 32

Значения поправочного коэффициента μ

Тип коронки	Δh , мм	μ
С заранее заданным выпуском алмазов	0,05—0,10	0,261
	0,11—0,70	0,664
	0,71—1,00	1,650
С невыступающими алмазами	0,05—0,15	0,445
	0,16—0,40	0,920
	0,41—0,65	1,252

упора резьбы до плоскости торца матрицы (см. рис. 18, д). Для исключения влияния неперпендикулярности этой плоскости к оси коронки следует измерять высоту матрицы в одном определенном месте, например около клейма заводского номера коронки. При неравномерном износе секторов матрицы за величину Δh следует брать среднее между максимальным и минимальным износом. При определении расхода алмазов расчетным способом линейные размеры матрицы необходимо измерять с точностью до 0,05 мм.

5. Экономическая оценка работоспособности коронок является одним из наиболее объективных методов установления рационального уровня эксплуатации алмазного инструмента. При такой оценке должны учитываться:

1) элемент стоимости 1 м проходки, который зависит от средней механической скорости бурения. Для этого необходимо для коронок определенного типоразмера знать вид функции $v_{\text{мех}} = f(T)$ или $v_{\text{мех}} = \varphi(S)$;

2) элемент стоимости, зависящий от проходки на коронку, т. е. от затрат на истирающие материалы (в данном случае на алмазы); этот элемент должен определяться с учетом стоимости извлеченного алмазного сырья после рекуперации коронок.

Рациональная проходка на коронку соответствует минимальному значению этих двух составляющих стоимости 1 м бурения.

ПРОВЕРКА НОРМ ВОЗВРАТА АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ

Одним из способов проверки эффективности внедрения системы рациональной обработки алмазных коронок является установление соответствия принятым нормам фактического возврата алмазного сырья из отработанных коронок. В настоящее время в организациях Мингео

СССР действуют следующие нормы возврата алмазного сырья, %: для однослойных коронок 50—65, для многослойных 25—35, для импрегнированных 15—20.

В процессе проведения работ по рациональной обработке для определения достоверности различных критериев снятия коронок с работы, как указывалось выше, коронки обрабатываются до двух стадий: до рациональной и до полного износа. В процессе обработки после каждого рейса коронки осматриваются, замеряются диаметры и высота матрицы.

По достижении рационального уровня обработки коронки снимаются с работы и распределяются по группам в зависимости от критериев снятия коронки с работы. Из коронок, отработанных до полного износа, формируются группы по тем же признакам. Аварийные коронки в обоих случаях отбраковываются. Каждая группа коронок, состоящая не менее чем из 30 коронок, отправляется на КБЗАИ для рекуперации. Данные по результатам растворения позволяют определить, насколько верно установлены критерии снятия коронок с работы, т. е. смогут ли принятые критерии обеспечить установленный процент возврата алмазов из отработанных коронок.

В конце отчетного периода проверяется выполнение общих норм возврата алмазов по организации. Плановая норма определяется из формулы [57]

$$H = AK_1 + MK_2 + IK_3,$$

где A , M , I — нормы возврата алмазов из однослойных, многослойных и импрегнированных коронок; K_1 , K_2 , K_3 — коэффициенты, показывающие соотношение использованных однослойных, многослойных и импрегнированных коронок. Подсчитывается фактическое количество использованных коронок по типоразмерам, количество сырья, заложенного в коронки, количество из-

влеченного сырья и исходя из этих данных определяется фактический возврат по организации (партии, экспедиции, тресту).

§ 2. АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АЛМАЗНЫХ КОРОНОК С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ (ИПС)

Необходимость постоянного совершенствования технологии алмазного бурения и конструкций алмазного породоразрушающего инструмента в связи с требованиями повышения экономической эффективности использования алмазов заставляет производителей заниматься анализом множества связей между геолого-техническими условиями, конструктивными элементами, режимами работы алмазного инструмента и техническими результатами его применения. Такое многоаспектное изучение работы алмазного породоразрушающего инструмента связано в первую очередь с необходимостью накопления большего количества данных, объем которых непрерывно увеличивается, поскольку используются количественные методы выявления эмпирических закономерностей. Первая часть работы — накопление и учет — решена за счет введения в обращение в системе Мингео СССР «Карточек оперативного учета работы алмазных коронок». Такими карточками, или накопительными ведомостями, широко пользуются в своей работе как научно-исследовательские и конструкторские организации в целях создания новых, более эффективных типов коронок, так и опытно-методические партии техники и технические отделы производственных организаций для выбора оптимальных типов инструмента и параметров

режима бурения ими, анализа причин преждевременного выхода коронок из строя, разработки норм расхода алмазов и норм выработки в зависимости от буримости горных пород и т. д.

Вторая часть работы — обработка и анализ карточек — занимает значительно больше времени, чем сбор полевого экспериментального и производственного материала. Ручная обработка по подготовке материала в процессе всей работы занимает более 90% рабочего времени. Таким образом, возникла необходимость применения средств механизации обработки информации, позволяющих (без сужения областей исследования, но при значительном сокращении сроков) оперативно использовать поступающие сведения о работе алмазного инструмента.

Шагом по пути организации сбора и хранения, механизации поиска информации является применение информационно-поисковой перфокартной системы ИПС¹ — одного из наиболее простых и эффективных средств малой механизации. Примером применения ИПС может служить многоаспектная картотека «Оперативный учет работы алмазной коронки», разработанная ВИТР совместно с Ленинградским технологическим институтом целлюлозно-бумажной промышленности².

Опыт показал, что использование ИПС в сочетании с технико-экономической обработкой первичной информации, например, на ЭВМ «Сетуль» позволяет в 6 раз сократить общее время обработки материалов. В результате резко увеличивается количество перерабатываемой информации.

Учитывая, что разработанная система может быть полезна многим специалистам, занимающимся ана-

¹ ИПС представляет собой совокупность метода и средств хранения информации: информационный язык, правила обработки документов, запоминающие устройства и средства для отбора, обработки, хранения, поиска и выдачи информации.

² В разработке участвовали канд. техн. наук О. С. Головин, канд. техн. наук Г. А. Кондрашкова, Н. Б. Васильева и Г. Г. Клюев.

лизом работоспособности алмазных коронок, ниже приводится ее характеристика [63].

Существующая организация документной системы подобна картотеке словарного типа и требует расстановки карточек учета работы коронки в определенной последовательности; поместить карточку не на свое место — значит потерять ее. Более существенным недостатком такой картотеки является невозможность одновременного поиска информации об объекте исследования по многим аспектам (поиск возможен по одному, максимум двум аспектам). От этого недостатка свободна ИПС на перфокартах ручного обращения, в которой поисковая матрица (карта) совпадает с объектом информации.

Словарь информационно-поисковых характеристик на основе карточек оперативного учета работы алмазной коронки включает 205 признаков, разбитых на 17 групп, которые позволяют отыскать в массиве информации необходимые сведения для определенной конструкции коронки, определенных условий и результатов бурения, износа коронки и др.носителем информации (запоминающим устройством) в ИПС является двухрядная перфокарта с краевой перфорацией стандартного формата К-6 (147×105 мм), позволяющая закодированную информацию дублировать обычной записью, производимой в полевых условиях. Для записи кодируемых данных используются 132 пробивки (66 позиций). Среднее поле карточки остается свободным и является текстовой зоной перфокарты.

Указанная перфокарта обладает следующими достоинствами:

— имеет большую текстовую зону, в которой указывают паспортные данные коронки, условия работы и результаты обработки коронки;

— размер соответствует формату почтового конверта, что облегчает пересылку;

— с целью повышения эффективности поиска предусмотрена возможность выделения 75 частных поисковых массивов, использующих один и тот же словарь.

Рациональность построения картотеки из карт ручного обращения подтверждается простотой обслуживания и малой стоимостью.

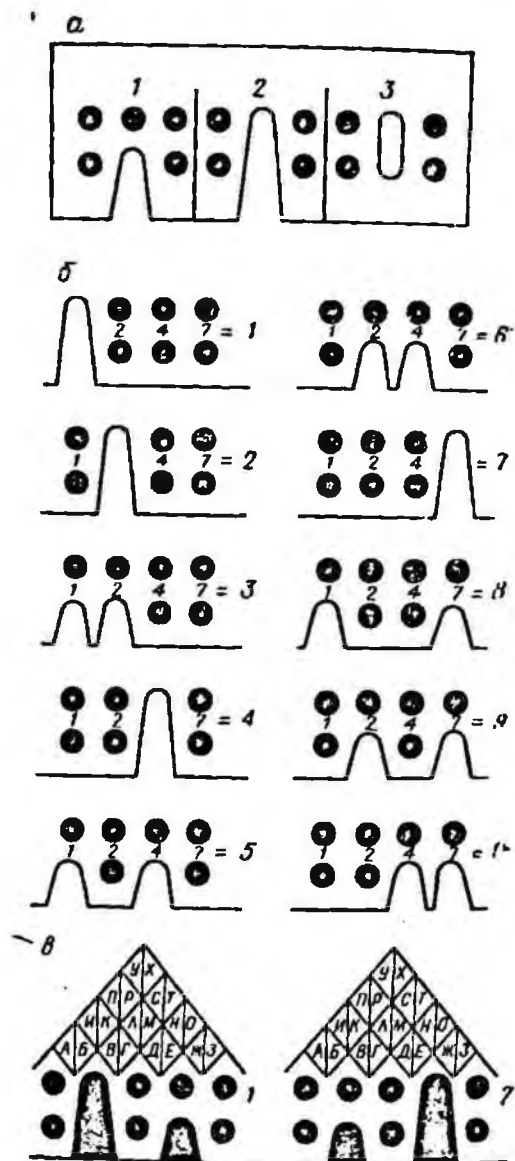


Рис. 27. Обозначения поисковых признаков на двухрядной перфокарте (а) и кодирование в различных ключах (б, в).

а — типы вырезов: 1 — короткий (мелкий), 2 — длинный (глубокий), 3 — внутренний (закрытый); б — аддитивный ключ «1-2-4-7»; в — треугольный (ромбический) ключ над пятью точками, закодировано: 1 — буква «Л», 2 — буква «М».

Признаки, по которым организуют поиски (сортировку), наносят на периферию карты вырезами трех типов (рис. 27, а): короткий или мелкий, длинный или глубокий и внутренний или закрытый.

На рис. 28 показано размещение избранных поисковых признаков на перфорированных краях карты. Все поисковые признаки разделены на две категории:

— параллельные, которые могут присутствовать одновременно в описании объекта (например, кольцевая выработка по середине торца матрицы, толщина в матрице, конусная выработка по наружному диаметру);

— взаимноисключающие, из числа которых в каждом отдельном случае присутствует только один признак (например, расположение алмазов в коронке может быть либо однослойное, либо многослойное, либо по всему рабочему объему матрицы).

В зависимости от поисковых признаков для записи применены прямые и комбинированные коды. При прямом коде каждому вырезу соответствует один определенный признак; при комбинационном — каждому признаку отвечает некоторая комбинация вырезов (например, совокупность мелкого и глубокого вырезов, характерная для двойного комбинационного кодирования). Комбинационное (непрямое) кодирование применяется в случаях, когда емкости перфокарты не хватает для записи всех поисковых признаков прямым ключом. Объем записанной информации может быть значительно увеличен, если за каждым признаком закрепить определенную комбинацию отверстий. При построении ИПС используются два типа комбинационных кодов:

1) аддитивный (от латинского «*additivus*» — прибавленный) ключ «1-2-4-7». Пользуясь этим ключом, можно закодировать на четырех позициях 10 цифросимволов, понятий

или цифры от 0 до 9 включительно (рис. 27, б); в этом ключе закодированы, например, «потребитель», «горная порода», «глубина скважины» и т. д.;

2) треугольный (ромбический) ключ на четырех и пяти позициях (рис. 27, в). Для упрощения процесса кодирования и декодирования кодового поля на перфокартах сделано графическое построение треугольной формы с ячейками в виде ромбов для записи кодовых символов (букв). Символы выбраны с учетом внешней логики с сокращенным наименованием поисковых признаков. В этом ключе закодированы «сорт объемных и подрезных алмазов» и «крупность объемных алмазов». В каждом ромбе помещены две буквы (например, ромб «Л» и «М»; рис. 27, в). Продолжая вниз верхние линии данного ромба до пересечения с первым рядом перфорации, производим кодирование двумя вырезами. Глубокий вырез соответствует месту буквы: если кодируемая буква является правой в ромбе, то глубоким будет правый вырез, а мелким — левый; если же буква является левой в ромбе, то глубоким будет левый вырез, а мелким — правый.

На перфорированных краях карты (рис. 28) выделено 17 заполненных и несколько резервных полей. На левом крае лицевой стороны перфокарты нанесены четыре поля: «потребитель», «слоп», «диаметр» и «матрица». Такая группировка поисковых характеристик на левом крае объясняется стремлением облегчить сортировку (за счет уменьшения вращения массива) всей информационной картотеки по 75 основным поисковым подмассивам (саморазделение на подмассивы сделано с учетом наиболее часто встречающихся запросов).

Дальнейшая сортировка перфокарт осуществляется по поисковым характеристикам, расположенным на оставшихся трех сторонах ма-

		1 3 5	1 3	1 3	1 3 5	7 9	11 13	15			1 2 4			
		2 4 6	2 4	2 4	2 4 6	8 10	12 14	16			1 2 4			
		Торцевые			Подрезные				Состояние матрицы				Чаклон	
Потребитель	Дата изготовления				$D_0 = 59 \text{ мм}$		Тип коронки							
	3/IV 1977г.				$d_0 = 42 \text{ мм}$		01МЗ-Д60-К60							
Слои	№ коронки				$H_0 = 35 \text{ мм}$		Общая масса алмазов, карат							
	11231						$Q = 11,0$							
Диаметр	Потребитель (места обработки)				$D_k = \text{ мм}$		Прокладка на коронку							
	СЗТГУ						$L = \text{ м}$							
Матрица	Интервал бурения		Угол наклона скважины		Бурение: с поверхности из-под земли (подземные)		$d_k = \text{ мм}$		Время чистого бурения					
	м								Т = ч					
	Количество рейсов		Тип станка		Осевая нагрузка		Частота вращения		Выход керна					
	т =				$P_{ср} = \text{ кгс}$		$n_{ср} = \text{ об/мин}$		$V_k = \text{ м}$					
		Объемные				Подрезные				Керн				
		КЛ Р				КЛ Р				1 2 4 7				
		ГЕ ПА				ГЕ Р				1 2 4				
		БВ				БВ ПД								
		С О Д Т				С О Р Т								

										1 2 4					
										Категория					
Распределение пробуренного метража															
Горная порода		Категория по буримости													
		VII		VIII		IX		X		XI		XII			
		Дата заполнения		Причина снятия коронки с работы								Горные породы (единицы)			
		Подпись										7 4 2 1			
												Горные породы (десятки)			
												7 4 2 1			
												Горные породы (единицы)			
												7 4 2 1			
		Торцевые		Подрезные		Состояние матрицы									
		Коружн. Внутр.													
		2 4 6		2 4		2 4 6 8 10 12 14 16									
		1 3 5		1 3		1 3 5 7 9 11 13 15									

Рис. 28. Макет кодовой карты картотеки «Оперативный учет работы алмазной коронки». а — лицевая сторона с примером кодирования; б — оборотная.

кета. На нижнем крае лицевой стороны макета нанесены четыре поля характеристик, указывающих сорт и зернистость объемных и подрезных алмазов, и одно поле для обозначения случаев работы алмазной коронки в породах определенных категорий по буримости.

Правый край макета несет поисковые характеристики, определяющие условия работы алмазной коронки («кern», «глубина», «порода»). Верхний край макета используется для записи угла наклона скважины («наклон») и причин снятия коронки с работы; выделены поля для указания состояния алма-

зов (торцевых и подрезных) и матрицы. Эти признаки закодированы в прямом ключе.

Запись поисковых признаков на краях перфокарты осуществляется компостерами или ножницами.

На рис. 28 и в табл. 34 приведен пример кодирования на перфокарте в различных ключах паспортных характеристик алмазной коронки типа 01МЗ-Д60-К60 диаметром 59 мм в соответствии со словарем информационно-поисковых характеристик, разработанным ВИТР [63]. Аналогичным образом кодируются данные об отработке алмазной коронки.

Таблица 34

Пример кодирования характеристик алмазной коронки 01МЗ-Д60-К60-59 в соответствии с информационно-поисковым словарем [63]

Характеристики (признаки) коронки	Код	Сочетание отверстий (тип ключа и поле для нанесения отверстий на перфокарте) (см. рис. 28)	Тип выреза на перфокарте
Место отработки СЗТГУ	21	Д+Е1 (аддитивный ключ «1-2-4-7» поля «Потребитель»)	Глубокий
Многослойная коронка (М)	2	Е2 (укороченный аддитивный ключ «1-2» поля «Слон»)	»
Нормальная матрица (3)	3	е1+е2 (аддитивный ключ «1-2-4» поля «Матрица»)	Мелкий
Диаметр коронки 59 мм	2	Е2 (аддитивный ключ «1-2-4» поля «Диаметр»)	Глубокий
Объемные алмазы:			
дробленые	Д	оР (треугольный ключ поля «Сорт»)	Мелкий — глубокий
60 шт./карат	Т	Ео (треугольный ключ поля «Зерно»)	Глубокий — мелкий
Подрезные алмазы:			
овализованные	К	Ст (треугольный ключ поля «Сорт»)	Глубокий — мелкий
60 шт./карат	6	е2+е4 (аддитивный ключ «1-2-4-7» поля «Зерно»)	Мелкий

Примечания. 1. Полностью словарь информационно-поисковых характеристик алмазных коронок приведен в работе «Перфокартная информационно-поисковая система учета работы алмазных буровых коронок (инструктивные указания)» [63]. 2. В сочетаниях вырезов глубокому соответствует прописная буква, мелкому — строчная. 3. При аддитивном ключе отверстия, вырезаемые на поле «десятки», обозначаются Д(д)1, Д(д)2, Д(д)4, Д(д)7, а на поле «единицы» — Е(е)1, Е(е)2, Е(е)4, Е(е)7.

Кодирование выходных данных на одной перфокарте занимает 3,5 мин, в том числе собственно кодирование 1,5 мин, проверка кодовых отметок 0,5 мин, вырезание отметок 1,5 мин. Поиск необходимой информации в массиве картотеки осуще-

ствляется в сортировочной коробке (селекторе) с помощью специальных спиц (рис. 29). Сортировка перфокарт по одному и более поисковым характеристикам в 20—25 раз быстрее ручной сортировки обычных карточек оперативного учета.

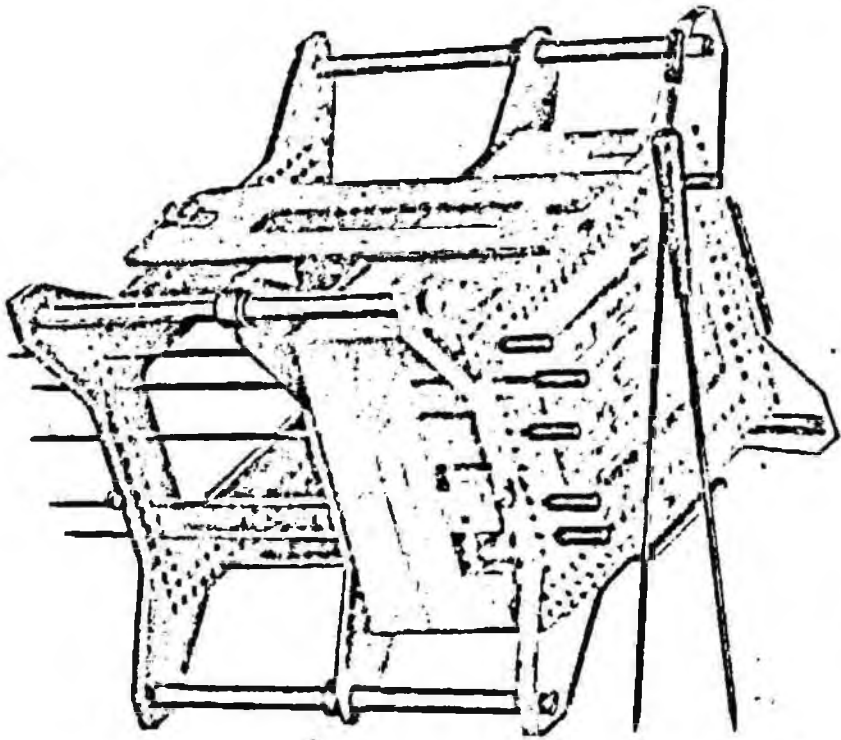


Рис. 29. Сортировочная коробка для работы с массивом кардотеки.

Применение краевых перфокарт позволяет систематизировать результаты исследований при большом числе поисковых характеристик, вскрывать значительно более глубокие закономерности, чем те зависимости, которые являются очевидными при несистематизированных данных, и экономить до 85—90% времени на этапе сортировки и группировки совокупностей.

Следует отметить, что, хотя в данном параграфе описан опыт по сокращению времени ручной подго-

товки материалов при оперативной обработке технико-экономических сведений о работоспособности алмазных коронок, основные положения ИПС применимы при изучении работы любого породоразрушающего инструмента (твердосплавных коронок, шарошечных и других долот и т. д.). ИПС является средством малой механизации в производственных и других организациях, связанных с обработкой информации о работоспособности бурового породоразрушающего инструмента.

**ОСОБЕННОСТИ
АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ
В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Разведочные и другие скважины часто необходимо бурить в сложных горно-геологических и геолого-технических условиях. Сюда нами отнесено бурение:

— в трещиноватых горных породах, отличающиеся низкой стойкостью алмазного породоразрушающего инструмента, поглощением промышленной жидкости;

— в осадочных толщах каменноугольных месторождений, характеризующееся большими глубинами скважин (до 2500 м), интенсивной разработкой стволов с образованием каверн и желобов, неустойчивостью стенок скважины;

— с продувкой воздухом;

— из подземных горных выработок горизонтальных, слабонаклонных и восстающих скважин;

— в породах с постоянной отрицательной температурой;

— в породах с низким выходом керна.

Ниже описаны некоторые особенности технологии и специальный инструмент для бурения скважин в указанных выше сложных условиях (кроме бурения в породах с низким выходом керна, которому посвящена отдельная глава).

**§ 1. БУРЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТЫХ
ГОРНЫХ ПОРОД**

При алмазном бурении геолого-разведочных скважин более 30% разбуриваемых пород составляют трещиноватые [40]. Стойкость алмазного породоразрушающего инстру-

мента при бурении трещиноватых, раздробленных горных пород резко уменьшается. Соответственно происходит также и значительное увеличение расхода алмазов на 1 м бурения, который в этом случае, как правило, намного превышает нормы расхода алмазов, действующие в системе Мингео СССР. Высокий расход алмазов при бурении таких пород говорит об отсутствии эффективной для этих условий буровой коронки среди серийно выпускаемых промышленностью. Учитывая эти обстоятельства, в ВИТР разработаны и успешно испытаны специализированные алмазные коронки диаметром 50, 76 и 93 мм, способные снизить расход алмазов при бурении трещиноватых пород.

Однослойные алмазные коронки 14А3 с утолщенной матрицей предназначены для колонкового геологоразведочного бурения малоабразивных и абразивных трещиноватых (изверженных, метаморфических и осадочных) горных пород VIII—X категории по буримости. Коронки имеют матрицу нормальной твердости (HRC=20÷25), армированы дроблеными объемными алмазами зернистостью 30—20 шт./карат.

Новые специальные коронки имеют радиальную схему раскладки алмазов с дополнительным усилением внутренней кромки матрицы. Большая толщина матрицы, меньший радиус закругления ее торцевой поверхности и повышенная насыщенность алмазами внутренней кромки являются отличительными особенно-

Таблица 35

Техническая характеристика коронок
типа 14А3

Показатели	Типоразмер коронок		
	14А3-93	14А3-76	14А3-59
Диаметр, мм:			
наружный d	$93 \pm_{0,1}^{0,2}$	$76 \pm_{0,1}^{0,2}$	$59 \pm_{0,1}^{0,2}$
внутренний d_1	$69 \pm_{0,1}^{0,2}$	$54 \pm_{0,1}^{0,2}$	$38 \pm_{0,1}^{0,2}$
Толщина матрицы t , мм	12	11	10,5
Высота матрицы h , мм	$12 \pm_{0,5}$	$12 \pm_{0,5}$	$12 \pm_{0,5}$
Радиус закругления матрицы r , мм	8,5	7,5	7,0
Число секторов	8	6	4
Масса алмазов, карат:			
подрезных	6,0	5,0	3,5
объемных	12,0	9,0	7,5

стями новых коронок. Общий вид коронок был показан на рис. 16, а техническая характеристика представлена в табл. 35.

Алмазные коронки с утолщенной матрицей 14А3 при бурении трещиноватых горных пород VIII—XI категории по буримости по сравнению с серийными коронками обеспечивают:

- снижение расхода алмазов на 1 м проходки в 2 раза;
- увеличение стойкости коронок в 1,6—2,5 раза;
- увеличение проходки за рейс в 1,2 раза.

На рис. 30 приведен график, показывающий зависимость стойкости коронок и расхода алмазов от диаметра у новых и серийных алмазных коронок [6].

Механическая скорость бурения новыми и серийными коронками, несмотря на большую площадь торца матрицы у первых, практически находится на одном уровне. В большинстве случаев механическая скорость бурения коронками 14А3 незначительно (на 2—5%) выше, чем серийными. В отдельных случаях скорость бурения специальными коронками может быть ниже,

чем серийными, если применяются пониженные частоты вращения и меньшие осевые нагрузки при проходке зон сильно раздробленных трещиноватых горных пород.

Износ матрицы коронок 14А3 происходит в основном равномерно, что является свидетельством применения в этих коронках рациональной схемы раскладки алмазов. Аномальный износ толстостенных коронок обычно появляется в резуль-

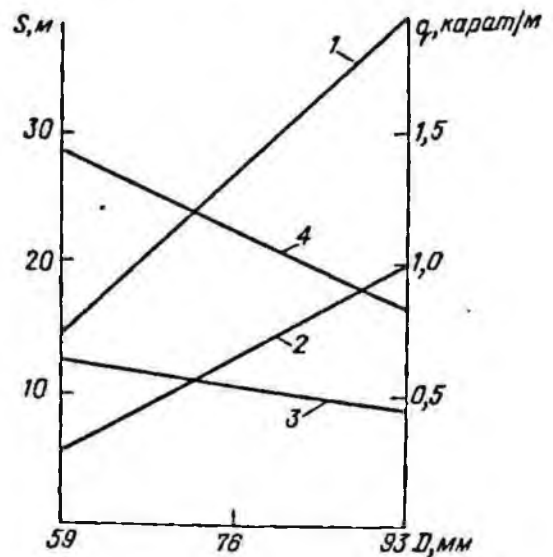


Рис. 30. Зависимость удельного расхода алмазов q (3, 4) и стойкости S (1, 2) специальных 14А3 (1, 3) и серийных (2, 4) коронок от их диаметра (по П. П. Пономареву).

Таблица 36

Износ алмазных коронок [6]

Виды износа	Количество коронок, %	
	14А3	01А3
Нормальный (равномерный)	Свыше 40	Около 15
Кольцевые канавки по наружному и внутреннему диаметрам матрицы	30—40	30—40
Кольцевые канавки по торцу матрицы	5—10	10—15
Абразивный размыв матрицы и корпуса	10—15	15—20
Скол секторов, трещины в матрице и прочие виды механического износа	Около 2—3	До 30

тате нарушений в технологии бурения (подклинивание, несоблюдение заданных режимных параметров и т. п.). Характерное распределение алмазных коронок по видам износа приведено в табл. 36.

У новых коронок почти не наблюдаются сколы секторов, трещины в матрице и другие виды механического износа, характерные для серийных коронок при бурении ими трещиноватых горных пород. Меньшая восприимчивость новых коронок ко всякого рода механическим

воздействиям благодаря утолщенной матрице обеспечивает им и большую стойкость при бурении трещиноватых горных пород. Параметры технологических режимов обработки коронками с утолщенной матрицей в целом аналогичны параметрам режимов бурения с серийными коронками, за исключением осевых нагрузок, которые на новые коронки должны быть больше на 20—25%. Рекомендации по технологическим режимам для коронок 14А3 приведены в табл. 37.

Таблица 37

Режимы бурения алмазными коронками с утолщенной матрицей [6]

Наружный/внутренний диаметр коронок, мм	Осевая нагрузка, кгс	Частота вращения, об./мин	Количество промывочной жидкости, л/мин
59/38	700—1000	300—500	15—35
76/54	800—1300	200—500	35—100
93/69	900—1500	150—350	60—150

Примечание. С увеличением степени трещиноватости пород частота вращения и количество промывочной жидкости снижаются при увеличении осевой нагрузки на коронку.

§ 2. БУРЕНИЕ В ТОЛЩАХ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

На стадии предварительной и детальной разведки углей основной целью является выяснение строения и условий залегания угольного пласта. В этом случае требуется макси-

мально возможный выход керна по породам кровли и почвы и самому угольному пласту. В связи с тем что мощность пласта, его строение и глубина залегания обычно определяются геофизическими методами более достоверно, чем бурением, то, как правило, эти параметры принимаются по данным каротажа. Параметры же качества угля определяются только по анализам проб, отобранных из керна угольного пласта.

Встреча и прорезка угольных пластов — наиболее ответственные моменты в процессе бурения разведочных скважин на уголь, так как в конечном итоге качество и количество извлеченного угольного керна являются решающими факторами при оценке геологических материалов, полученных в результате бурения.

Своевременная встреча угольного пласта, как правило, гарантирующая его качественную прорезку, зависит от:

- своевременной тщательной корректировки проектного геологического разреза по данным керна;

- полноты геологической информации бурового персонала об условиях залегания угольного пласта (состав пород кровли и почвы, строение, угол падения и т. д.);

- соблюдения технологии проходки угольного пласта;

- квалификации бурильщиков и оснащённости буровых агрегатов необходимой контрольно-измерительной аппаратурой.

Для качественной встречи угольного пласта обязательно выполнение следующих мероприятий:

- сокращение в 3—4 раза проходки за рейс по сравнению с обычной в непосредственной близости от угольного пласта, т. е. за 5—10 м перед ним;

- обеспечение исправности контрольно-измерительных приборов;

- повышение внимательности буровой смены, непрерывный контроль за показаниями приборов и углубкой скважины;

- строгий контроль со стороны бурового мастера и геологического персонала за действиями бурильщика.

Момент встречи угольного пласта улавливается визуально по резкому повышению механической скорости бурения, а также по изменению показаний приборов: скачкообразному

падению давления на манометре станка; снижению нагрузки на буровой снаряд, фиксируемой дреллометром; повышению давления промывочной жидкости, отмечаемому манометром бурового насоса. Повышению надёжности встречи угольного пласта способствует оснащение буровых агрегатов специальными приборами, которые непрерывно фиксируют на диаграмме изменения осевой нагрузки в процессе бурения. При определенном навыке момент встречи угольного пласта на диаграмме отмечается достаточно четко.

Чтобы убедиться, что на забое встречен угольный пласт, по нему разрешается пробурить 5—15 см (в зависимости от мощности). Если кровля пласта сложена трещиноватыми породами, то возможно самопроизвольное расклинивание керна в колонковой трубе. При этом момент встречи угольного пласта из-за отсутствия перечисленных выше признаков может быть не замечен. Поэтому даже при отсутствии признаков встречи угольного пласта буровой инструмент должен быть извлечен из скважины по достижении глубины, указанной в предупреждении о встрече угольного пласта, сделанном в письменной форме техником-геологом или другим представителем геологической службы. В противном случае не исключена возможность перетиранья угольного керна.

После встречи угольного пласта необходимо принять меры по надёжному заклиниванию находящегося в колонковой трубе керна. Хорошо зарекомендовали себя кернорватели конструкции ВИТР и Специального конструкторского бюро НПО «Геотехника»¹, обеспечивающие в большинстве случаев полное извлечение керна из скважины. Если же на забое остался породный керн, его удаляют с помощью «зубчатки». При

¹ Далее СКБ.

наличии в скважине шлама ее промывают качественным глинистым раствором. Убедившись, что забой скважины полностью очищен от керна и шлама, можно приступать к прорезке угольного пласта.

Если угли достаточно хрупкие, то они легко разрушаются под действием промывочной жидкости, поэтому прорезка их одинарными колонковыми трубами, за редким исключением, невозможна. В этих случаях применяются двойные колонковые трубы с невращающейся внутренней трубой.

В последнее время большое внимание уделяется изучению газоносности угольных пластов и вмещающих пород. Отбирать пробы на газоносность из скважины рекомендуется высококвалифицированным бурильщикам, специально обученным работе с керногазонаборниками и первичной обработке извлеченных проб непосредственно на скважине. Для отбора проб можно применять керногазонаборники типа ГКМ-92 с герметизацией керноприемной части непосредственно на забое. Из опробуемого пласта отбирают несколько проб, но не менее двух, проходка за рейс при этом должна быть не менее 0,3 м. При извлечении керногазонаборника из скважины сразу же определяют количества свободно выделяющегося газа, а затем газа, выделяющегося при нагревании. После этого керноприемная часть отправляется в лабораторию, где устанавливается остаточное содержание газа в угле или породе.

Режим бурения по угольному пласту как двойными колонковыми трубами, так и керногазонаборниками следующий: осевая нагрузка 600—800 кгс, количество промывочной жидкости 100 л/мин, частота вращения шпинделя станка до 150 об./мин.

На прорезку угольного пласта комиссией в составе геолога, техника-геолога, бурового мастера и бурильщика составляется акт. В нем приводятся сведения о мощности и

строении угольного пласта по данным бурения. В дальнейшем эти данные уточняются по результатам каротажа и лабораторных исследований.

Выход керна по угольным пластам 70—80% удовлетворяет требованиям геологической службы. Однако имеется значительное число случаев полного пропуска угольных пластов или некачественной их прорезки по причинам геологического, технико-технологического и организационного характера.

Причины геологического характера:

- несвоевременная или некачественная корректировка проектного разреза скважины по керну;

- недостаток сведений об условиях залегания и строении угольного пласта при разведке новых площадей;

- тектоническая нарушенность отложений, пересекаемых скважиной;

- выход пластов непосредственно под четвертичные отложения.

Причины технико-технологического характера:

- неисправность контрольно-измерительной аппаратуры, двойных труб, бурового оборудования;

- искривление скважины;

- самозаклинивание керна.

Причины организационного характера:

- недостаточная квалификация бурильщиков;

- нарушение режима бурения при встрече и прорезке пласта;

- недостаточный геологический контроль.

Пропущенные пласты в большинстве случаев перебуриваются, так как исправление брака с помощью углереза (расширителя) не дает желаемых результатов: отобранные таким образом пробы обычно имеют повышенную зольность из-за засорения породами неустойчивой кровли большинства пластов на месторождениях ряда бассейнов. Поэтому по-

вторная прорезка угольного пласта осуществляется бурением дополнительного ствола по окончании скважины и получении данных каротажа. Если глубина забуривания нового ствола невелика (до 200 м), то отклонитель опускается на колонне обсадных труб и затраты времени на повторную прорезку пласта обычно небольшие. При больших глубинах затраты на установку клина резко возрастают из-за сложности операции, в связи с чем не всегда удается достичь желаемого результата. Целесообразно осуществлять повторную прорезку пласта угля сразу же после его пропуска, не ожидая окончания бурения скважины.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ АЛМАЗНЫЙ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

В геологическом разрезе большинства каменноугольных месторождений преобладают глинистые и песчано-глинистые сланцы, характеризующиеся высокой пластичностью и способностью образования липкого глинистого шлама, создающего демпфирующую подушку на забое, характер которой зависит от разности гидростатического и порового давления. Для разрушения этой подушки необходима высокая удельная нагрузка на каждый алмаз коронки и одновременно высокий напор промывочной жидкости. Это может быть достигнуто, с одной стороны, уменьшением площади сечения промывочного канала, а с другой — увеличением расхода промывочной жидкости.

Учитывая специфику бурения горных пород осадочного и метаморфизованного комплексов, слагающих геологические разрезы угольных месторождений, в ВИТР разработаны и введены в серийное производство алмазные коронки 15АЗ и 16АЗ новых типов для бурения пород средней твердости (VI—VII

категории по буримости). Новые коронки зубчатого типа предназначены для замены алмазных коронок 06АЗ (МВС-2Р). Общий вид и конструктивные особенности новых коронок приведены на рис. 16. Новые алмазные коронки состоят из цельной алмазосодержащей матрицы, имеющей зубчатую конфигурацию, и стального корпуса. Каждый зуб матрицы образован конусообразной поверхностью и имеет в плане форму трапеции, большее основание которой является режущей кромкой, армированной по контуру крупными алмазами. Зуб образует с забоем углы: передний, равный 75° , и задний, равный 10° . Матрица в вершине зуба импрегнирована мелкими алмазами зернистостью А-80, назначение которых — предохранять крупные алмазы от интенсивного износа, последующего их скола и выпадения и содействовать разрушению горных пород, особенно при бурении твердых и абразивных пропластков.

В отличие от коронок типа 06АЗ в алмазных коронках новых типов усилено крепление матрицы к короночному кольцу. Если в коронках типа 06АЗ матрица приваривалась практически к торцу короночного кольца, то у новых короночный корпус имеет пикообразный выступ, который внедряется в матрицу в процессе изготовления и впоследствии служит надежной внутренней армировкой, предохраняющей матрицу от разрушения.

Благодаря конусообразной форме зубков по боковым поверхностям образуются острые кромки, обеспечивающие хорошее обнажение алмазов и вследствие этого хорошую обработку керна и стенок скважины.

Новые алмазные коронки созданы в нескольких модификациях, предназначенных для различных областей применения. Коронки различаются зернистостью крупных алмазов и количеством зубков. Так, для бурения монолитных сланцев, алев-

Таблица 38

Техническая характеристика алмазных коронок для бурения горных пород средней твердости [5]

Типоразмер коронки	Рекомендуемая область применения (характеристика горных пород)	Алмазы						Общая масса алмазов, карат	Количество зубков и количество
		Объемные (химически полированные/дробленые)		Подрезные (овализованные)		Зернистость, шт./карат	Зернистость, шт./карат		
		Зернистость, шт./карат	Содержание, шт.	Зернистость, шт./карат	Содержание, карат				
15А3-59	Пережающая метаморфизованные, VI-VII категории по буримости	20-10/А-80	66/-	6,0-7,0/3,0-3,5	20-12	24	3,0-3,5	12,0-14,0	18
15А3-76		20-10/А-80	156/-	7,7-9,0/4,8-5,0	20-10	48	2,5-3,0	15,0-17,0	24
15А3-93		20-12/А-80	195/-	13,0-14,0/5,0	20-12	60	5,0-6,0	24,0-25,0	30
15А3-112	Монолитные, V-VI категории по буримости	20-12/А-80	234/-	16,0-17,0/6,0	20-12	72	6,0-7,0	28,0-30,0	30
16А3-76		12-8/А-80	110/-	9,0-11,0/4,0	12-8	40	3,0-4,0	16,0-19,0	20
16А3-93		12-8/А-80	132/-	11,0-14,0/5,0	12-8	48	6,0-8,0	22,0-27,0	24
16А3-112		12-8/А-80	165/-	16,0-17,0/6,0	12-8	60	6,0-7,0	28,0-30,0	30

Примечание. Твердость матрицы коронок HRC=25-30.

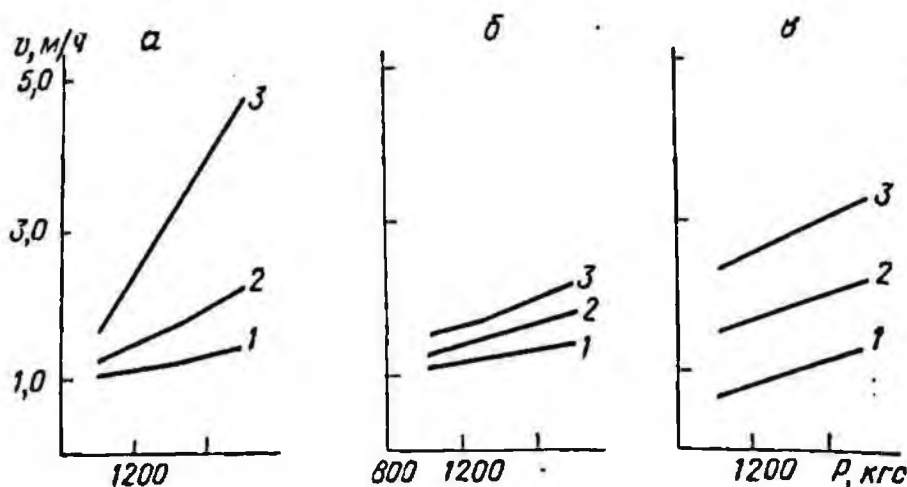


Рис. 31. Зависимость механической скорости от режимных параметров при бурении пластовых пород (по В. А. Бакничинову).

а — песчаник; б — аргиллит; в — алевролит.
Частота вращения, об./мин: 1 — 128; 2 — 238; 3 — 346.

ролитов и аргиллитов V—VI категории рационально применять коронки с относительно более крупными алмазами (12—8 шт./карат). Физико-механические свойства упомянутых выше пород позволяют осуществить более интенсивное внедрение в них крупных алмазов и тем самым повысить производительность бурения. С этой же целью количество зубков в таких коронках несколько меньше, чем в других. Эти коронки получили индекс 16АЗ.

Для перемежающихся горных пород, а также для более метаморфизованных, например сланцев, алевролитов и аргиллитов VI—VII категории с пропластками песчаников VII—VIII категории, рационально применять коронки, армированные более мелкими алмазами (20—12 шт./карат). Благодаря меньшей крупности алмазов коронки имеют более высокую насыщенность при одинаковом в сравнении с предыдущим вариантом содержании алмазов, что способствует повышению работоспособности коронок. Коронки этой модификации получили индекс 15АЗ. Они разработаны для бурения скважин диаметром 112, 93, 76 и 59 мм. Техническая характеристика коронок 15АЗ и 16АЗ приведена в табл. 38.

Новые алмазные коронки всех модификаций обеспечивают более высокие технико-экономические показатели, чем серийные алмазные коронки 06АЗ: повышение механической скорости бурения на 28—80%, снижение расхода алмазов на 15—50%.

К преимуществам новых алмазных коронок относятся:

- рациональность применения на всех глубинах скважин и во всех горных породах V—VII и частично VIII категории по буримости;

- возможность работы на более высоких частотах вращения и при более высоких осевых нагрузках, что составляет основной резерв повышения производительности бурения. Зависимость механической скорости бурения от режимных параметров показана на рис. 31. При этом при повышении частоты вращения не только не снижается работоспособность коронок, но наблюдается ее значительное увеличение;

- более высокая стабильность диаметра скважины, что является важным условием безаварийной работы, также способствующим повышению производительности бурения.

Для достижения максимальной эффективности в бурении новыми

Таблица 39

Рекомендуемые режимы бурения алмазными коронками типа 15АЗ и 16АЗ [5]

Типоразмер, коронки	Режим бурения			Работоспособность коронок (месторождения Донбасса)		
	Частота вращения, об./мин	Нагрузка, кгс	Количество промывочной жидкости, л/мин	Средняя механическая скорость, м/ч	Средняя проходка, м	
					на коронку	за рейс
15АЗ-93	231—336	1000—1200	100—150	1,9	116	8,9
	128—231	1200—1400	120—150	1,3	62	7,5
15АЗ-76	231—336	1000—1200	100—150	1,7	68	7,4
	128—231	1200—1400	120—150	1,2	52	7,2
16АЗ-93	231—336	1000—1200	100—150	2,0	128	8,2
	128—231	1200—1400	120—150	1,4	64	6,7
16АЗ-76	231—336	1000—1200	100—150	2,0	158	8,0
	128—231	1200—1400	120—150	1,5	113	7,9

коронками необходимо соблюдать ряд технологических требований.

1. Бурить скважину только алмазным способом. Комбинированный способ бурения приводит к засорению скважины твердым сплавом и большим колебаниям ее диаметра, что отражается на работоспособности алмазного инструмента.

2. Использовать режимы бурения, приведенные в табл. 39.

3. При использовании коронок диаметром 93 мм применять утяжеленные бурильные трубы, способствующие стабильной работе алмазной коронки и более равномерному распределению нагрузки на нее.

4. Бурить по возможности длинными рейсами, для чего при наличии коротких (4—5 м) колонковых труб необходимо их соединять с помощью ниппелей с тем, чтобы общая длина колонкового набора была не менее 10 м.

5. Нарастивать инструмент в процессе бурения с помощью коротких бурильных труб (1,5 м) без отрыва коронок от забоя.

6. Особое внимание уделять надежному получению и подъему керна, так как оставление керна в скважине всегда вызывает осложнение и деформацию коронок. Для отрыва керна следует применять за-

клиночный материал или кернорватели конструкции ВИТР и СКБ.

7. В качестве промывочной жидкости использовать глинистый или безглинистый раствор, вязкость которого не должна превышать 25—30 сек по СПВ-5.

Однако при бурении с глинистым раствором на стенках скважины откладывается плотная глинистая корка толщиной более 1 мм. При алмазном бурении, которое не дает существенной разработки скважины по диаметру, сужение последнего приводит к осложнениям:

— прихватам колонкового набора;

— деформациям алмазных коронок, возникающим при спуске или подъеме инструмента;

— повышению гидравлических сопротивлений.

Действенным средством, предупреждающим такие осложнения, является расширение зазора между колонковой трубой и стенками скважины с помощью специальных расширителей с увеличенным наружным диаметром. Эти расширители, так же как и стандартные, одновременно обеспечивают стабилизацию работы коронки на забое и калибровку скважины. Применение специальных расширителей диаметром 80 и 97 мм практически полностью

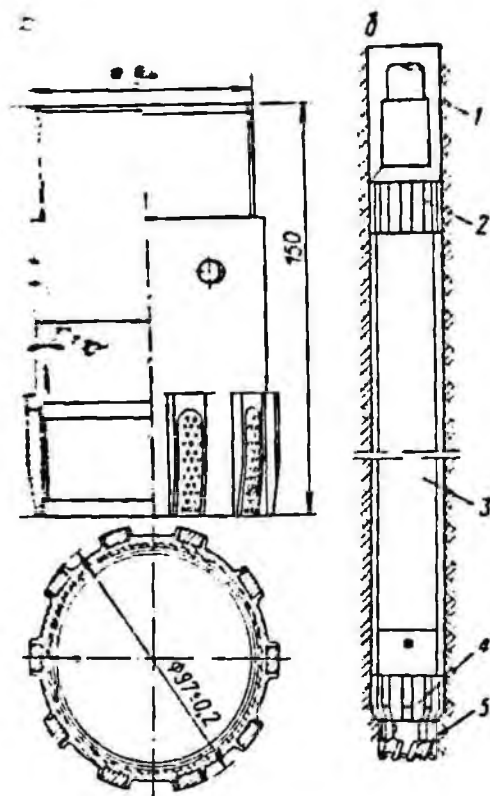


Рис. 32. Специальный алмазный расширитель (а) и схема его работы в компоновке снаряда (б). 1 — буровая колонна; 2 — переходник с наваренными ребрами; 3 — колонковая труба; 4 — алмазный расширитель; 5 — алмазная коронка.

ликвидирует аварии, вызываемые прихватом колонкового набора, в среднем на 30—40% уменьшает гидравлические сопротивления в скважине и облегчает проведение коротажных работ, что имеет важное значение при бурении скважин малого диаметра в сложных условиях каменноугольных месторождений.

Компоновка снаряда с включением специального алмазного расширителя и схема его работы показаны на рис. 32.

На ряде угольных месторождений, в частности в Донбассе, бурят скважины глубиной до 2000 м и более; при этом геологический разрез густо пересечен старыми и действующими горными выработками, нарушен зонами тектонических разломов, горные породы чередуются по твердости. Все эти условия заключают в себе предпосылки к возникновению различных осложнений и ис-

кривлению скважин. Для борьбы с подобными осложнениями на практике, как правило, создают весьма сложные конструкции скважин с конечным диаметром 93 мм, оставляя в качестве резервного (запасного) диаметра 76 мм; около $\frac{2}{3}$ ствола скважины бурят коронками диаметром 112 мм.

Для бурения верхних горизонтов глубоких (до 1500—2000 м и более) геологоразведочных скважин при необходимости крепления последних трубами, а также для бурения в тех условиях, когда приходится переходить на большие диаметры (например, для отбора технологических проб и т. д.), ВИТР разработаны специальные однослойные алмазные коронки большого диаметра (112 мм).

Алмазная коронка диаметром 112 мм конструктивно выполнена по аналогии с серийно выпускаемыми однослойными алмазными коронками меньших размеров, состоит из твердосплавной матрицы, армированной одним слоем алмазов, и стального корпуса. В матрице имеются промылочные каналы, которые разделяют ее на 10 секторов. Конструктивные особенности и общий вид алмазной коронки диаметром 112 мм в сравнении с коронками диаметром 76 и 59 мм показаны на рис. 33. Достаточно большой по диаметру столбик керна, получаемый при бурении алмазными коронками диаметром 112 мм, стабилизирует буровой снаряд, уменьшает искривление скважины, снижает влияние вибрационных нагрузок на алмазы, уменьшает количество самозаклиниваний керна.

С технологической точки зрения применение специальных алмазных коронок увеличенного диаметра не вызывает каких-либо коренных изменений. На данном этапе развития буровой техники имеются большие возможности в применении прогрессивной технологии бурения коронками этого диаметра. Опыт работы

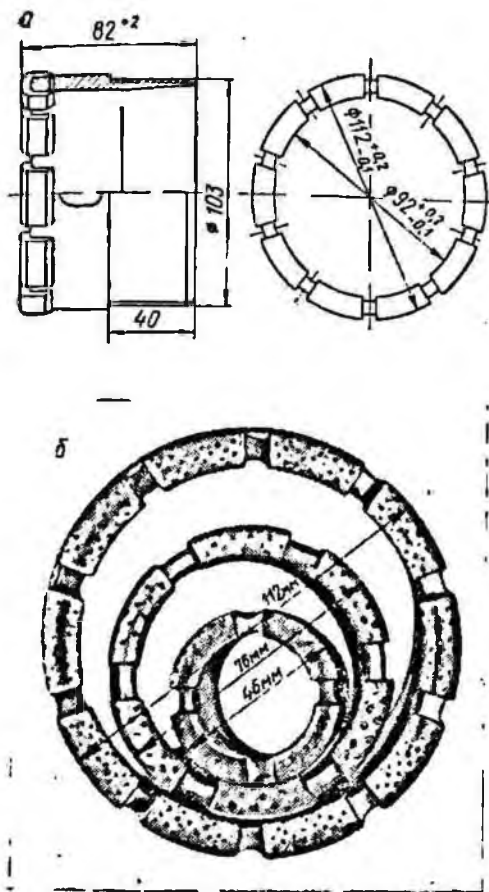


Рис. 33. Конструкция алмазной коронки диаметром 112 мм (а) и сравнительные размеры коронки (б).

в Донбассе показал, что бурение на современных станках коронками диаметром 112 мм возможно при максимальных частотах вращения бурового снаряда. Высокая стойкость коронок и уменьшение самозаклиниваний керна в трещиноватых породах создают условия для увеличения рейсовой проходки, что положительно сказывается на производительности буровых работ.

Основным технологическим требованием при работе с алмазными коронками этого диаметра является обязательное применение утяжеленных бурильных труб. Бурение этими коронками осуществляется в основном в верхних интервалах скважин, где нельзя создать оптимальные осевые нагрузки на инструмент. В связи с этим в ряде случаев, осо-

бенно при бурении по сильно окварцованным песчаникам, возможны заполирование алмазов и снижение производительности из-за недостаточной осевой нагрузки.

Бурить коронками диаметром 112 мм рекомендуется на режимах, приведенных в табл. 40. Количество подаваемой на забой промывочной жидкости должно регулироваться в зависимости от разбуриваемых пород. При бурении в твердых окварцованных породах во избежание заполирования алмазов количество промывочной жидкости должно быть снижено до 60—70 л/мин. И, наоборот, в абразивных породах количество промывочной жидкости должно быть увеличено до 100—150 л/мин.

При обращении с коронками диаметром 112 мм необходимо пользоваться специальными штифтовыми ключами, ибо обычные шарнирные ключи приводят к деформации коронок, так как общая жесткость корпуса коронок увеличенного диаметра ниже, чем у коронок меньшего диаметра.

Для отрыва керна может быть применен обычный заклиночный материал, используемый при работе с другими коронками. Однако вследствие высокой прочности керна большого диаметра более надежным средством его отрыва являются кернарвательные кольца. Рекомендуется использовать кернарватели конструкции СКБ Мингео СССР.

§ 3. БУРЕНИЕ С ПРОДУВКОЙ ВОЗДУХОМ

Метод бурения с продувкой воздухом не ставит буровые работы в зависимость от источников водоснабжения, что является ценным преимуществом этого метода при бурении в горных областях, в районах распространения многолетнемерзлых пород, в пустынных и полупустынных районах, где часто отсутствуют запасы воды в нужном для

Таблица 40

Рекомендуемые режимы бурения алмазными коронками диаметром 112 мм [59]

Тип коронки	Краткая характеристика горных пород (область рационального применения коронок)			Режим бурения (до 60 м и выше бур м)		
	Степень абразивности	Категория по буримости	Степень трещиноватости	Осевая нагрузка, кгс	Частота вращения, об./мин	Расход промывочной жидкости, л/мин
01АЗД20	Среднеабразивные	VIII—IX	Монолитные	1400—1600	346—470	60—100
				1500—1700	277—128	60—100
01А4Д20			Трещиноватые	1200—1400	238—277	80—120
				1400—1500	277—128	100—150
01АЗД20	Абразивные		Монолитные	1200—1400	346—470	60—100
				1400—1500	277—128	60—100
01А4Д20			Трещиноватые	1000—1200	238—277	80—120
				1200—1300	277—128	100—150
01А4Д60	Среднеабразивные	IX—XI	Монолитные	1500—1800	346—470	60—100
				1600—1800	277—128	60—100
			Трещиноватые	1300—1400	238—277	80—120
				1400—1500	277—128	100—150
	Абразивные		Монолитные	1300—1400	346—470	60—100
				1400—1500	277—128	60—100
			Трещиноватые	1200—1300	238—277	80—120
				1300—1400	277—128	100—150

бурения количестве. Поэтому указанный метод бурения скважин находит достаточно широкое применение.

Бурение скважин с продувкой воздухом может осуществляться на современных установках вращательного бурения, например на установках серий ЗИФ, СБА, УКБ и др. При этом дополнительно в комплект оборудования должны быть включены компрессор, обеспечивающий нужное количество и давление воздуха в зависимости от глубины и диаметра скважины, герметизирующее устройство на устье скважины и контрольно-измерительная аппаратура (расходомер воздуха, манометр, термометр и пр.). При бурении в мерзлых породах во избежание растепления стенок скважины теплом сжатого воздуха в состав

оборудования включаются холодильник и влагоотделитель.

Для бурения скважин с продувкой воздухом могут быть использованы любые компрессоры производительностью 5—9 м³/мин и давлением 7—8 кгс/см². Однако по условиям транспорта в труднодоступных районах желательно иметь компрессоры передвижного типа с меньшими размерами и массой.

Расположение оборудования на точках бурения может быть различным. На рис. 34 показана схема расположения оборудования, применяемая в Сибири и в районах Крайнего Севера [52]. Схема предусматривает включение бурового насоса.

Сжатый воздух от компрессора 1 через ресивер 2, холодильник 3, маслоуловитель 4, трубопровод с фланцами и задвижками 7 и си-

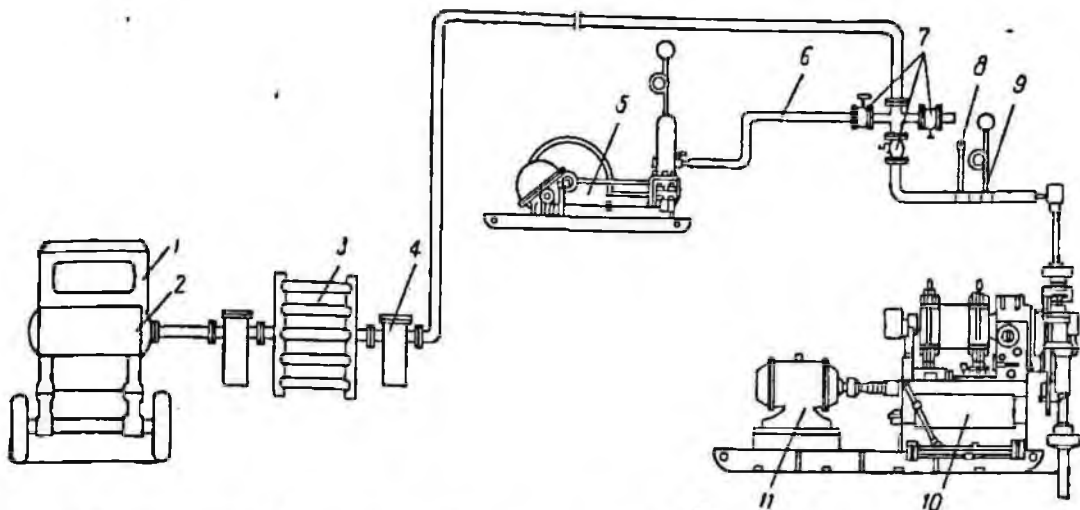


Рис. 34. Расположение оборудования при бурении с продувкой сжатым воздухом.

1 — компрессор; 2 — ресивер; 3 — холодильник; 4 — влагоотделитель; 5 — буровой насос; 6 — нагревательный трубопровод; 7 — задвижки; 8 — расходомер воздуха; 9 — манометр; 10 — буровой станок; 11 — электродвигатель.

стему бурильных труб поступает к забою скважины. Отработанный воздух вместе со шламом поднимается по кольцевому пространству между стенками скважины и бурильными трубами к ее устью и выходит на дневную поверхность. Герметизация устья скважины достигается установкой уплотняющего пакера.

На рис. 35 приведен узел регулировки расхода воздуха. Воздух от компрессора поступает по трубопроводу 1 в маслоотделитель 2. Вентиль 3 служит для грубой регу-

лировки воздуха и сбрасывания части воздуха в атмосферу, а вентиль 4 — для точной регулировки расхода воздуха. Далее воздух проходит через расходомер 5, запорный вентиль 8, тройник 11 и рукав 12 в скважину. К вентилю 10 тройника присоединяется рукав 9 от промышленного насоса. Для контроля давления воздуха в системе служит манометр 6, а для контроля температуры — термометр 7.

Во избежание потерь давления воздуха при прохождении его от компрессора до забоя нужно обра-

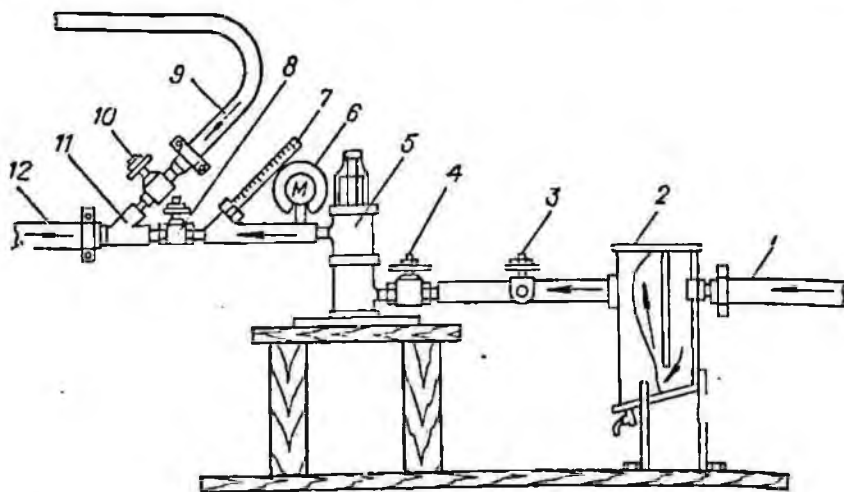


Рис. 35. Контрольно-измерительная аппаратура при бурении с продувкой сжатым воздухом.

шать особое внимание на плотность резьбовых и фланцевых соединений, избегать лишних колен и переходов. Длина воздухопровода от компрессора до устья скважины должна быть возможно малой. Трубы, вентили и переходы должны иметь достаточный внутренний диаметр для пропуска данного количества воздуха без больших сопротивлений в пути. То же самое относится к бурильным трубам, шлангам и к проходному отверстию вертлюга.

Большое значение при бурении скважины с продувкой воздухом имеет конструкция устройства для герметизации устья скважины. Обычно уплотняющим элементом устройства является резина, которая в условиях низких температур крошится, не обеспечивая нужной герметизации, и быстро выходит из строя. Хорошие результаты были получены при замене резины войлоком. Неплохо работают уплотнения комбинированного типа — резина и войлок.

Однако применяемые герметизирующие устройства затрудняют применение трубоизоготовителей, устанавливаемых выше этих устройств. Учитывая это обстоятельство в Иркутском политехническом институте [52] разработано герметизирующее устройство (вращающийся пакер), простое по конструкции, малогабаритное и позволяющее свободно использовать механизм трубоизоготовителя. Применение пакера в скважине показало, что он удобен и надежен в работе. Приводим краткое его описание (по А. А. Рязанову).

Пакер (рис. 36) изготавливается из стандартных обсадных труб. Корпус 8, представляющий собой сварную конструкцию, наворачивается на тройник 10 кондуктора. Внутри корпуса 8 вращается на подшипниках корпус 14 с втулкой. Упорные 5 и радиальный 12 подшипники закреплены в корпусе с помощью втулки, опорной шайбы 4 и гайки 3. Гайка стопорится в корпусе бол-

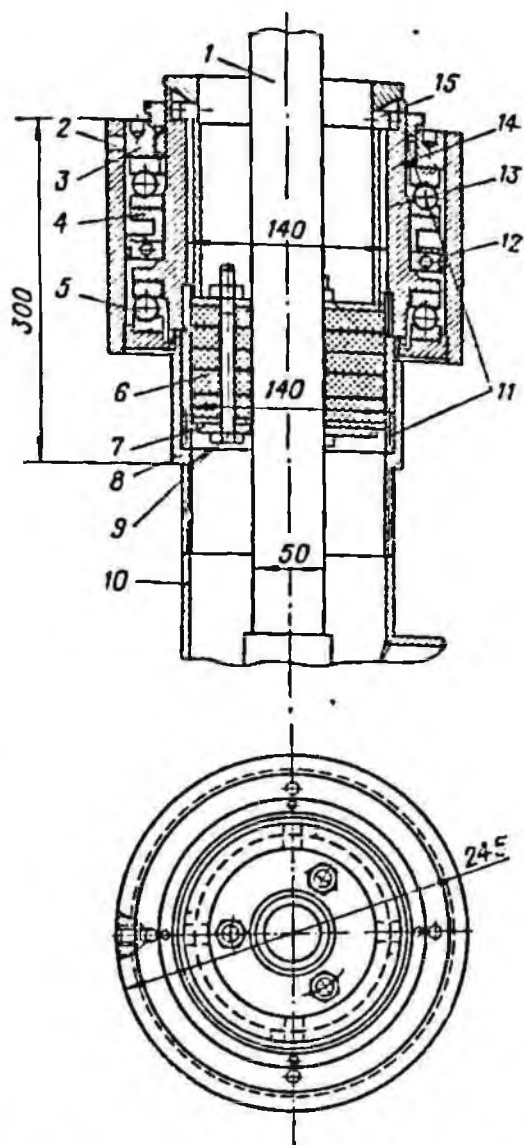


Рис. 36. Вращающийся пакер для герметизации устья скважины (Иркутский политехнический институт).

том 2. Шариковые подшипники защищены от попадания в них пыли сальниковыми уплотнениями 11. Шариковые подшипники для упрощения конструкции могут быть заменены бронзовыми или чугунными упорными кольцами.

Внутри вращающегося корпуса помещен сальник, смонтированный на ведущей трубе 1 и состоящий из верхнего фланца с седлом 13 и нижнего фланца 7, стянутых болтами 9, и уплотнительных резиновых и войлочных колец 6. Ведущая труба перемещается в уплотнении только

в осевом направлении, вращение же передается вращающемуся корпусу 14 за счет трения между поверхностями трубы, втулки и уплотнительных колец. Эластичные уплотнительные кольца хорошо воспринимают поперечные вибрации снаряда и гасят их благодаря зазору между трубой и упорными фланцами 7 и 13. От осевых смещений во время бурения сальниковое уплотнение удерживается за счет соединения с помощью штифтов 15 на фланце 13 и Г-образных пазов в теле вращающегося корпуса 14. Сальниковое уплотнение поднимается вместе с ведущей трубой. Для этого достаточно повернуть ее влево так, чтобы штифты 15 стали против вертикальных прорезей Г-образных пазов фланца, и поднять ее вместе с сальником. Установка сальника не требует много времени и позволяет работать с пакером без непосредственного доступа к нему в случае применения механизма для свинчивания и развинчивания бурильных труб. Высота пакера около 300 мм, что не мешает оборудованию устья скважины.

Забуривание скважины на длину направляющей трубы рекомендуется производить во влажных породах без промывки, а во всех других случаях — обычным способом спрмывкой. После установки направляющей трубы и уплотняющей головки в устье скважины, затем монтажа трубопроводов можно переходить на бурение с продувкой воздухом.

Количество воздуха для продувки зависит от диаметра коронки и определяется исходя из скорости восходящего потока, которая должна лежать в пределах от 6 до 12 м/сек. Для получения таких скоростей при бурении алмазными коронками диаметром 59—93 мм расход воздуха должен составлять 2—5 м³/мин.

Давление воздуха при нормальных условиях бурения зависит от размера проходного отверстия в бурильных трубах, диаметра скважины

и характера разбуриваемых пород. Оптимальное давление воздуха подбирается опытным путем применительно к данным конкретным условиям бурения. Повышение давления воздуха в течение рейса (по мере заполнения керном колонковой трубы и увеличения количества шлама в скважине) происходит в пределах 0,5—1,0 кгс/см².

В процессе бурения с продувкой воздухом часто возникают осложнения, связанные главным образом с поступлением пластовой воды в скважину. Повышение содержания влаги в стволе приводит к слипанию частиц шлама, образованию грязевых сальников и пробок, загрязнению стенок скважины и зашламованию снаряда. При прекращении доступа воздуха на забой в загрязненной скважине могут быть случаи прижога коронки.

При бурении в толщах многолетнемерзлых пород нередко происходит растепление мерзлых стенок скважины, так как сжатый воздух в летнее время имеет температуру 40—50°С. Таяние льда в породе и в ее трещинах приводит к образованию в скважине жидкой массы, к образованию сальников на бурильных и колонковых трубах и перекрытию промывочных отверстий коронки или долота шламом. Подача в скважину воздуха с температурой 0—5°С (особенно весной и осенью, когда наружный воздух содержит много влаги) является причиной ледяных пробок в каналах ниппельных и замковых соединений бурильной колонны.

В качестве предупреждения образования сальников могут быть рекомендованы:

а) «просушка» скважины перед бурением, т. е. продувка без вращения инструмента в течение 20—50 мин (при водопритоках порядка 0,1—0,3 л/мин);

б) применение аэрированных растворов;

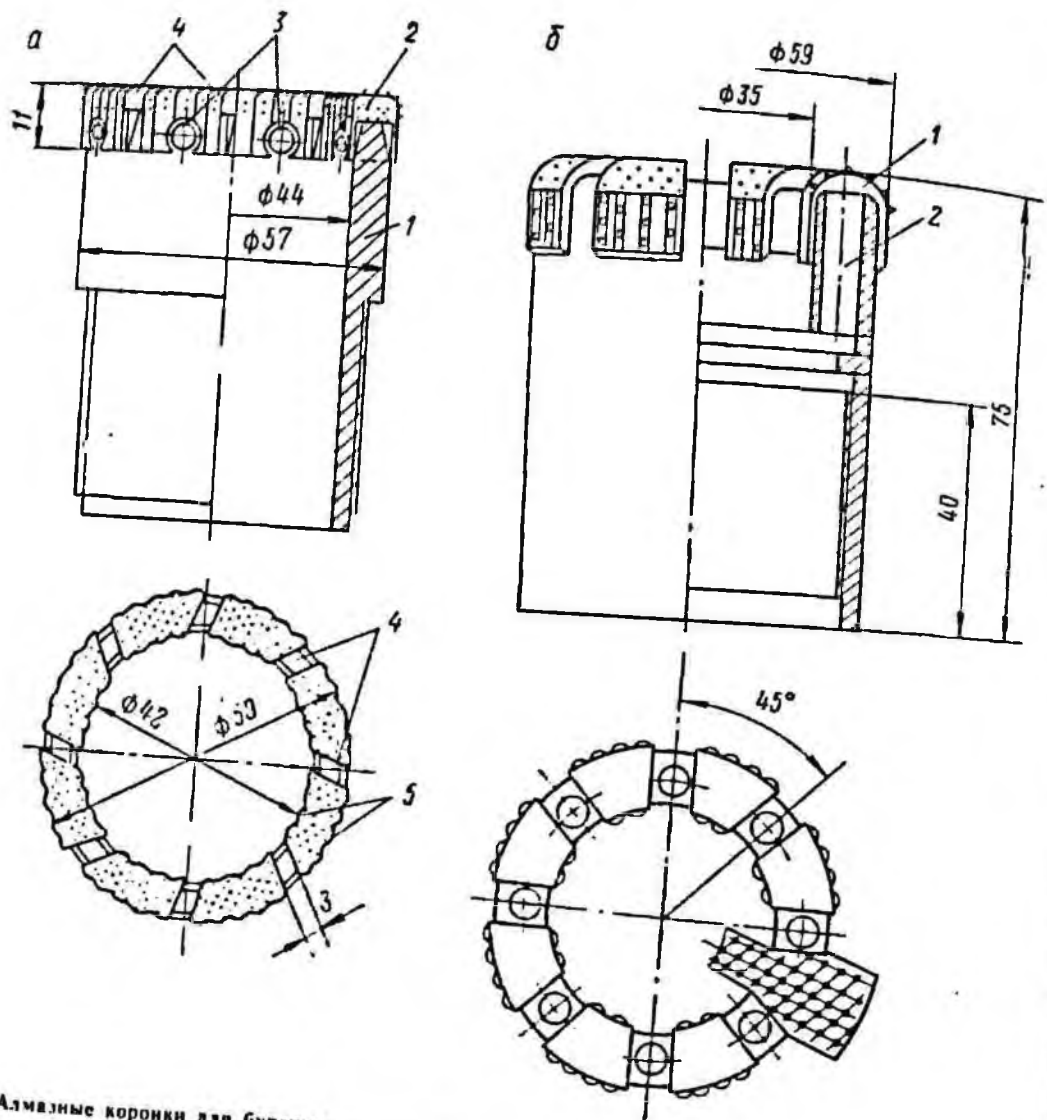


Рис. 37. Алмазные коронки для бурения с продувкой воздухом.
 а — для одиночными трубами: 1 — корпус, 2 — алмазосодержащая матрица, 3 — дополнительные отверстия для прохода воздуха, 4 — канал для прохода воздуха.
 б — для двойными колонковыми трубами: 1 — каналы; 2 — отверстия для прохода воздуха, 3 — боковые ребра матрицы.

в) разжижение сальников введением дополнительного количества воды в скважину в сочетании с расквашиванием снаряда и другие методы.

С целью уменьшения влажности воздуха, поступающего в скважину, необходимо устанавливать влагоотделители и холодильники (при бурении в мерзлых породах) на пути движения воздуха от компрессора к устью скважины.

Перед отрывом керна и подъемом снаряда скважину продувают в течение 5—10 мин при максимальном расходе воздуха.

Успешное алмазное бурение с продувкой может осуществляться лишь при использовании специального породоразрушающего инструмента, в котором обеспечены условия теплообмена между алмазной коронкой и охлаждающим агентом. Для этого необходимо предусмотреть достаточную поверхность соприкосновения рабочей части коронки с охлаждающим агентом, что достигается путем придания наружной и внутренней боковым поверхностям алмазосодержащей матрицы коронки ребристой формы, а также путем увеличения

сечения каналов для охлаждающей рабочей поверхности.

В настоящее время ЦНИГРИ и ВИТР созданы алмазные коронки двух типов: для бурения одинарными и двойными колонковыми трубами. Алмазная коронка конструкции ЦНИГРИ для бурения с продувкой одинарными колонковыми наборами (рис. 37) характеризуется ребристой боковой поверхностью матрицы с наличием перпендикулярных к оси коронки отверстий, расположенных на границе корпуса и матрицы. Циркулирующий агент, истекающий из этих отверстий, попадает в зазор между стенками скважины и корпусом коронки, т. е. в среду с меньшим гидравлическим сопротивлением, чем в зазоре между внешней поверхностью матрицы и стенками скважины, куда поступает поток, выходящий из-под торца коронки. Благодаря эжекционному эффекту, создаваемому струями, истекающими с большой скоростью из горизонтальных отверстий, снижается противодавление для потока, выходящего из-под торца, что создает благоприятные условия для

улучшения очистки забоя. Вследствие высокой турбулентности струй, истекающих из отверстий, возникают завихрения потока в зазоре между керном и внутренней поверхностью матрицы, препятствующие оседанию частиц шлама в этом зазоре. В результате уменьшается опасность зашламования. Наличие горизонтальных отверстий значительно увеличивает поверхность контакта матрицы с циркулирующим агентом, что улучшает условия теплообмена. Коронки армируются овализованными или дроблеными алмазами зернистостью 30—20 шт./карат. Масса алмазов в коронке диаметром 59 мм составляет 10—12 карат, алмазы располагаются в восьми секторах, форма рабочей поверхности — полузакругленная.

Алмазные коронки для бурения двойными колонковыми трубами (рис. 37, б) имеют цилиндрические отверстия диаметром 6 мм, выходящие под торец коронки, и каналы по наружной и внутренней поверхности. Коронки имеют закругленную форму рабочей поверхности.

Техническая характеристика коронок для бурения с продувкой воздухом

Наружный диаметр, мм	46	59	76
Внутренний диаметр, мм	26	36	45
Количество секторов	6	8	10
Зернистость алмазов, шт./карат		30—20	
Выпуск алмазов из матрицы, мм		0,2—0,3	
Масса алмазов в коронке, карат	5—7	9—10	14—15
Твердость матрицы НРС		20—25	

Спуск алмазной коронки на забой производят при продувке воздухом несколько медленней, чем при промывке, при работающем компрессоре для подачи воздуха в скважину. К сожалению, накопленный к настоящему времени опыт алмазного бурения с продувкой воздухом недостаточен, противоречив и не позволяет дать обобщенные рекомендации по выбору параметров режима бурения. Поэтому осевую нагрузку на коронку и частоту ее вращения подбирают опытным пу-

тем, руководствуясь рекомендациями, приводимыми для алмазного бурения с промывкой водой в аналогичных условиях.

§ 4. БУРЕНИЕ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ БУРЕНИЯ

Бурение из подземных горных выработок характеризуется следующими особенностями по сравнению

с бурением с поверхности земли:

- наличием специально оборудованной горной выработки — камеры вместо вышки и бурового здания;

- большим диапазоном углов наклона скважин (от вертикальных до восстающих);

- применением в качестве приводов буровых станков только электро- или пневмодвигателей;

- спецификой организации и технологических приемов бурения.

При проектировании конструкции скважин, проходимых из горных выработок, учитывают следующие факторы:

- назначение скважин (геолого-разведочная, взрывная, дренажная, вентиляционная и т. д.);

- глубину и угол наклона;

- характер буримых пород;

- требуемое минимальное сечение скважины или максимальный диаметр керна.

Необходимость бурения геолого-разведочных скважин из подземных горных выработок обуславливается потребностями разведки и доразведки месторождений. Бурение дает огромную экономию по сравнению с горными работами.

Скважины в подземных условиях бурятся в ряде случаев большими скоплениями, т. е. в больших количествах с одной точки установки (кустами, веерами и т. п.). В связи с этим необходимо размещать скважины на минимально допустимом расстоянии друг от друга, что позволит исключить влияние многих геологических и производственных факторов. Это минимально допустимое расстояние между скважинами можно определить, зная радиус их влияния. Специальными исследованиями установлено, что напряжения, в частности в массиве угля, стабилизируются на расстоянии, равном 2,5—3 диаметрам скважины; поэтому расстояния между центрами скважин для исключения их влияния друг на друга должны быть не менее 6 диаметров скважин. В бо-

лее твердых, чем уголь, горных породах минимально допустимые расстояния между скважинами могут быть приняты несколько меньшими.

При решении вопроса о сооружении подземной камеры для бурения (установление ее полного объема, высоты и сечения шатровой части — гезенка, выбор способа укладки бурильных труб: использование верхового рабочего или работа «на вынос») необходимо предварительно произвести технико-экономический расчет, учитывающий полную стоимость проходки и обустройства камеры и удорожание 1 м подземной скважины вследствие снижения скорости бурения из-за организационных сложностей.

Алмазный способ при подземном бурении является наиболее рациональным и наименее трудоемким вследствие применения сравнительно легкого оборудования и уменьшения массы и количества технологического и другого инструмента.

При организации бурения в соответствии с проектом работ составляется эскиз (схема) камеры для подземного бурения. Эскиз передается для использования горному цеху. Готовая камера в полностью оборудованном состоянии (с креплением, подводкой электроэнергии, воды, сжатого воздуха и вентиляцией) передается горным цехом и принимается буровым цехом по акту, после чего буровая (или монтажно-буровая) бригада допускается к монтажу бурового оборудования.

В зависимости от угла заложения скважин камеры для подземного бурения разделяются на четыре типа: I — для горизонтальных и слабонаклонных скважин; II — для вертикальных и крутопадающих скважин; III — для скважин, заданных под большими углами наклона; IV — для восстающих скважин.

Камера I типа (рис. 38) состоит из двух элементов: подходной вы-

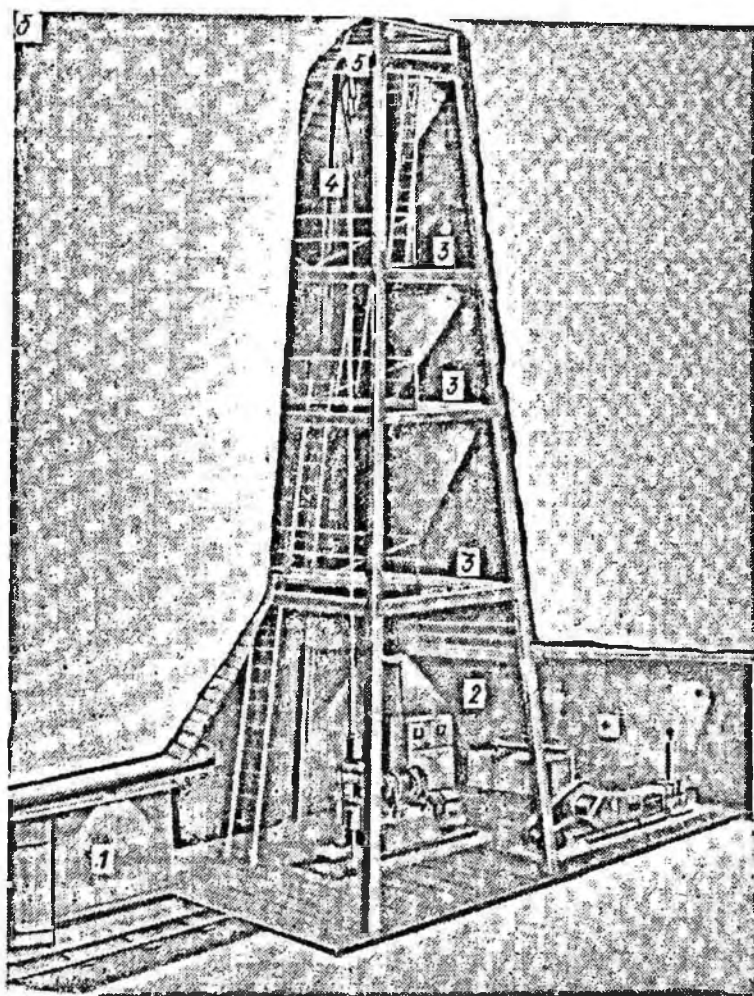
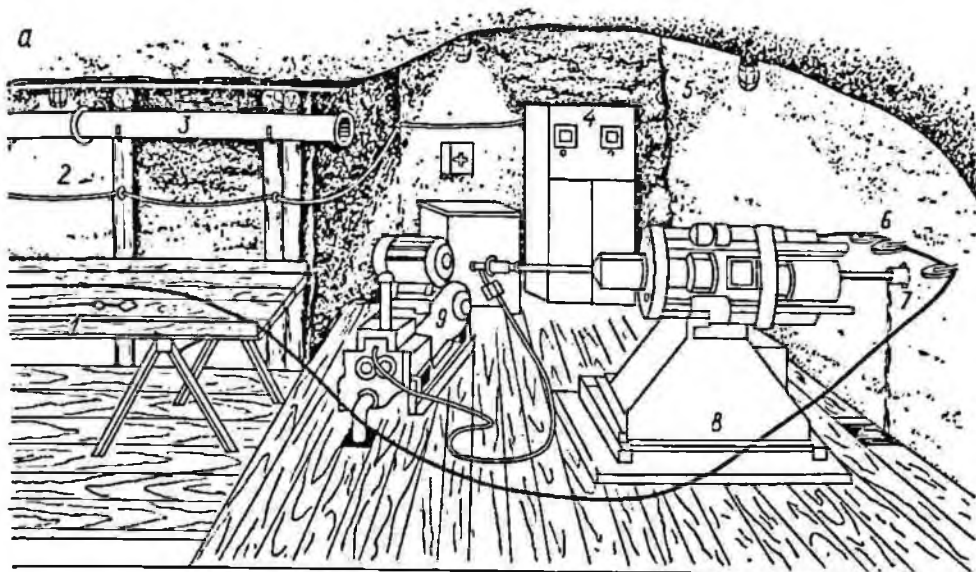


Рис. 38. Камеры для подземного бурения скважин.

а — горизонтальных: 1 — лоток для бурильной колонны с колонковыми наборами, 2 — подходная выработка, 3 — вентиляционная труба, 4 — магнитная станция, 5 — машинный зал, 6 — система блоков для спуско-подъемных операций, 7 — направляющая труба скважины, 8 — буровой станок, 9 — насос; *б* — вертикальных: 1 — подходная выработка, 2 — машинный зал, 3 — полаты с лестницами, 4 — шатровая часть, 5 — верхняя рама с подвесным блоком.

работки (при ее помощи камера соединяется с общей системой горных выработок) и машинного зала, предназначенных для размещения и эксплуатации в них оборудования, обеспечивающего бурение скважин как небольшой глубины (обычно от 30—50 до 100—150 м), так и сравнительно глубоких (до 500 м и более). Камеры для горизонтальных и слабонаклонных скважин обычно имеют простую форму и относительно небольшие размеры; в тех случаях, когда направление таких скважин совпадает с направлением подходной горной выработки, длина свечи может достигать 9—12 м и более, что значительно сокращает затраты времени на спуско-подъемные операции. Высота камеры в свету принимается равной 2 м. В связи с тем что площадь поперечного сечения камерных выработок этого типа, как правило, невелика (до 10 м²), проходку их осуществляют теми же способами, что и проведение обычных горизонтальных выработок. В устойчивых породах камеры проходят без крепления, а в породах неустойчивых или недостаточно устойчивых — с креплением.

Камеры II и III типов (рис. 38, б) состоят из трех элементов: помимо подходной выработки и машинного зала, имеющих то же назначение, они включают шатровую часть (гензек), в которой размещаются кронблок, талевая оснастка, полати и бурильные трубы (свечи). Размеры этих камер должны соответствовать установленному оборудованию, обеспечивать его удобное расположение и обслуживание.

Камеры IV типа отличаются от первых трех наличием в почве выработки шурфа, в который заводят сальник и конец бурильных труб при извлечении инструмента из скважины.

Размеры каждой части камерной выработки определяются отдельно в соответствии с их назначением и

требованиями правил технической эксплуатации и безопасного ведения работ.

Применяемые формы и размеры поперечного сечения подходных выработок аналогичны таковым типовых сечений горизонтальных горно-разведочных, подготовительных и эксплуатационных выработок, длина их определяется проектом буровых работ в зависимости от расстояний между точкой заложения скважины и горными выработками.

Объем камеры V_k и составляющих ее элементов V_m и $V_{ш}$ (м³) определяется по следующим формулам (рис. 39) [80]:

$$V_k = V_m + V_{ш};$$

$$V_m = A_m B_m h_m;$$

$$V_{ш} = \frac{h_{ш}}{6} [B_{ш}(2A_{ш} + a_{ш}) + b_{ш}(2a_{ш} + A_{ш})],$$

где V_m — объем машинного зала; $V_{ш}$ — объем шатровой части; A_m — длина машинного зала, м; B_m — ширина машинного зала, м; h_m — высота машинного зала, м; $h_{ш}$ — высота шатровой части от кровли машинного зала, м; $B_{ш}$ — ширина нижнего основания шатровой части, м; $A_{ш}$ — длина нижнего основания, м; $a_{ш}$ — длина верхнего основания шатровой части, м; $b_{ш}$ — ширина верхнего основания, м.

При определенных горно-геологических условиях шатровая часть камеры может представлять собой прямоугольную (в сечении) восстающую выработку, пройденную под углом, равным углу наклона скважины.

Учитывая плохое гашение производственных шумов в ограниченном пространстве подземных камер, при значительной высоте шатровой части необходимо оборудовать сигнализирующее устройство, обеспечивающее связь находящегося наверху рабочего с бурильщиком.

Скважины, буримые на действующих рудниках, могут пересекать

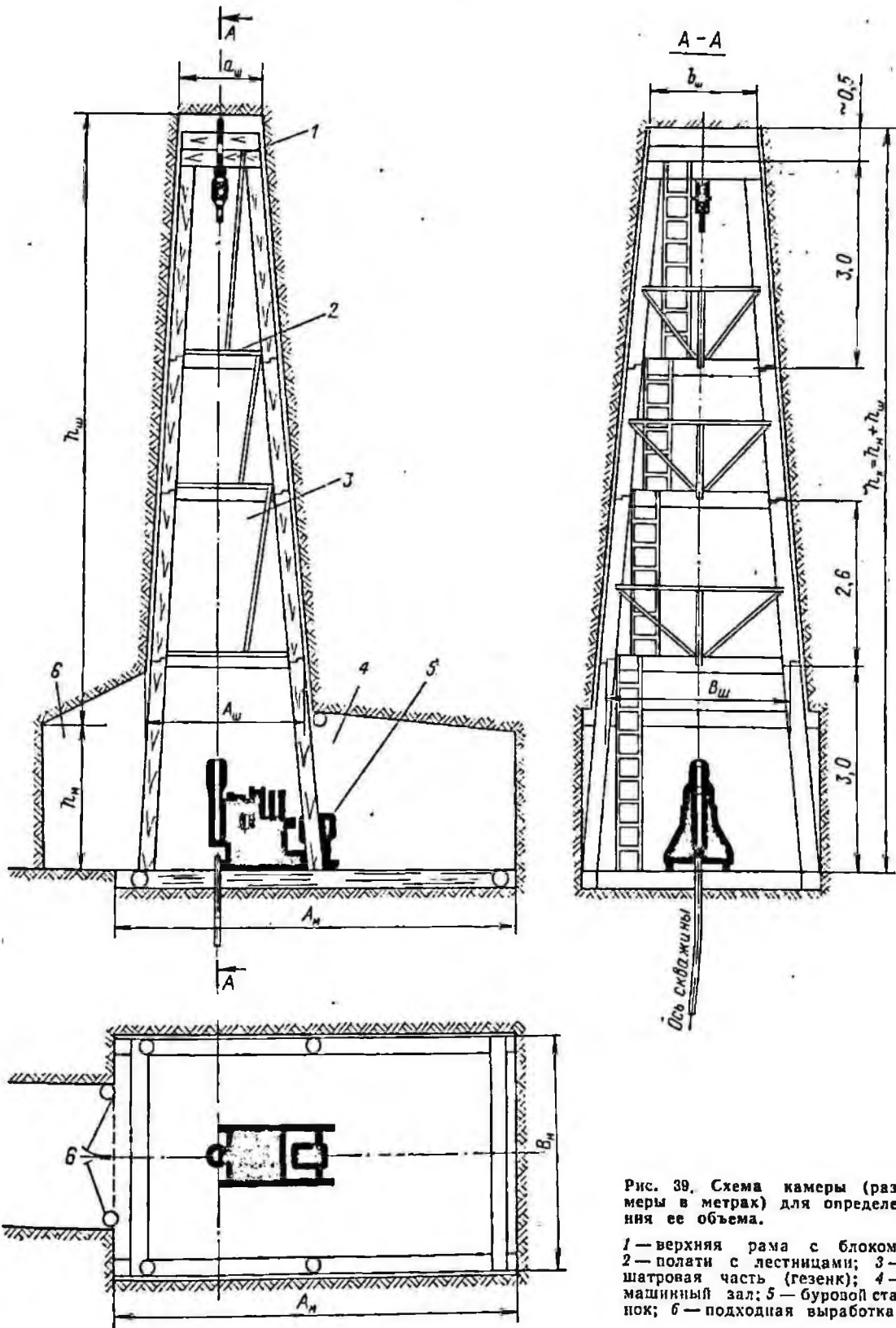


Рис. 39. Схема камеры (размеры в метрах) для определения ее объема.

1 — верхняя рама с блоком;
 2 — полаты с лестницами; 3 — шатровая часть (гезенк); 4 — машинный зал; 5 — буровой станок; 6 — подходящая выработка.

выработки, в которых производятся взрывные работы. Распространение взрывной волны по стволу скважины может быть причиной поврежденный бурового оборудования или несчастных случаев. В целях предотвращения подобных явлений скважины в местах пересечения горных выработок необходимо оборудовать специальными бетонными целниками.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВОССТАЮЩИХ СКВАЖИН

Режимы бурения вертикальных и наклонных скважин, проходимых в подземных условиях, остаются теми же, что и при бурении с поверхности, но они существенно отличаются при бурении горизонтальных (слабонаклонных) и восстающих скважин.

Устья восстающих, горизонтальных, слабонаклонных скважин оборудуются специальными устройствами для отвода промывочной жидкости, а также на случай самоизливающихся или фонтанирующих вод. При бурении крутовосстающих скважин (более $+60^\circ$) длина свечи не должна превышать 1,5—3,0 м, так как длинная свеча влечет за собой увеличение глубины и сечения шурфа в почве выработки и связанные с этим неудобства работы в нем.

Спуско-подъемные операции в восстающих скважинах осуществляются принудительно с помощью механизмов подачи станка, пневматического или гидравлического экстрактора или лебедки станка и системы дополнительных блоков. Заталкивание инструмента в восстающую скважину и его извлечение производятся при постоянном усилии, удерживающем инструмент на весу. Удерживание инструмента на весу при спуско-подъеме или при перекреплении патронов станка производится с помощью штангодер-

жателя, установленного на закрепленной у устья скважины специальной скобе.

Спуско-подъемные операции в горизонтальных (слабонаклонных) скважинах осуществляются с помощью экстрактора или через лебедку станка и систему блоков (рис. 40); при забуривании и бурении неглубоких скважин (до 100 м) операции по заталкиванию и извлечению снаряда могут выполняться вручную.

При бурении слабонаклонных скважин (от $+8$ до $+25^\circ$) в состав бурового снаряда обязательно вводится кернорвательное устройство, так как взятие керна весьма затруднительно из-за сложности, длительности и недостаточной надежности подачи насосом заклиночного материала в колонковую трубу. При бурении восстающих скважин необходимо применять кернорвательные устройства с целью отрыва керна от забоя в колонковой трубе керн удерживается под действием собственной силы тяжести.

При бурении горизонтальных и слабонаклонных скважин в сильнотрещиноватых, разрушенных породах возможно заклинивание бурового снаряда кусочками породы, вываливающимися из высячей стенки скважины под влиянием вибрации и ударов снаряда. Для предупреждения подобных осложнений необходимо следить за состоянием и характером проходимых пород и поведением стенок скважины, с тем чтобы вовремя провести цементацию неустойчивых интервалов.

При бурении восстающих скважин условия промывки забоя скважины и торца коронки существенно отличаются от условий промывки вертикальных и наклонных скважин: под торцом коронки почти отсутствует шлам, который мог бы предотвратить зашлифовку алмазов при бурении в малоабразивных породах. Поэтому в таких случаях необходимо особенно тщательно и

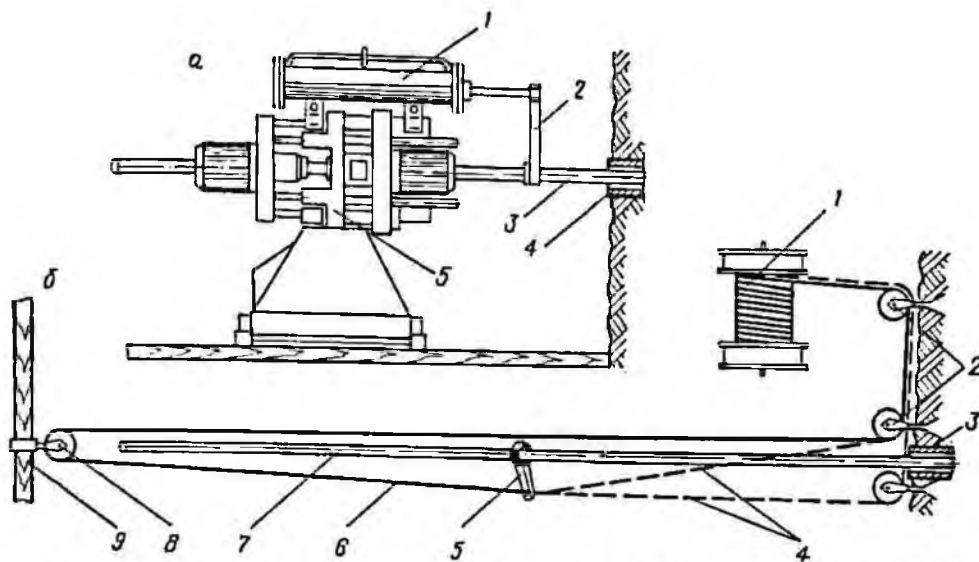


Рис. 40. Способы производства спуско-подъемных операций при бурении горизонтальных скважин.

a — с помощью пневмоударника: 1 — пневмоподъемник (экстрактор), 2 — спуско-подъемная вилка, 3 — буровая труба, 4 — устье скважины с направляющей трубой, 5 — шпиндель бурового станка, установленный горизонтально; *b* — с помощью лебедки бурового станка: 1 — лебедка станка, 2 — направляющие блоки (ролики), 3 — устье скважины, закрепленное направляющей трубой, 4 — положение троса при заталкивании буровых труб в скважину, 5 — спуско-подъемная вилка, 6 — положение троса при извлечении буровых труб из скважины, 7 — буровые трубы, 8 — спуско-подъемный блок, 9 — стойка для крепления блока.

правильно выбирать алмазные коронки по зернистости алмазов в зависимости от степени абразивности и твердости горных пород.

Изменение количества шлама под торцом алмазной коронки также оказывает существенное влияние на выбор типа матрицы по твердости. Так, если при бурении вертикальных и наклонных скважин использовалась коронка с твердой матрицей, то при бурении восстающих скважин в тех же породах рациональнее применять коронки с нормальной матрицей.

Эффективность алмазного бурения восстающих скважин, прежде всего в породах мало- и среднеабразивных, зависит от количества промывочной жидкости. Корреляционная связь между окружной скоростью коронки и удельным расходом промывочной жидкости при бурении восстающих скважин определяется выражением [17]:

$$Q = 0,6v,$$

а при бурении наклонных скважин —

$$Q = 1,56v,$$

где Q — расход промывочной жидкости на 1 см^2 площади торца коронки, л/мин; v — окружная скорость коронки, м/сек. Таким образом, при алмазном бурении восстающих скважин расход промывочной жидкости можно уменьшать в 2—2,5 раза против рекомендованного для вертикальных и наклонных скважин.

Сила трения снаряда о стенки восстающей скважины уменьшается с увеличением угла ее наклона. Одновременно увеличивается воздействие силы тяжести снаряда на шпиндель бурового станка. В связи с этим при проведении восстающих скважин следует определять с помощью контрольно-измерительных приборов (дриллометра) дополнительную нагрузку, которая необходима для компенсации веса снаряда при установлении необходимой общей осевой нагрузки. Дополнительная нагрузка определяется опытным путем при нахождении буровой колонны в скважине, при вращении ее и медленной подаче не доходя до забоя 1,0—1,5 м; учиты-

дополнительная нагрузка приближается к рекомендуемой, обеспечивая общую оптимальную нагрузку на коронку.

Учитывая меньшую толщину шламового прослоя между торцом коронки и разбуриваемой породой, а следовательно, большую глубину внедрения в породу объемных алмазов коронки, в восстающих скважинах рекомендуется применять осевые нагрузки на 20—40% выше, чем в вертикальных и наклонных. При этом наблюдается увеличение механической скорости бурения на 10—30% и снижение удельного расхода алмазов на 10—40% [17].

При увеличении углов наклона восстающих скважин выход керна и проходка за рейс, как правило, уменьшаются (рис. 41). Это происходит в связи с тем, что в процессе бурения куски керна под действием собственного веса и вибраций бурового снаряда передвигаются в водопроводной трубе без подклинивания и истирания до переходника. Существование гидростатического давления жидкости на керн также способствует его сохранности. Разрушающее воздействие на керн давления магнетасемой жидкости при этом ослабляется противоположно действующим усилием, возникающим при движении керна под воздействием собственного веса. Угол наклона, при котором эти усилия

уравновешиваются, а характер кернаобразования стабилизируется, обеспечивая повышенный выход керна, составляет около 30°; с этого же угла начинает возрастать проходка за рейс. Поэтому угол наклона 30±5° следует считать наиболее рациональным для восстающих скважин, но при этом необходимо учитывать сложность поведения спускоподъемных операций [17].

Предельная глубина восстающих скважин уменьшается при возрастании угла их наклона от горизонтали, поскольку при этом снижается осевая нагрузка, которая может быть передана на породоразрушающий инструмент в связи с необходимостью компенсации веса бурильной колонны. Потери осевой нагрузки имеют место и при бурении горизонтальных и слабонаклонных скважин, когда продвижению колонны по мере углубки забоя препятствуют силы трения, возникающие между бурильными трубами и лежащей стенкой скважины. Усилие, которое следует создать механизмом подачи станка в этих случаях, В. Г. Кардыш рекомендует определять по формуле

$$P_n = P_{oc} + Q(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f),$$

где P_{oc} — необходимая осевая нагрузка, кгс; Q — вес снаряда, $Q = qH$; q — средний вес 1 м бурильных труб, кгс/м; H — глубина скважины, м; α — угол наклона скважины к горизонту; f — коэффициент трения труб о стенки скважины при поступательном движении.

Соответственно допустимую глубину бурения (скважины) при заданной осевой нагрузке P_{oc} и максимальном усилии подачи на данном буровом станке можно определить из выражения

$$H = \frac{P_n - P_{oc}}{q(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot f)}.$$

Фактические предельные глубины скважин меньше расчетных из-за дополнительных потерь осевой на-

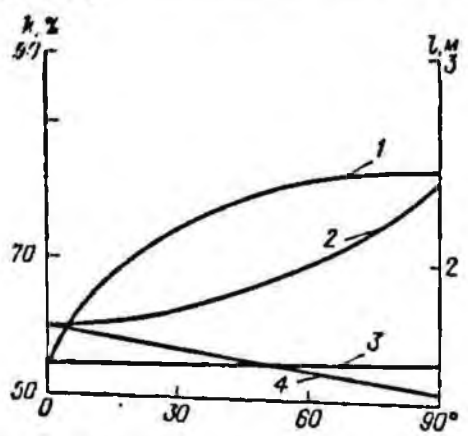


Рис. 41. Зависимость выхода керна k (1, 3) и проходки за рейс L (2, 4) от угла наклона α и направления скважины [17].
1, 2 — восстающие скважины, 3, 4 — наклонные.

грузки, связанных с преодолением гидравлического подпора в колонковом снаряде, возникающего в результате перепада давления промывочной жидкости в скважине при выходе ее из колонны бурильных труб.

§ 5. БУРЕНИЕ В ПОРОДАХ С ПОСТОЯННОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

В ближайшие годы предстоит интенсивное распространение алмазного бурения в северные и восточные районы Сибири и Дальнего Востока, характеризующиеся сложными горно-техническими и географо-климатическими условиями проведения работ. Наибольшей трудностью, с которой приходится встречаться при проведении геологоразведочных работ в этих районах, является проходка многолетнемерзлых горных пород. Учитывая указанные обстоятельства, особенностям технологии бурения в этих породах специально и посвящен настоящий раздел; осложнения, характерные для проведения скважин в многолетнемерзлых породах, и специфика крепления стволов таких скважин описаны в главах VIII и IX.

СВОЙСТВА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

В соответствии с современными представлениями о физических свойствах пород с постоянной отрицательной температурой многолетнемерзлыми называются такие породы, которые имеют нулевую или отрицательную температуру в течение неопределенно длительного времени и в порах и трещинах которых хотя бы часть влаги находится в твердой фазе (лед) [91].

Постоянномерзлые породы, вся влага в которых находится в жидкой фазе (вода), называются морозными горными породами.

Породы с положительной температурой называются немерзлыми горными породами.

В литературе часто встречается термин «мерзлота», который применяется для характеристики качественной стороны мерзлой породы (как специфическое явление природы), отнюдь не отождествляясь с термином «многолетнемерзлая порода». Он имеет такое же значение, как, например, термин «темнота».

В горной науке, в частности в области бурения скважин, бытует термин «сухая мерзлота», под которым следует понимать физическое состояние горной породы, имеющей постоянную отрицательную температуру; в таких породах лед как связующий цемент практически отсутствует.

По методике и технологии разбуривание мерзлых толщ, представленных твердыми и весьма твердыми породами (известняки, песчаники, плотные глинистые сланцы, граниты, диабазы, крепкие аргиллиты и др.), на практике незначительно отличается от бурения в породах с положительной температурой. Бурение же скважин в мерзлых толщах, представленных преимущественно мягкими и средней твердости мерзлыми породами (глины, пески, глинистые сланцы, разрушенные песчаники и известняки и пр.), резко отличается от бурения в этих же породах, но имеющих положительную температуру. Эти отличия следует учитывать при комбинированном алмазном бурении, в частности в верхней части геологического разреза.

Особенности методики и технологии бурения скважин в мерзлых породах обуславливаются низкой отрицательной температурой последних, высокой чувствительностью мерзлоты к нарушению ее теплового режима, явлениями увлажнения (льдиности) пород, наличием минерализованных вод в жидкой фазе, несмотря на их отри-

цательную температуру, и чередованием пород с разной температурой в геологическом разрезе.

Как известно, степень разрушения пород буровым инструментом находится в прямой зависимости от физико-механических свойств разбуриваемых пород, которые в свою очередь зависят от минерального состава, структуры, влажности и глубины залегания этих пород.

Переход влаги из жидкой фазы (в породах с положительной температурой) в твердую — лед (в тех же породах, но имеющих отрицательную температуру) существенным образом изменяет физические свойства породы одного и того же ми-

нерального состава; например, в зависимости от степени влажности (льдиности), зернистости и примеси глинистых материалов пески с постоянной положительной температурой и мерзлые будут иметь различные характеристики (табл. 41).

Строение мерзлой породы, физические явления и процессы в промерзающих и мерзлых породах подробно изучены Центральной лабораторией Института мерзлотоведения им. В. А. Обручева АН СССР под руководством чл.-кор. АН СССР Н. А. Цытовича. При этом показано, что мерзлая порода является четырехкомпонентной системой, со-

Таблица 41

Физическая характеристика песков

Пески с положительной температурой (немерзлые)	Пески с отрицательной температурой (мерзлые)
<p>1. Пески крупно- и среднезернистые, чистые, с содержанием влаги до 10% их полной влагоемкости. Размер зерен от 0,25 до 1 мм. Зерна песка смочены водой более или менее равномерно, поэтому в породе много связанной воды и мало свободной</p> <p>2. Те же пески, но с содержанием влаги, равным полной влагоемкости пор. По своим физическим свойствам порода близка к плыуну</p> <p>3. Те же пески, но с избытком влаги (больше полной их влагоемкости). Порода обладает свойствами типичного плыуна</p> <p>4. Пески мелко- и тонкозернистые с содержанием влаги</p>	<p>1. Единственная связь между минеральными частицами — влага в твердой фазе (лед). При малом количестве влаги между частицами породы лед образует непрочные перегородки. Порода по своим свойствам близка к сухой мерзлоте, легко разрушается, поглощая влагу промывочной жидкости</p> <p>2. Все пространство между частицами породы более или менее равномерно заполнено льдом. Такого рода мерзлая порода достаточно прочна и обладает высокой пластичностью. Для успешного разрушения ее требуется применение высоких нагрузок на породоразрушающий инструмент</p> <p>3. Все пространство между минеральными частицами породы заполнено льдом. Избыточная вода, не разместившаяся между частицами породы, выделяется при замерзании в виде тонких, но многочисленных прослоек и линзочек льда. Такие пески обладают высокой пластичностью и сопротивляемостью проникновению породоразрушающего инструмента. Для их успешного разрушения требуются те же условия, что и в п. 2</p> <p>4. При большом количестве воды это мерзлая масса льда с рассеянным в нем минеральным материалом, при умеренном количестве воды — монолитная масса мерзлой породы с прослоями и линзами льда. Обе разновидности обладают высокой пластичностью и сопротивляемостью проникновению породоразрушающего инструмента. Наиболее успешное разрушение пород имеет место при умеренных нагрузках, но при высокой частоте вращения снаряда и обильной промывке</p>

стоящей из минеральных частиц, льда, незамерзшей части воды и воздуха, насыщенного водяными парами. Взаимодействие компонентов друг с другом сложное по той причине, что количественное изменение соотношения льда и незамерзшей воды при изменении внешних условий, например при колебании температуры и давления, неизбежно влечет за собой качественное изменение физических свойств мерзлой породы. Поэтому с точки зрения буримости мерзлую породу нужно всегда рассматривать как тело с изменяющимися физико-механическими свойствами.

Верхний, подверженный сезонному оттаиванию слой мерзлых пород, в котором активно происходят различные физические процессы, называется «действующим слоем». Мощность его зависит от многих факторов (температура воздуха, атмосферные осадки, растительный и снеговой покровы, текстура и влажность пород, степень обнаженности и др.), важнейшие из которых — среднегодовая температура воздуха и теплопроводность горных пород. Влияние последней на мощность действующего слоя сказывается в том, что лед, являясь лучшим проводником тепла, чем обычная вода, увеличивает теплопроводность мерзлой породы, а следовательно, оказывает значительное влияние на интенсивность промерзания и глубину проникновения холода в породу. Мощность действующего слоя в различных районах СССР колеблется в широких пределах: в супесях и суглинках 0,6—1,5 м (в зависимости от содержания песка); в песках со щебнем и галькой 0,9—1,5 м; в щебенистых отложениях 0,8—3,0 м; при скоплениях мха и торфа 0,2—0,5 м. Наибольшая мощность действующего слоя наблюдается в районах с продолжительными морозами зимой, где снежный покров образуется поздно, и с весьма коротким летом.

Мощность действующего слоя и характеристику слагающих его пород необходимо знать для правильного заложения фундаментов под вышку и буровое оборудование, а также для надлежащего закрепления устья скважины в мерзлых породах.

Распределение мерзлых пород по глубине (рис. 42) неодинаково и зависит в основном от геолого-географических условий залегания, близости больших рек и озер, наличия минерализованных вод, не замерзающих при данной температуре, и прочих обстоятельств. Нижняя граница распространения мерзлых пород приближается к дневной поверхности в поймах больших рек и удаляется от нее в надпойменных террасах этих рек, а также в районах, где большие реки и озера отсутствуют. Мощность мерзлых пород на отдельных площадях Якутской АССР составляет более 800 м.

Значения отрицательных температур мерзлых пород в различных районах колеблются в достаточно широких пределах (от долей до -15°C); мерзлые породы в поймах больших рек и в непосредственной близости от больших глубоких озер характеризуются отрицательной температурой обычно от долей до -2°C ; мерзлые породы береговых террас и водораздельных пространств имеют температуру от $-3,5$ до $-4,8^{\circ}\text{C}$ (Полярный Урал, низовья Оби и Енисея, ряд районов Якутской АССР) и до -13°C (район Нордвика).

Прочность мерзлых пород зависит от количества воды, замерзающей при данной отрицательной температуре. Чем меньше воды в жидкой фазе содержит мерзлая порода, тем выше ее прочность. Прочность же рыхлых мерзлых пород, минеральные частицы которых сцементированы льдом (сцепление, сопротивление сжатию и др.), зависит от температуры породы, ее влажности,

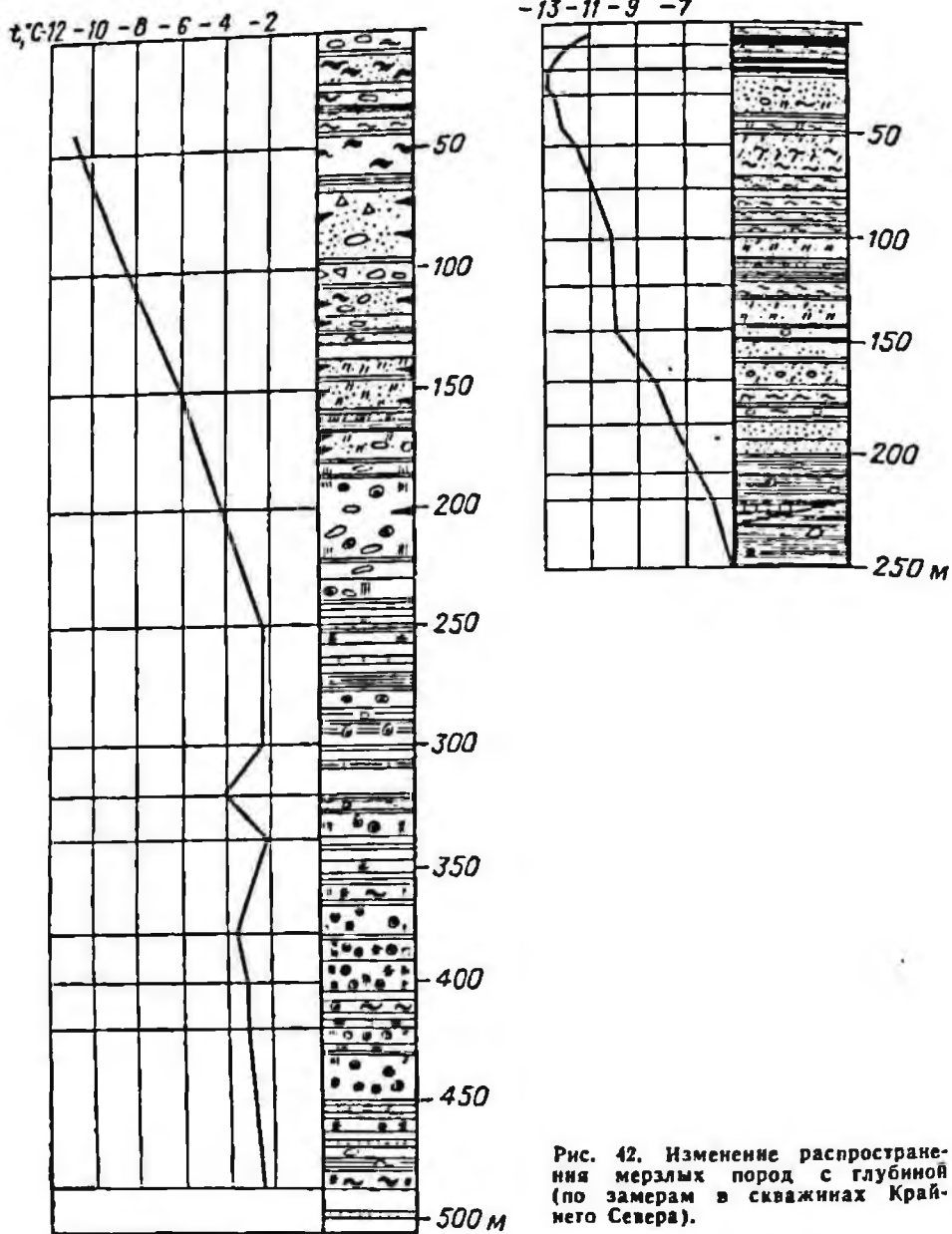


Рис. 42. Изменение распространения мерзлых пород с глубиной (по замерам в скважинах Крайнего Севера).

гранулометрического состава, скорости возрастания нагрузки, времени действия нагрузки и строения мерзлой породы. Наличие включений льда повышает мгновенную прочность мерзлой породы и, наоборот, уменьшает длительную ее прочность.

Практикой бурения доказано, что минералогический состав пород, распределение зерен и их форма, величина и количество промежутков между зернами наравне с высокой льдистостью весьма существен-

но влияют на степень буримости мерзлых осадочных пород.

Наименьшей устойчивостью при бурении с промывкой обладают породы сухой мерзлоты преимущественно крупносkeletalного строения (крупнозернистые пески, галька, гравий), зерна которых не связаны льдом. Крайне неустойчивыми породами при обработке их промывочной жидкостью с положительной температурой являются мерзлые галечники, скопления гравия и отложения щебенки.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ

Основное отличие технологии бурения скважин в мерзлых породах по сравнению с таковой в породах с положительной температурой, определяется:

1) наличием низких отрицательных температур в зоне развития мерзлых пород, вызывающих замерзание жидкости в скважине в случае вынужденного перерыва в бурении даже на самое непродолжительное время;

2) высокой чувствительностью мерзлых пород к нарушению их теплового режима, вследствие чего в растепленной скважине возникают осложнения, на ликвидацию которых затрачивается много времени и средств;

3) существенным изменением физических свойств пород (плотность, температура, теплопроводность, проницаемость, электропроводность и пр.) одного и того же минерального состава при переходе влаги из жидкой фазы (вода) в твердую (лед) при замерзании.

Анализ фактических материалов по бурению в различных геолого-географических условиях показывает, что основными препятствиями для нормального бурения скважин в мерзлых породах являются:

— разрушение (растепление) мерзлых стенок скважин и обвалы породы;

— неудачи при цементировании скважин в толще мерзлых пород;

— частые явления смятия обсадных труб в скважинах;

— трудности оборудования устьев скважин в мерзлых породах;

— разрушение (растепление) мерзлых пород в устьях скважин;

— неудовлетворительные конструкции наземных зданий и фундаментов под буровую вышку и оборудование;

— растепление мерзлых пород в зоне расположения фундаментов

под вышками и буровыми и силовыми механизмами в процессе строительства и бурения скважин.

Как показывает практика, мерзлые породы весьма чувствительны к нарушению их теплового режима при обработке промывочной жидкостью в процессе бурения, поэтому одним из главнейших условий успешного бурения в мерзлых толщах является разработка и соблюдение теплового режима промывки.

Интенсивность размыва ствола в результате растепления мерзлых пород промывочной жидкостью весьма высока. Это может быть доказано цифрами подсчета передачи теплоты от промывочной жидкости к мерзлым стенкам скважины и подтверждено наблюдениями непосредственно в бурящихся скважинах (рис. 43). В практике известны далеко не единичные случаи, когда в растепленных аварийных скважинах ловильный метчик с направляющей воронкой проходил мимо оставшихся в стволе бурильных труб, не встречая сопротивления.

Разрушение мерзлых пород промывочной жидкостью в процессе бурения происходит следующими путями:

— растеплением путем передачи тепла от промывочной жидкости к мерзлой породе;

— механическим отрывом отдельных частиц породы в результате трения жидкости о стенки скважины;

— разрушением раствором солей NaCl или CaCl_2 (если промывочная жидкость содержит эти соли).

В качестве промывочной жидкости при бурении можно применять как обычную техническую воду (речную, озерную, дождевую), так и вязкий глинистый раствор.

При разбурировании мерзлых пород, принадлежащих к твердым нетрещиноватым разностям (песчаники, известняки, плотные глинистые сланцы, крепкие аргиллиты и др.), можно применять для промыв-

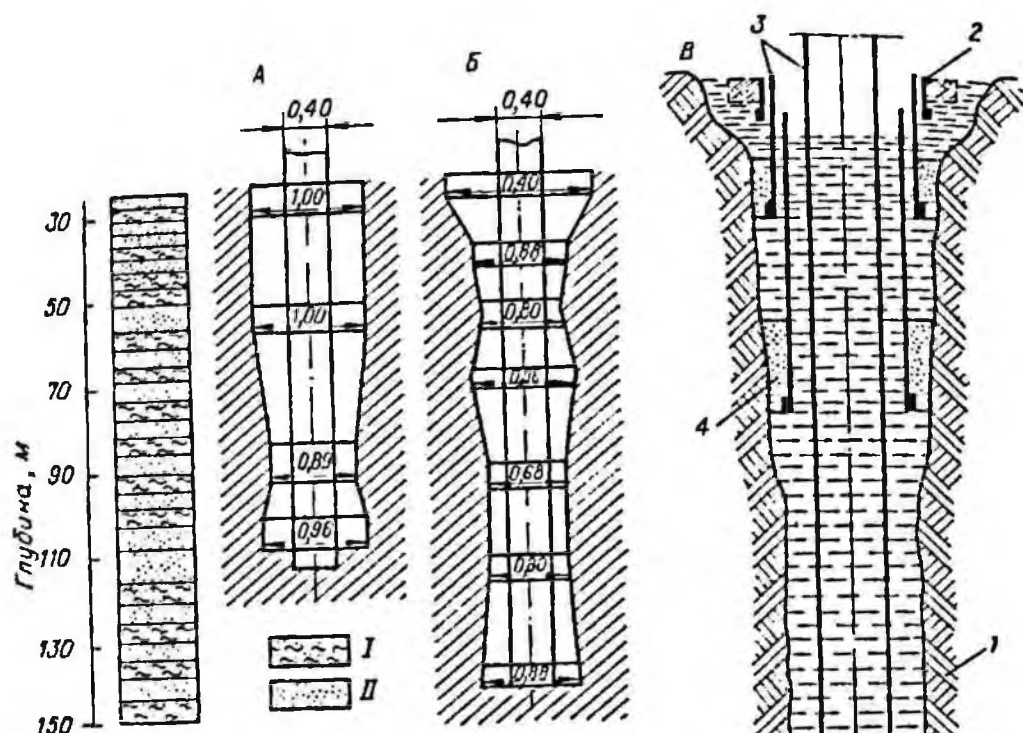


Рис. 43. Разрушение (растепление) устьев и стволов скважин при бурении в мерзлых толщах осадочных пород (размеры в метрах).

Увеличение диаметра скважины против диаметра коронки (0,40 м) при промывке глинистым раствором с температурой $+6^{\circ}\text{C}$: А — в 2,5 раза, Б — от 2 до 3,5 раза; В — разрушение устья скважины при неправильном оборудовании устья, установке и тампонировании направляющей трубы и кондуктора и промывке глинистым раствором с температурой $+10^{\circ}\text{C}$ (при входе в скважину): 1 — мерзлые стенки скважины; 2 — направляющая труба; 3 — кондуктор и колонна; 4 — второй кондуктор. I — глина; II — песок. Нижняя граница мерзлоты в скв. А на глубине 235 м, в скв. Б — на глубине 201 м и в скв. В — на глубине 297 м.

ки воду любой положительной температуры, так как существенного разрушения ствола в результате растепления не произойдет. При бурении в сплошной толще осадочных пород (мерзлые пески, глины и др) без включений сухой мерзлоты или в породах с влагой в жидкой фазе для промывки можно применять воду, имеющую достаточно низкую температуру при входе в скважину. Для предупреждения замерзания при охлаждении до отрицательной температуры в воду следует добавлять раствор NaCl или CaCl_2 в количествах, указанных в табл. 42 и 43.

Определение количества соли Q_c (кг) для приготовления водных

растворов различной солености производят по формуле

$$Q_c = CQ_v / (100 - C),$$

где Q_v — масса воды, кг; C — содержание соли, %.

Пример. Необходимо получить водный раствор соли с температурой замерзания $-4,4^{\circ}\text{C}$. По табл. 42 находим, что такой раствор должен иметь концентрацию 7% ($C=7$). Для получения раствора указанной концентрации нужно на каждые 100 кг (или 100 л) воды взять сухой соли в количестве

$$Q = \frac{7 \cdot 100}{100 - 7} = 7,5 \text{ кг, или}$$

на 1 м³ воды — 75 кг.

На практике буровые бригады часто делают ошибку, засыпая сухую

Таблица 42

Свойства солевых растворов в зависимости от содержания NaCl

Содержание NaCl		Свойства солевых растворов	
Концентрация, %	Количество сухой соли, кг/м ³	Плотность при 15° С, г/см ³	Температура замерзания, °С
0,1	1,0	1,00	0
1,5	15,2	1,01	-0,9
2,9	29,9	1,02	-1,8
4,3	45,0	1,03	-2,6
5,6	59,0	1,04	-3,5
7,0	75,0	1,05	-4,4
8,3	90,0	1,06	-5,4
9,6	106,0	1,07	-6,4
11,0	124,0	1,08	-7,5
12,3	141,0	1,09	-8,5
13,6	157,0	1,10	-9,8
14,9	175,0	1,11	-11,0
16,2	193,0	1,12	-12,2
17,5	206,0	1,13	-13,6
18,8	230,0	1,14	-15,1
20,0	250,0	1,16	-18,2
22,4	290,0	1,17	-20,0
23,1	300,0	1,175	-21,2
23,7	320,0	1,18	-17,2
24,9	331,0	1,19	-9,5
26,1	352,0	1,20	-1,7
26,6	360,0	1,21	0

соль в скважину в произвольном количестве, без расчета. Поэтому нередко такие случаи, когда бригада, работая с соленой водой высокой концентрации, оказывается неожиданно свидетелем появления льда (шуги) при непродолжительных остановках работы в скважине. Причиной этого является чрезмерно высокое содержание соли в растворе, который замерзает при небольших отрицательных температурах (см. табл. 42).

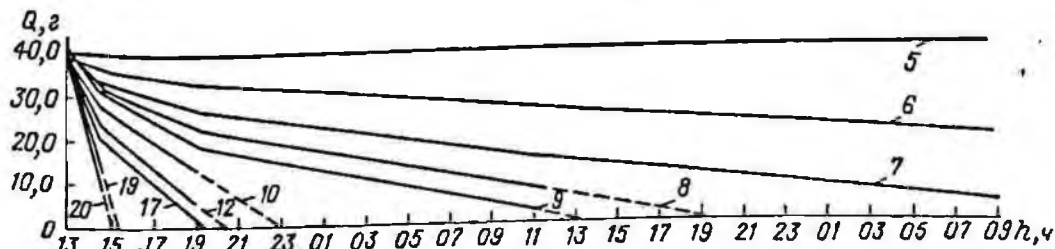


Рис. 44. Разрушение льда раствором поваренной соли различной концентрации.

Цифры у кривых — содержание поваренной соли в растворе, %. Q — масса образца чистого льда; h — время разрушения льда.

Таблица 43

Свойства солевых растворов в зависимости от содержания CaCl₂

Количество сухой соли, кг на 100 л воды	Температура замерзания раствора, °С
3,7	-1,0
13,4	-4,0
20,6	-6,6
26,3	-9,4
31,0	-12,2
35,8	-15,0
40,4	-17,7

При употреблении воды с добавкой поваренной соли следует иметь в виду, что при значительном содержании в промывочной жидкости соль разрушает лед, связывающий частицы породы. При этом отмечено, что разрушающее действие поваренной соли на лед возрастает по мере увеличения ее концентрации в растворе (рис. 44).

Если бурение производится в осадочных мерзлых породах при чередовании сплошной мерзлоты с породами, содержащими влагу в жидкой фазе, несмотря на их отрицательную температуру, то в этих случаях для промывки следует применять только глинистый раствор. Рекомендуемые параметры глинистого раствора для бурения в мерзлых породах приведены в табл. 44.

Учитывая, что основным носителем тепла является промывочная жидкость, имеющая большой его запас, во избежание разрушения (растепления) мерзлых стенок температура промывочной жидкости

Таблица 44

Рекомендуемые значения параметров глинистых растворов *

Породы	Вязкость по СПВ-5, сек	Водоотдача, см ³ /30 мин	Толщина корки, мм	Плотность, г/см ³
Монолитные мерзлые пылевато-илластые пески с прослоями или лпизами льда	40	<20	2—3	1,20—1,30
Пески с галькой	50	<20	2—3	1,30
Скопления мерзлой гальки	50	<20	3—4	1,30
Сухая мерзлота	40	10	2—3	1,30
Пески с влагой а жидкой фазе	50	10	2—3	1,15—1,30
Мерзлые крупнозернистые пески, глины, слабые пески, известняки	20—25	<20	2—3	1,15—1,20

* Для перечисленных разновидностей горных пород сопротивление раствора сдвигу через 1 мин должно быть 40—60, через 10 мин 70—100 мгс/см²; стабильность < 0,4; суточный отстой < 1%; содержание песка < 4%.

в стволе должна быть отрицательной (от 0 до $-2,5^{\circ}\text{C}$) и, по возможности, близкой к температуре мерзлых стенок скважины. Для скважин в пойме больших рек, где температура мерзлых пород обычно не опускается ниже -2°C , достаточно поддерживать температуру промывочной жидкости в пределах от 0 до -1°C . При температуре мерзлых пород до -5°C достаточно иметь температуру промывочной жидкости в пределах от $-0,5$ до $-1,5^{\circ}\text{C}$ и при температуре мерзлых пород ниже -5°C — в пределах от -2 до $-2,5^{\circ}\text{C}$.

Понижение температуры промывочной жидкости летом в полевых условиях может быть достигнуто путем ее охлаждения в специальных шурфах в зоне мерзлых пород. Шурфы должны быть защищены от действия солнечных лучей плотными крышками и слоем мха или торфа. Практически температура охлажденной жидкости в шурфе может быть понижена не более чем до 0°C . Охлаждение промывочной жидкости до низких отрицательных температур в летний период производится с помощью искусственных охлаждающих смесей, состоящих из льда (или снега), поваренной соли или хлористого кальция (табл. 45).

Скорость охлаждения и температура, до которой может быть охлаждена промывочная жидкость, зависят от концентрации соли в охлаждаемой жидкости. Однако содержание соли в ледосоляной смеси должно быть не более 20—25 вес. %.

Таблица 45

Рекомендуемый состав охлаждающих смесей [52]

Состав смеси	Отношение составляющих частей по массе	Понижение температуры, $^{\circ}\text{C}$
Лед (снег) и поваренная соль	2 : 1	От 0 до -20
Лед (снег) и хлористый кальций	2 : 3	От 0 до -45
Лед (снег) и углекислый калий	3 : 4	От 0 до -46

Для получения ледосоляной или снегосоляной смеси в летний период должен использоваться снег, сохраняющийся в глубоких балках, или лед зимних наледей в долинах рек. Там, где лед в естественных условиях не сохраняется, необходимо предохранять его от таяния укрытием торфом или мхом. Пре-

имуществами ледосоляного охлаждения являются простота технологии этого процесса, использование недорогого оборудования и малые дополнительные затраты средств. Недостаток ледосоляных смесей — большая трудоемкость добычи и доставки льда или снега и приготовления самой смеси.

Промывочная жидкость в северных широтах в осенне-зимние периоды может быть охлаждена естественным холодом окружающего воздуха без нарушения процесса бурения, при этом необходимо соблюдение следующих мероприятий:

- отстойники с промывочной жидкостью не должны закапываться в грунт;

- отстойники и желоба циркуляционной системы должны иметь плотные крышки;

- концентрация соли в промывочной жидкости принимается из расчета температуры ее замерзания ниже требуемой отрицательной температуры на $2-3^{\circ}\text{C}$;

- приготовление рассола или глинистого раствора необходимо производить на воде, охлажденной до $+1 \div +2^{\circ}\text{C}$, или охлаждать их перед спуском в отстойник.

Поведение промывочных жидкостей при непрерывном охлаждении их в скважине характеризуется своими особенностями.

На рис. 45, а приведен график изменения температуры 2%-ного водного раствора поваренной соли при непрерывном охлаждении, а на рис. 45, б — график изменения температуры глинистого раствора с 4% поваренной соли. Температура охлаждающей среды в обоих случаях равна -10°C .

Из приведенных графиков следует, что:

- 1) охлаждение водных растворов поваренной соли до температуры замерзания идет по линейной зависимости, после чего в изменении тем-

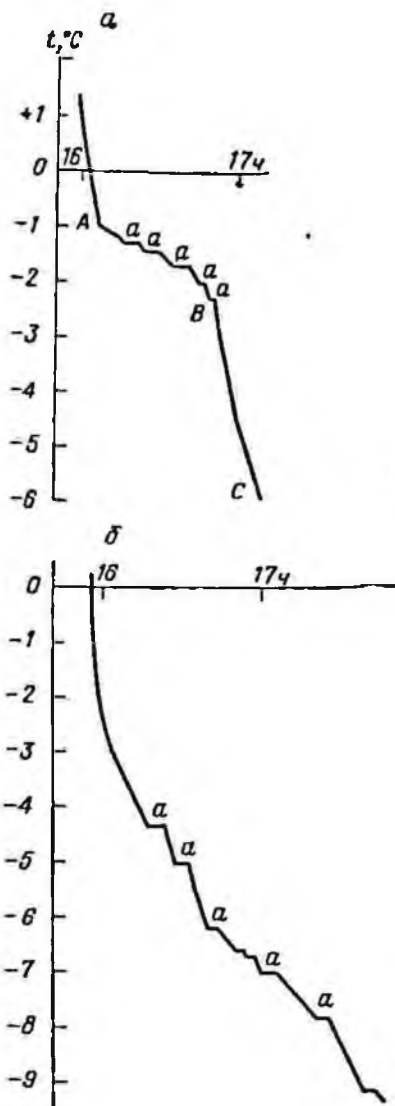


Рис. 45. График изменения температуры растворов поваренной соли при непрерывном охлаждении (температура охлаждающей среды -10°C).

а — водный раствор (2% соли); б — глинистый раствор (4% соли).

пературы раствора наблюдаются периодические остановки;

- 2) на каждой кривой выделяются участки а, соответствующие переходу влаги из жидкой фазы в твердую и увеличению концентрации в оставшейся части раствора. Возникновение участков а на графике объясняется постепенным выделением из раствора кристаллов льда, сопровождаемым экзотермической реакцией. Точка А на графике соот-

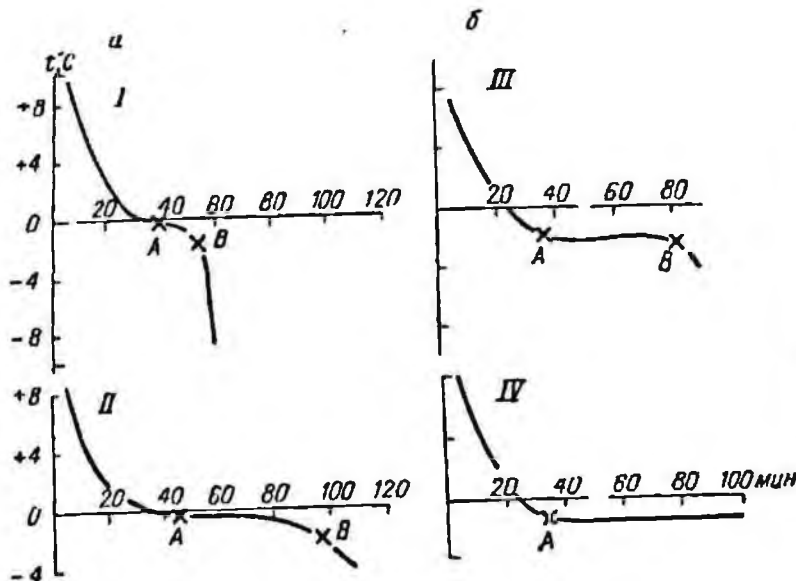


Рис. 46. Продолжительность замерзания промывочных растворов в скважинах.

а — графики изменения температуры пресного (не обработанного хлоридом натрия и не содержащего солей NaCl и CaCl₂) глинистого раствора при непрерывном охлаждении в модели скважины при температуре -10°C (I) и -5°C (II); б — графики изменения температуры соленого глинистого раствора (содержание NaCl 0,46%) при непрерывном охлаждении в модели скважины при температуре -10°C (III) и -5°C (IV).

ответствует началу выпадения кристаллов льда из раствора. На участке А—В происходит переход влаги из жидкой фазы в твердую. Участок между точками В и С отображает уже процесс охлаждения твердой фазы.

Продолжительность (скорость) замерзания обычных (несоленых) глинистых растворов лежит в достаточно узких пределах и зависит как от начальной температуры растворов, закачиваемых в скважину, так и от температуры охлаждающей среды (мерзлых стенок скважины). Для районов с постоянной температурой пород -5°C при начальной температуре глинистого раствора около $+10^{\circ}\text{C}$ продолжительность замерзания его за трубами в колонковых скважинах диаметром 70 мм достигает 90 мин, из них на охлаждение раствора до начала выделения льда затрачивается 40 мин и на переход влаги из жидкой фазы в твердую — 50 мин (рис. 46). Для районов с температурой мерзлых стенок скважины -10°C при начальной температуре глинистого раствора $+10^{\circ}\text{C}$ продолжительность замерзания его за трубами в колонковых скважинах того же диаметра составляет 50 мин, из них на охлаждение раствора до начала кристаллизации затрачивается

35 мин и на переход из жидкой фазы в твердую — 15 мин. Выделение первых кристаллов льда происходит в самой нижней части затрубного пространства, где наблюдается скопление минеральных частиц (твердый осадок) с меньшим содержанием свободной влаги, переходящей в твердую фазу (рис. 47).

Процесс замерзания глинистого раствора в затрубном пространстве, как показали опыты, протекает по следующей схеме:

а) глинистый раствор за трубами приходит в состояние полного покоя;

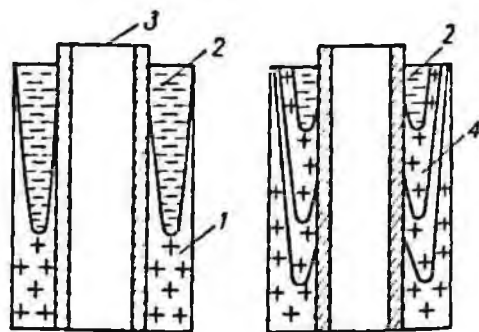


Рис. 47. Последовательное образование льда при охлаждении промывочной жидкости в затрубном пространстве скважины.

1 — начало образования льда; 2 — концентрированный раствор поваренной соли, не замерзающий при данной температуре охлаждения; 3 — труба; 4 — нарастание льда по мере охлаждения затрубного пространства.

б) начинается постепенное его охлаждение и выпадение твердого осадка;

в) начинается процесс разрушения мерзлых стенок скважины, обусловленный, с одной стороны, разностью температур глинистого раствора и мерзлых пород, а с другой — действием солей на лед. При этом раствор за трубами обогащается водой за счет таяния льда в порах породы (или свободного льда при избытке влаги) и минеральными частицами породы, освободившимися в результате таяния связывающего их льда. Минеральные частицы опускаются в нижнюю часть затрубного пространства, образуя осадок. При дальнейшем охлаждении жидкости и породы за трубами происходит выпадение кристаллов льда, постепенное замерзание жидкости и шлама с одновременным увеличением объема и последующее смятие труб.

Во избежание смятия обсадных труб в зоне мерзлых пород рекомендуется не оставлять за трубами глинистый раствор или иную жидкость длительное время в состоянии покоя, заливая затрубное пространство тампонажным цементом или быстросхватывающимися смесями, состоящими из глинистого раствора, цемента, жидкого стекла и каустической соды. Смеси рекомендуются затворять на солевом растворе, что обеспечивает нормальное течение реакции схватывания и твердения смеси без образования льда. в ее жидкой фазе при

охлаждении в затрубном пространстве.

В заключение настоящего раздела отметим, что до настоящего времени в геологоразведочной службе пока не создано алмазного и твердосплавного породоразрушающего инструмента, наиболее полно отвечающего специфике эффективного разрушения мерзлых пород в процессе бурения. Поэтому на практике применяются буровые коронки и долота, предназначенные для работы в немерзлых породах. Учитывая эти обстоятельства, при разработке основных технологических параметров бурения (осевые нагрузки, частота вращения снаряда и количество промывочной жидкости) следует пользоваться рекомендациями, приведенными в соответствующих разделах книги для бурения в породах с постоянной положительной температурой. В дополнение к этим общим рекомендациям необходимо строго выполнять изложенные выше особые требования в области температурного режима промывки, сохранения теплового состояния ствола скважины и создания условий, исключающих возможность возникновения осложнений при бурении в толщах многолетнемерзлых горных пород. Кроме того, следует иметь в виду, что при разрушении коронкой (долотом) мерзлая порода раскалывается по спайности льда, образуя крупный шлам, для выноса которого на поверхность требуется интенсивная промывка скважины.

ГЛАВА VII

АЛМАЗНОЕ БУРЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СНАРЯДОВ СО СЪЕМНЫМИ КЕРНОПРИЕМНИКАМИ

Применение в бурении снарядов со съемными керноприемниками (ССК) является наиболее эффективным из известных современных способов сокращения времени, затрачиваемого на самые сложные и трудоемкие операции: спуск и подъем бурового снаряда из скважины. Колонковое бурение с транспортировкой керна на поверхность с помощью съемных (сменных) керноприемников, поднимаемых на тросе, без извлечения из скважины колонны бурильных труб имеет осо-

бенно большие преимущества в тех случаях, когда ресурс породоразрушающего инструмента превышает в несколько раз проходку за рейс.

Разработанные ВИТР комплекты оборудования и инструмента для бурения скважин с ССК обеспечивают возможность бурения колонковых разведочных скважин диаметром 59 и 76 мм, глубиной до 1200 м, в монолитных и слаботрещинчатых породах VI—X категории по буримости [31].

Техническая характеристика комплектов ССК конструкции ВИТР

Диаметр скважин, мм	59; 76
Диаметр керна, мм	35,4; 46
Глубина скважин, м	До 1200
Угол наклона скважин, градусы	90—75
Длина керноприемной части, м	1,7; 3,2; 4,7
Допускаемые режимы бурения:	
осевая нагрузка на коронку, кгс	До 1500
частота вращения, об./мин	До 1500
расход промывочной жидкости, л/мин	25—30; 40—45
давление промывочной жидкости, кгс/см ²	До 40
Промывочная жидкость:	
для скважин Ø 59 мм	Вода
для скважин Ø 76 мм	Вода или глинистый раствор
Тип колонны бурильных труб	Гладкоствольная с соединением «труба в трубу»

§ 1. ОСОБЕННОСТИ БУРОВЫХ СТАНКОВ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЛЕБЕДКИ ДЛЯ ПОДЪЕМА КЕРНОПРИЕМНИКОВ

Бурение скважин с ССК практически возможно на всех отечественных станках колонкового бурения.

Во вновь проектируемых буровых установках типа УКБ предусматривается возможность бурения с ССК скважин глубиной до 2000—3000 м.

Наружный диаметр бурильных труб при бурении с ССК больше диаметра труб, применяемых при обычном алмазном бурении в сква-

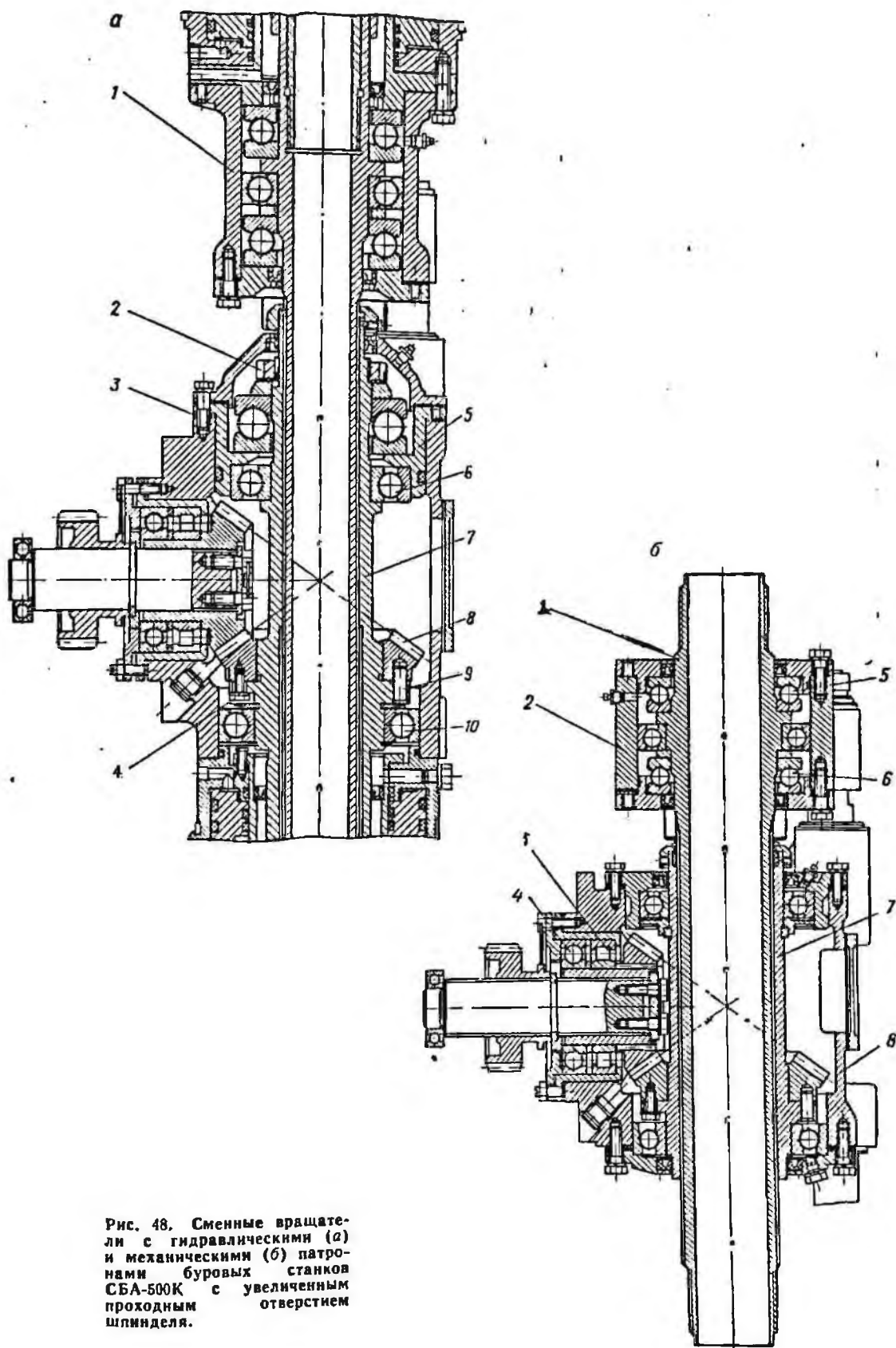


Рис. 48. Сменные вращатели с гидравлическими (а) и механическими (б) патронами буровых станков СБА-500К с увеличенным проходным отверстием шпинделя.

жних соответствующего диаметра. Поэтому проходное отверстие шпинделя в случае применения ССК должно быть больше, чем во вращателях существующих конструкций станков. Из сказанного следует, что к серийно выпускаемым станкам должны поставляться сменные вращатели.

Особенности модифицированных вращателей, придаваемых к станку СБА-500 К, отличающие их от базовых, заключаются в следующем [31]. Проходное отверстие в шпинделе вращателя с гидropатронами (рис. 48, а) имеет диаметр 57 мм. Увеличение отверстия шпинделя по сравнению с отверстием шпинделя станка СКБ-500 повлекло за собой изменение размеров подшипников траверсы 1, что обусловлено требованием повышения долговечности вращателя. Изменился диаметр приводной муфты вращателя 7. Ко-

ническая шестерня 8 посажена на штифтах 9 на буртике приводной муфты 7 и затянута болтами 4. Подшипники 6 и 10 непосредственно центрируют саму приводную муфту. Изменена система регулировки конического зацепления. Пакет подшипников в стакане 5 регулируется отдельно, а регулировочная гайка 2 контрится на приводной муфте. Само положение конического колеса регулируется набором прокладок 3 под подшипниковый стакан 5 и не связано с подшипниками 6 и 10 приводной муфты 7. Улучшены условия смазки подшипников верхнего и нижнего патронов.

Диаметр отверстия в шпинделе 1 вращателя с механическими патронами (рис. 48, б) составляет 75 мм. Вращатель состоит из траверсы 2 и литого стального корпуса 8, в котором на подшипниках 3 и 4 смонтирована пара конических шестерен

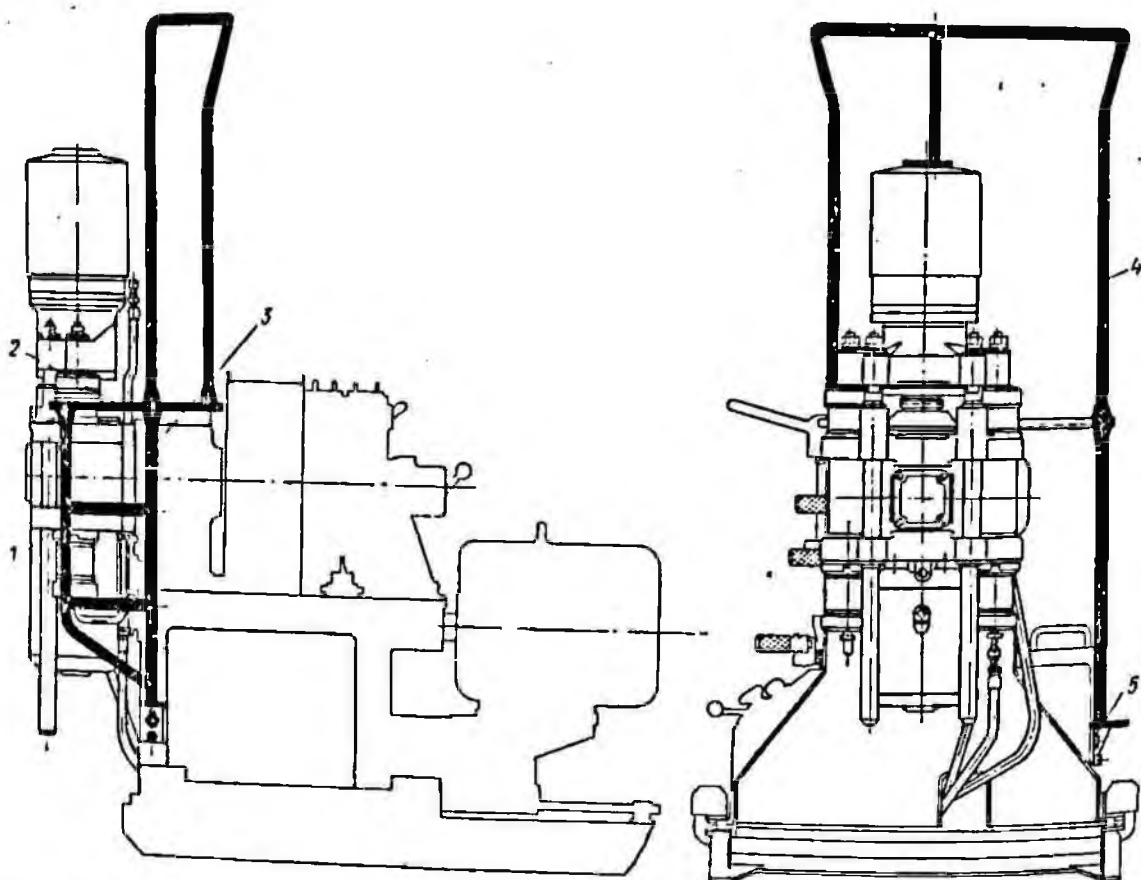


Рис. 49. Устройство (лестница-площадка) к станку СБА-500К для проведения операций у верхнего патрона при работе со съёмным керноприёмником.

и приводная муфта шпинделя 7. Цилиндрический шлицевый шпиндель 1 входит в приводную муфту 7, передающую ему крутящий момент. Верхняя часть шпинделя 1 закрепляется на подшипниках 5 и 6 в траверсе 2. На траверсе 2 также закреплены штоки цилиндров гидросистемы и направляющие штоки. На верхний и нижний концы шпинделя 1 на резьбе крепятся сменные механические патроны с ручным переключением во время перехвата. Система регулировки конического зацепления аналогична системе регулирования во вращателе с гидравлическими патронами.

Бурение с ССК путем наращивания бурильных труб через шпиндель

с извлечением и опусканием съемного керноприемника без отодвигания станка от устья скважины требует некоторых дополнительных устройств.

Для облегчения операций, связанных с работой у верхнего патрона, для станка СБА-500К разработаны специальные площадки [31]. Площадки для работы со съемными керноприемниками, смонтированные на станке, показаны на рис. 49. Площадки представляют собой цельно-сварную конструкцию, изготовленную из труб, типа «лестница-площадка». Верхняя часть площадки 2, 4 опирается на коробку скоростей 3 станка и крепится к ней болтами. Нижняя часть 1 (лестница)

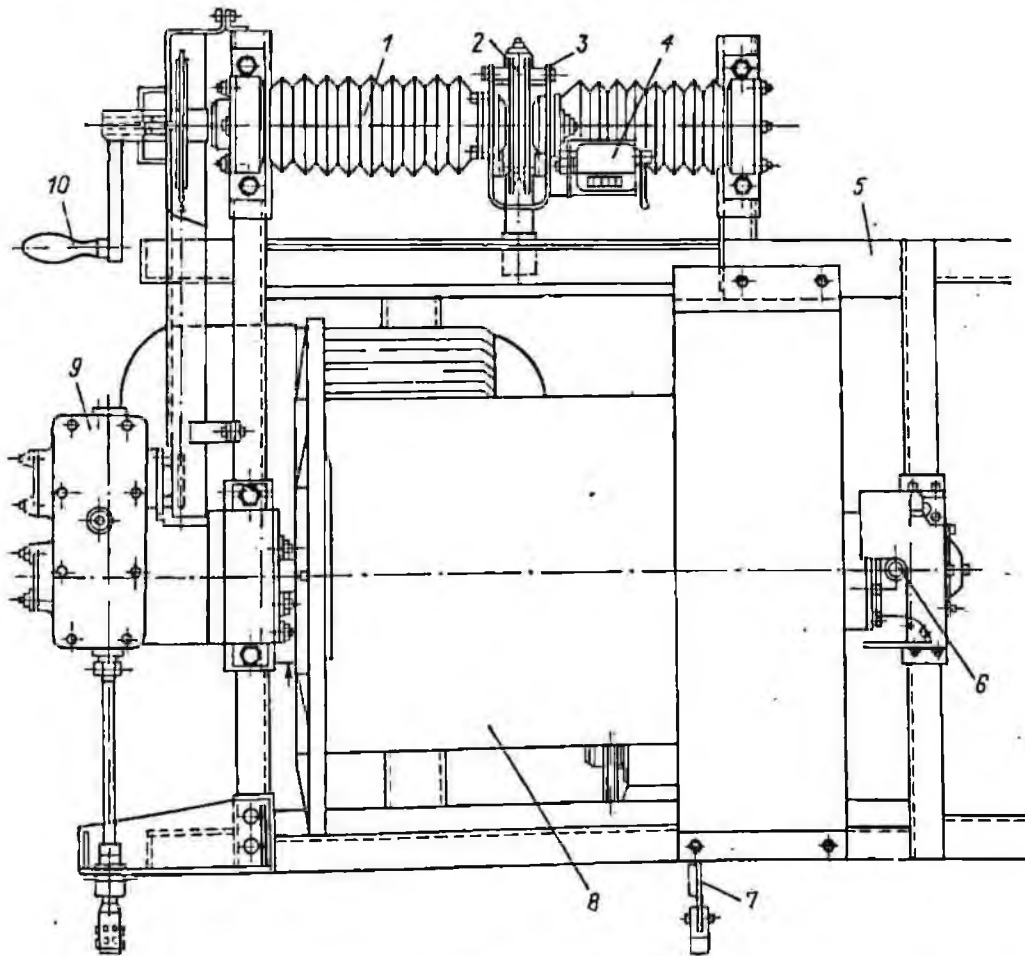


Рис. 50. Лебедка ЛК-2000 для работы со съемным керноприемником (вид сверху).

1 — кожух винта канатоукладчика; 2 — ролик канатоукладчика; 3 — каретка канатоукладчика; 4 — счетчик оборотов; 5 — рама; 6 — рукоятка для управления фрикционом; 7 — рукоятка тормоза; 8 — барабан лебедки; 9 — корректирующий механизм; 10 — рукоятка ручного привода канатоукладчика.

прикрепляется болтами к специальной кронштейну 5, который устанавливается на станину станка с правой стороны также на болтах. Площадки съемные и при необходимости могут быть быстро сняты со станков.

Для спуска овершота и извлечения съемных керноприемников используются специальные агрегатные лебедки, имеющие индивидуальный привод. Наиболее распространенной из таких лебедок является лебедка ЛК-2000 конструкции СКБ (рис. 50). Барабан лебедки ЛК-2000 состоит из цилиндра, сваренного с ребрами. Одна из ребер служит тормозным диском. Торцы барабана заварены щеками с полуосями. На правой полуоси свободно посажена звездочка с ведущим конусом фрикционной муфты, на шлицах которой расположен ведомый конус. Перемещение ведомого конуса в осевом направлении

позволяет включать и выключать вращение барабана. Это перемещение осуществляется с помощью рукоятки, связанной с гайкой, двигающейся в осевом направлении по винту-корпусу. Для равномерной навивки троса на барабан лебедки в ее конструкцию встроены тросоукладчик, который представляет собой корпус с направляющим и удерживающим роликами. Удерживающий ролик движется по направляющим рамы и препятствует повороту каретки от усилия, создаваемого тросом. Направляющий ролик способствует упорядоченной укладке троса и одновременно является мерным роликом. От мерного ролика с помощью шестерен приводится в работу счетчик оборотов, который указывает длину наматываемого троса.

Техническая характеристика лебедки ЛК-2000 [41]

Канатоемкость барабана, м	2100
Тип и диаметр каната	В-ЖС-Н-200; 5,1 мм ГОСТ 2688—69
Частота вращения барабана, об./мин	73; 96
Скорость подъема каната на среднем слое навивки, м/сек	1,5; 2,3
Номинальная нагрузка на среднем диаметре навивки, кгс	500; 400
Электродвигатель:	
тип	4А 132М
мощность, квт	11
Габаритные размеры, мм	1100×890×1340
Масса, кг	350

Торможение барабана лебедки осуществляется с помощью колодки, прижимаемой к тормозному диску барабана, усилием, прикладываемым к рукоятке тормоза. Рама лебедки — сварная (из швеллеров). На раме лебедки закреплены: барабан с фрикционом, тросоукладчик, корректировщик, тормоз, блок шестерен и электродвигатель. Вращающиеся части лебедки закрыты ограждениями. Электрооборудование состоит из автоматического выключателя, ваттметра и электромотора. Автоматический выключатель крепится к стене бурового здания в месте, удобном для рабочего,

управляющего лебедкой, а ваттметр устанавливается в месте, удобном для наблюдения за его показаниями во время работы.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Колонковые наборы. В колонковый набор, предназначенный для бурения со съемным керноприемником, входят следующие составные части (рис. 51): наружная колонковая труба 16, внутренняя керноприемная труба 17, кернорватель 21, 22, подшипниковый узел 7, опорное

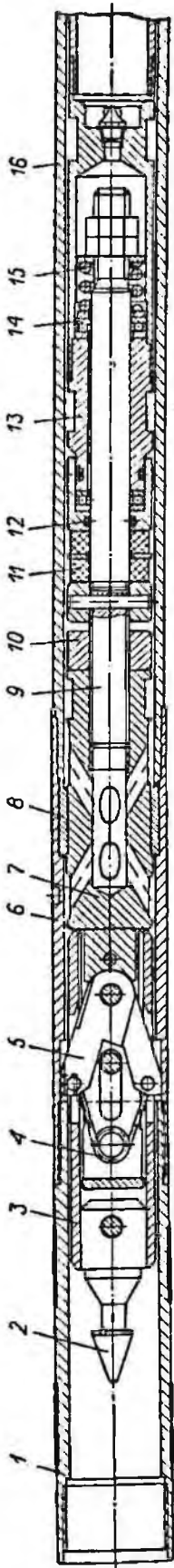
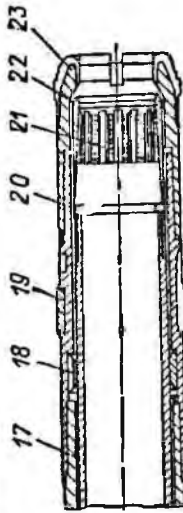


Рис. 51. Колонковый набор для работы со съемным керноприменником.
 1 — переходник с наплавками релита; 2 — головка подлинников узла; 3 — возвратная втулка; 4 — пружина; 5 — стопоры; 6 — переходник наружной колонковой трубы; 7 — подшипниковый узел; 8 — опорное кольцо; 9 — вал; 10 — контргайка; 11 — резиновые манжеты; 12 — резиновые кольца; 13 — направляющая втулка; 14 — упорный шарикоподшипник; 15 — пружина; 16 — наружная колонковая труба; 17 — кернопримемная труба; 18 — стабилизатор; 19 — алмазный расширитель; 20 — опорное кольцо; 21 — кернораздаточное кольцо; 22 — корпус кернораздаточной; 23 — алмазная коронка.



Техническая характеристика колонковых наборов ССК [41]

Таблица 46

Показатели	ССК-59	ССК-76	Показатели	ССК-76	ССК-59	Показатели	ССК-76	ССК-59	ССК-76
Наружная колонковая труба:	наружный диаметр, мм	56	73	Внутренняя кернопримемная труба:	наружный диаметр, мм	42,0	54,0	Зазор между наружной и внутренней трубами по радиусу, мм	1,5
	внутренний диаметр, мм	45	60		внутренний диаметр, мм	37,0	48,4		1700; 3200; 4700
	толщина стенки, мм	5,5	6,5		толщина стенки, мм	2,5	2,8		2470; 3970; 5470; 31; 41; 55
длина, мм	1900; 3400; 4900	2050; 3550; 5050	длина, мм	1625; 3125; 4625	1600; 3100; 4600	длина набора, мм	2660; 4160; 5660; 44; 66; 87	3,0	
масса 1 м, кг	6,0	10,0	масса 1 м, кг	2,3	3,2	масса набора, кг			

кольцо 8, стабилизатор 18, специализированный переходник 6, переходник на бурильные трубы 1.

Длина керноприемной части типовой конструкции колонкового набора 3,2 м, однако в случае необходимости могут поставляться удлиненные колонковые наборы (4,7 м) или укороченные (1,7 м). Техническая характеристика колонковых наборов приведена в табл. 46.

Наружные колонковые трубы, имеющие значительную толщину, воспринимают крутящий момент, осевую нагрузку и усилие при срыве керна; эти трубы имеют на обоих концах наружную колонковую резьбу с шагом 4 мм (ГОСТ 6238—52). В целях обеспечения хорошей сбалансированности колонковых наборов к наружным трубам предъявляются повышенные требования по точности изготовления, чистоте обработки, разносторонности и кривизне: допуск на размер по наружному и внутреннему диаметрам не должен превышать $\pm 0,2$ мм; наружная поверхность должна иметь четвертый, а внутренняя пятый классы чистоты; кривизна труб не должна быть больше 0,2 мм на 1 м длины. Наружные трубы изготавливаются из стали марки 40Х.

Внутренние керноприемные трубы колонковых наборов в процессе эксплуатации не испытывают больших нагрузок, и толщина их в связи с этим составляет 2,5—2,8 мм. Однако требования к точности изготовления керноприемных труб, чистоте поверхности, прямолинейности такие же высокие, как и для наружных колонковых труб. На обоих концах керноприемной трубы имеется наружная колонковая резьба: в колонковых наборах ССК-59 это специальная резьба, разработанная ВИТР, в наборах ССК-76 резьба выполнена по ГОСТ 6238—52. Материал труб — сталь марки 35.

Центрирование нижней части керноприемной трубы осуществляется с помощью стабилизатора 18

(рис. 51), представляющего собой бронзовый подшипник скольжения. Стабилизатор размещается в цилиндрической проточке алмазного расширителя и имеет различное количество выступов и впадин. В ССК-76 количество выступов минимально, так как в наборах этого диаметра предусмотрена возможность использования глинистых растворов, для чего необходимо свести до минимума потери давления промывочной жидкости.

К керноприемной трубе снизу присоединяется кернорватель. Верхняя часть внутренней керноприемной трубы соединяется с подшипниковым узлом 7, который исключает вращение керноприемной трубы в процессе бурения, обеспечивая сохранность керна от разрушения. За головку 2 осуществляется захват и извлечение съемного керноприемника. В подшипниковом узле имеются две резиновые манжеты 11, предназначенные для сигнализации о заполнении керноприемной трубы керном или о самозаклинивании керна. Так, при самозаклинивании керна керноприемная труба, зависнув на керне, прекращает поступательное движение, в то время как наружная труба продолжает опускаться. Торцевой поверхностью переходник начинает передавать осевое усилие на защелки и далее через удлинитель на шпindel. В результате резиновые манжеты начинают сжиматься и, увеличиваясь по наружному диаметру, перекрывают доступ промывочной жидкости к забою. Повышение давления отмечается манометром промывочного насоса, указывая бурильщику на самозаклинивание керна.

Бурильные трубы. ВИТР совместно с ВНИИМетмашем спроектированы специальные трубы для бурения со съемными керноприемниками. Колонна бурильных труб для ССК гладкоствольная снаружи и внутри. Гладкоствольность по внутреннему диаметру диктуется необ-

ходимостью свободного перемещения керноприемника, а по наружному — уменьшением гидравлических сопротивлений при промывке скважины. Подобные отличительные особенности могли быть достигнуты созданием тонкостенных труб, имеющих высокие физико-механические свойства. Основные размеры бурильных труб для ССК приведены в табл. 47.

Трубы изготавливаются без высадки и имеют коническую трапецидальную резьбу с конусностью 1/32; на одном конце трубы — наружная, на другом — внутренняя резьба. Бурильные трубы собираются в па-

Таблица 47

Техническая характеристика бурильных труб ССК

Показатели	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, мм	55,0	70,0
Внутренний диаметр, мм	45,4	60,4
Длина, мм		1500 3000 4500
Масса 1 м, кг	6,0	7,7

кеты с помощью шестигранных крышек с деревянными прокладками, защищающими резьбовые концы от повреждений.

Основные свойства материала (сталь марки 30ХГСА) бурильных труб ССК

Предел прочности при растяжении, кгс/мм ²	70
Предел текучести, кгс/мм ²	60
Относительное удлинение, %	16
Относительное сужение, %	55
Ударная вязкость, кгс·см/см ²	9

Буровые сальники. Бурение с ССК можно производить с использованием ведущих труб и наращиванием бурильной колонны через устье скважины; в качестве буровых при таком способе проходки применяются сальники типа СА.

При наращивании труб через шпindel станка извлекают и забрасывают съемный керноприемник через специальные сальники, получившие название «проходных» (СП); их особенностью является наличие широкого внутреннего отверстия в стволе, позволяющего осуществлять спуско-подъемные операции с керноприемником (рис. 52). Сальник состоит из корпуса 9, имеющего в верхней части внутреннюю резьбу, с помощью которой осуществляется соединение с крышкой 3. Надежность крепления обеих деталей достигается путем затягивания

болта 5. Внутри корпуса на двух радиальных подшипниках 7 вращается ствол сальника 10. Нижняя часть ствола соединена с цанговым переходником 11, который плашками 12 прижимает бурильную трубку к своему корпусу, препятствуя развинчиванию бурильной трубы, имеющей правую нарезку. Набор уплотнительных манжет 6 имеет самоподвижную конструкцию. В крышке корпуса имеется пробка 1, которая при бурении фиксируется в закрытом положении. При извлечении съемного керноприемника пробка снимается и на ее место устанавливается воронка со шлангом, позволяющая отводить изливающуюся жидкость в определенное место. Сальник СП можно использовать при бурении колонковыми наборами ССК-59 и ССК-76.

Техническая характеристика сальника СП

Максимально допустимая частота вращения, об./мин	1500
Диаметр внутреннего отверстия ствола, мм	60
Допустимое давление промывочной жидкости, кгс/см ²	40
Масса, кг	26
Высота, мм	500

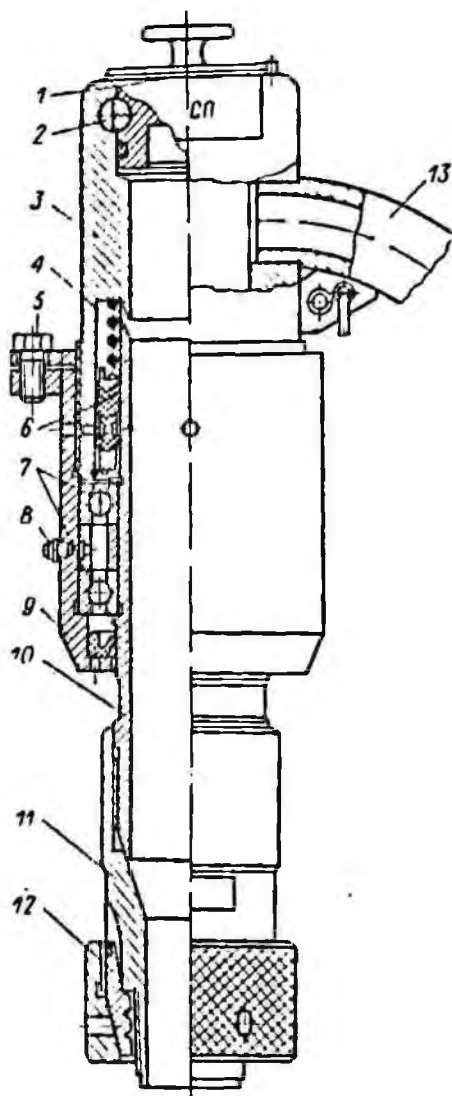


Рис. 52. Сальник типа СП (проходной).

1 — пробка; 2 — поворотный валик; 3 — крышка; 4 — пружина; 5 — болт; 6 — уплотнительные манжеты; 7 — радиальные подшипники; 8 — пресс-масленка; 9 — корпус; 10 — ствол; 11 — цапговый переходник; 12 — плашки; 13 — патрубок.

Трубодержатели. Для спуско-подъемных операций с гладкоствольными бурильными трубами используются трубодержатели специальных конструкций. Помимо надежного удержания труб такие трубодержатели должны обеспечивать предохранение тонкостенных бурильных труб от смятия и повреждения поверхности в месте захвата.

Разработано два типа трубодержателей: клиновой и рычажный, в котором захватные плашки соединены с эксцентриками, закрепленными на рычагах. Наибольшее распространение в настоящее время получил рычажный трубодержатель.

Рычажный трубодержатель (рис. 53) представляет собой раму 1 и захватное устройство 2, состоящее из рычагов 6 и вилок 16, соединенных друг с другом плашкой 15, плоских щек 11 и плашек 4. Рычаги с одной стороны обработаны по радиусу окружности и эксцентрично посажены на шарнирную ось. Захватное устройство в свободном состоянии провисает на основных рычагах, опирающихся на пазы П-образной рамы. С эксцентриковой частью 5 рычагов соприкасаются захватные плашки 4. От перемещения вверх при подъеме колонны плашки предохраняются подпружиненным пальцем 8. При свинчивании и развинчивании бурильных труб пазы рамы через основные рычаги воспринимают крутящий момент. При бурении плашки вынимаются из захватного устройства.

Техническая характеристика рычажного трубодержателя

Диаметр удерживаемых труб, мм	55, 70
Грузоподъемность, т	12,0
Допустимый крутящий момент, кгс·м	100
Масса, кг	70,0
Габаритные размеры, мм	228×868×377

Наголовники. Спуск и подъем бурильных труб осуществляется с помощью наголовников¹, состоящих

из корпуса 4, вала 5 с эксцентриком, рукоятки 1 и пружины кручения 3 (рис. 54, а). На рукоятке имеется

¹ Гессе П. Д., Бухарев Н. Н. Наголовник для бурильных труб. — Авт. свидетельство № 408005. Бюл. «Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки», 1973, № 47.

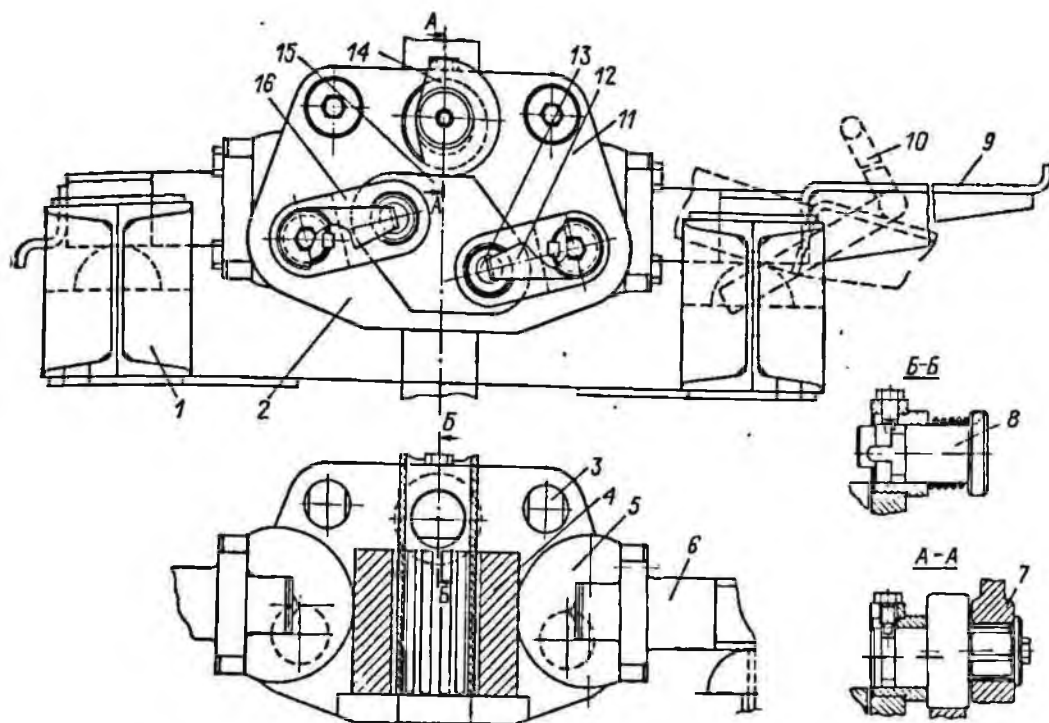


Рис. 53. Рычажный трубодержатель.

1 — рама; 2 — подвижная захватная часть; 3, 13 — оси; 4 — пляшка; 5, 14 — эксцентрики; 6 — рычаг; 7 — рукоятка; 8 — подпружиненный палец; 9 — педаль; 10 — упор; 11 — щеки; 12 — пластины; 15 — планка; 16 — вилка.

фиксатор 2, ограничивающий угол ее поворота относительно корпуса. Один конец пружины 3, надетой на вал с эксцентриком, закреплен в корпусе, другой — на валу. На нижней части корпуса нарезана наружная резьба под муфту бурильных труб. Наголовник предназначен для работы с кольцевым элеватором, который осуществляет захват наголовника за лыски корпуса. Перед наворачиванием наголовника рукоятку поворачивают влево до захода фиксатора в углубление. При этом пружина будет раскручена и эксцентрик не будет касаться внутренней поверхности бурильной трубы. После завинчивания наголовника рукоятку поднимают вверх и выводят фиксатор из углубления. Под действием пружины вал поворачивается и приводит в соприкосновение эксцентрик с внутренней поверхностью бурильной трубы, чем осуществляется надежное стопорение наголовника на бурильных трубах. При вывора-

чивании подвешенной на наголовнике бурильной колонны эксцентрик будет расклиниваться между трубой и корпусом наголовника, препятствуя развинчиванию резьбового соединения. Для снятия наголовника достаточно вновь повернуть рукоятку до конца влево, вывести эксцентрик из зацепления с трубой и вывернуть его из резьбового соединения.

Таблица 48

Техническая характеристика наголовников для бурильных труб ССК

Показатели	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, корпуса, мм	65	70
Максимальная грузоподъемность, т	8	12
Высота прореза под элеватор, мм	45	
Длина, мм	220	
Масса, кг	2,35	2,4

Техническая характеристика наголовников для бурильных труб диаметром 55 и 70 мм приведена в табл. 48.

Спуско-подъемные операции с описанными наголовниками требуют наличия верхового рабочего. Для

работы без верхового рабочего ВИТР проведена доработка этих наголовников под полуавтоматический элеватор МЗ-50/80.

Овершоты предназначены для извлечения съемного керноприемника после окончания рейса, а также для спуска керноприемника в сухие скважины. Овершот (рис. 54, б) состоит из корпуса 8, в котором на оси 10 закреплены защелки 11, тяги 7, передвигного груза 5 и канатного замка со втулкой 4. Защелки расположены в пазах корпуса; концы их подтянуты пружинами 9. Корпус овершота имеет продольные пазы (для перетекания промывочной жидкости) и проточку, в которую заходит головка съемного керноприемника при захвате ее защелками. В верхнюю часть корпуса вворачивается тяга, по которой перемещается груз 5, имеющий верхнюю 2 и нижнюю 6 пробки. Нижняя пробка ограничивает перемещение груза вверх по тяге за счет гайки, накрученной на верхнюю часть тяги. В верхнюю пробку заделывается замок каната 1 лебедки керноприемника с бронзовой пятой 3. Наличие канатного замка позволяет избежать скручивания троса при спуске и подъеме овершота за счет проворачивания его в пяте. В комплекте овершота предусмотрен утяжелитель, который устанавливается между грузовой трубой и верхней пробкой. Применяется утяжелитель для ускорения спуска овершота в скважину при бурении с промывкой глинистым раствором, а также при наклонном бурении [41]. Техническая характеристика овершота приведена в табл. 49.

Гладкозахватные ключи. Для сохранения межтрубных зазоров в колонковых наборах ССК и ровной поверхности труб применяют специальные гладкозахватные ключи, исключая появление на трубах вмятин, задиров и рисок, характерных для работы с ключами плащечного типа.

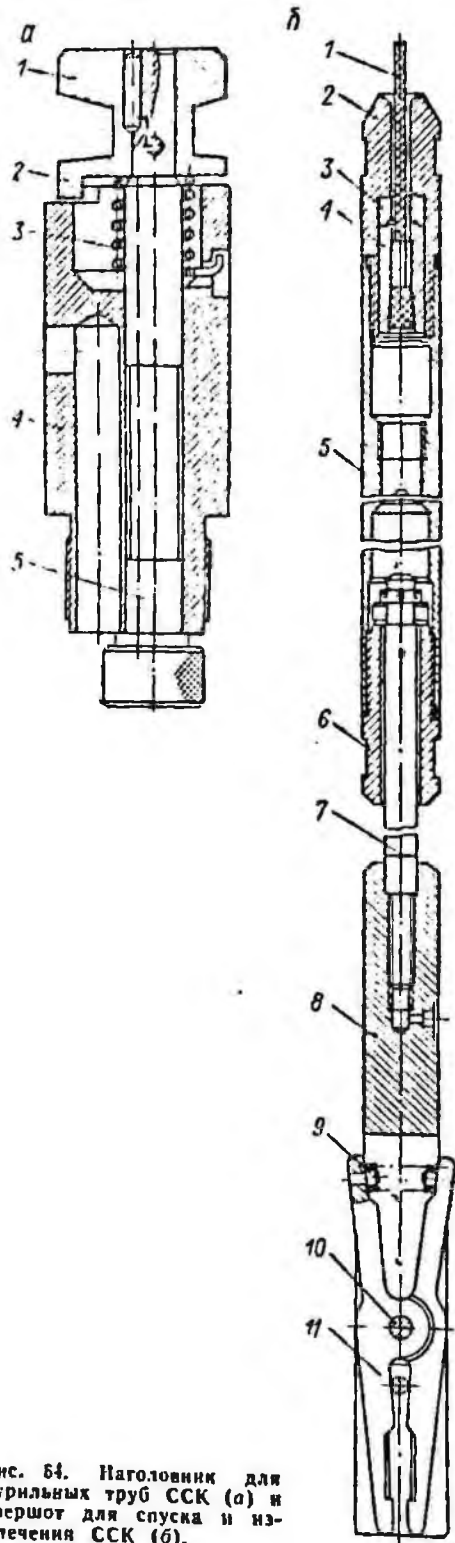


Рис. 54. Наголовник для бурильных труб ССК (а) и овершот для спуска и извлечения ССК (б).

Таблица 49

Техническая характеристика овершота к ССК

Показатели	ССК-59	ССК-76
Максимальный наружный диаметр, мм	40	52
Грузоподъемность, кгс	200	250
Длина (в раздвинутом положении), мм	1770	1935
Масса, кг:		
без утяжелителя	9,1	12,3
с утяжелителем	12,5	20,0

Для работы с наружными колонковыми и бурильными трубами используют трехзвенные гладкозахватные ключи типа КГ (рис. 55, а),

состоящие из гладкозахватной части 1, образованной тремя скобами, которые соединены между собой шарнирно. Захват шарнирно присоединяется к зажиму 2. Для фиксации ключа в закрытом положении рукоятку 4 ввинчивают в резьбовую часть зажима 2, и упор 3 поджимает скобу захвата 1.

Для работы с внутренними керноприемными трубами применяются гладкозахватные двухзвенные ключи (рис. 55, б), конструкция которых аналогична конструкции трехзвенных ключей, однако в этих ключах отсутствует фиксатор захвата. Техническая характеристика трех- и двухзвенных гладкозахватных ключей приведена в табл. 50.

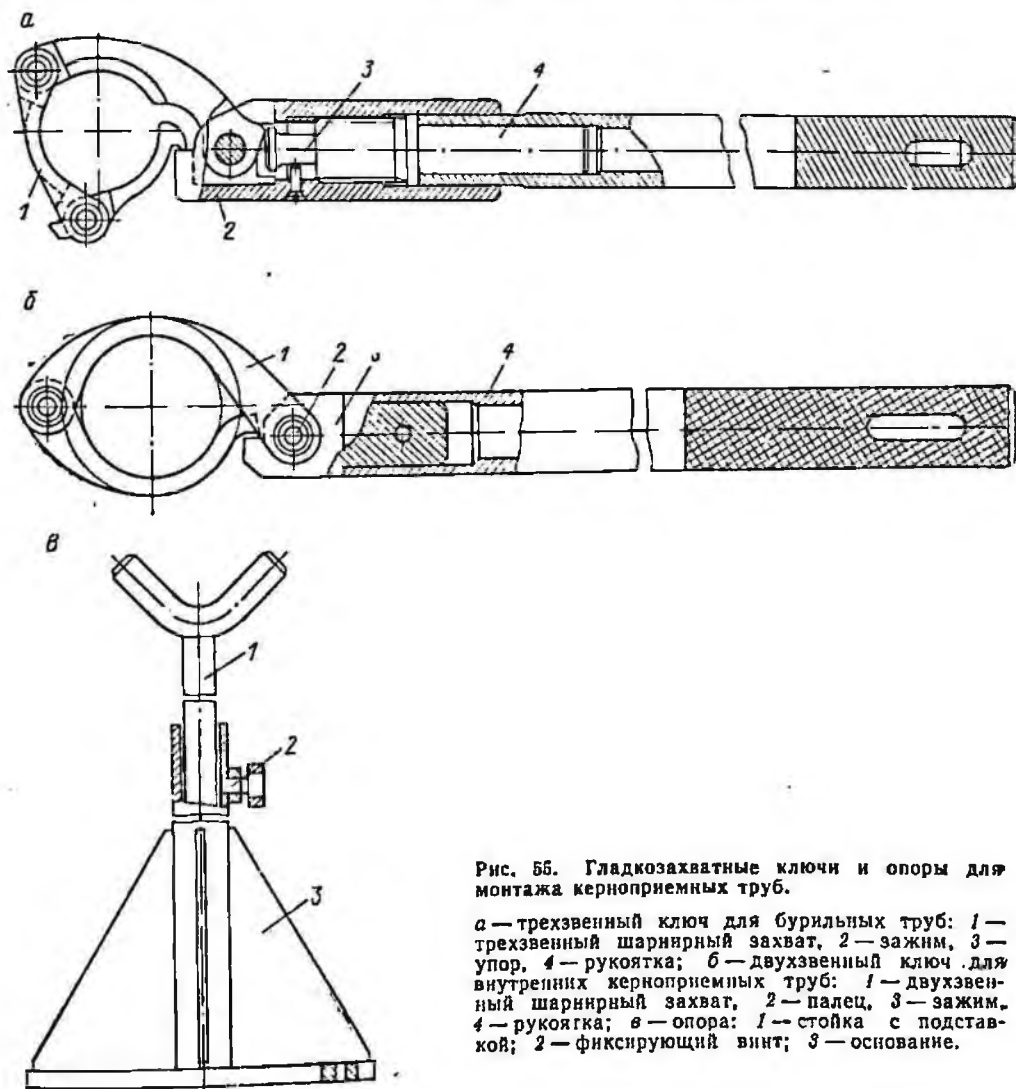


Рис. 55. Гладкозахватные ключи и опоры для монтажа керноприемных труб.

а — трехзвенный ключ для бурильных труб: 1 — трехзвенный шарнирный захват, 2 — зажим, 3 — упор, 4 — рукоятка; б — двухзвенный ключ для внутренних керноприемных труб: 1 — двухзвенный шарнирный захват, 2 — палец, 3 — зажим, 4 — рукоятка; в — опора: 1 — стойка с подставкой; 2 — фиксирующий винт; 3 — основание.

Таблица 50

Техническая характеристика трех- и двухзвенных гладкозахватных ключей типа КГ [41]

Показатели	ССК-59	ССК-76
Захватываемый диаметр труб, мм	$\frac{55 \text{ и } 56}{42}$	$\frac{70 \text{ и } 73}{54}$
Ширина захватной части, мм	$\frac{78}{37}$	$\frac{78}{37}$
Максимально допустимый крутящий момент, кгс·м	$\frac{80-100}{15}$	$\frac{80-200}{15}$
Длина, мм	$\frac{660}{305}$	$\frac{675}{385}$
Масса, кг	$\frac{4,1}{1,0}$	$\frac{5,0}{1,05}$

Примечание. В числителе даны показатели трехзвенных ключей, в знаменателе — двухзвенных.

Опоры для монтажа керноприемных труб. В связи с топкостенностью керноприемных труб монтажные работы с ними осуществляют на комплекте (3 шт.) специальных опор (рис. 55, в), состоящих из основания 3, стойки 1 и фиксирующего винта 2. Стойка вставлена в трубчатую часть основания и может перемещаться по высоте. Это позволяет устанавливать опору на удобном для работы уровне. Само основание состоит из плиты, трубы и ребер. В плите имеются отверстия для крепления опоры к трапу или полу бурового здания. Стойка имеет подставку, позволяющую монтировать трубы диаметром 42 и 54 мм.

§ 3. ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ССК

В конструкциях коронок для ССК синтезированы и нашли отражение все передовые идеи и достижения в области конструирования алмазного породоразрушающего инструмента, накопившиеся за 20 лет работы ВИТР в этой области: высоко-

качественные алмазы, сложные геометрические формы торца матрицы и новые ее составы, новые технологии их изготовления, обеспечивающие высокое и стабильное качество коронок, и др. [62]. Разработка серий коронок для ССК, как и коронок других назначений (бурение одинарными и двойными колонковыми трубами), велась комплексно, т. е. с охватом практически всех областей применения алмазного бурения в современной геологоразведочной практике: комплексы твердых пород и пород средней твердости, перемежающихся по твердости и буримости и т. д.

На первом этапе применения ССК были созданы типы коронок, хорошо известные из зарубежной практики. Для бурения пород VIII—X категории по буримости разработаны и сданы в серийное производство ступенчатые коронки с зернистостью объемных алмазов 60—10 шт./карат. В зависимости от диаметра скважины и физико-механических свойств горных пород могут применяться коронки с различным количеством ступеней и секторов. Промежуточные ступени таких коронок не имеют подрезных алмазов, роль

которых в данном случае выполняют объемные алмазы, расположенные на ступенях и имеющие заданный «выход» по наружному диаметру коронки. Изготовление ступенчатых коронок более сложно, чем коронок с простыми видами профиля, однако коронки ступенчатой формы обеспечивают высокую механическую скорость бурения и способствуют сохранению направления ствола скважины.

Другим типом коронок для ССК явились коронки с закругленным торцом, которые предназначены для бурения более твердых и частично трещиноватых пород X—XI категории. Ввиду повышенного износа внутренней режущей кромки в конструкциях таких коронок предусматриваются меры, уменьшающие износ: усиленная армировка по внутренней поверхности, использование более прочных алмазов, чем в других зонах.

Корпус коронок для ССК отличаются от обычных, применяемых с одинарными колонковыми трубами, следующие технические особенности:

— внутренняя резьба (по ГОСТ 6238—52);

— специальная конусная расточка (на внутренней поверхности), в которую опирается корпус кернопривального устройства керноприемной трубы в момент срыва керна.

С расширением геолого-технических условий внедрения серийных образцов ССК стала ощутимей необходимость расширения и областей их рационального применения в горных породах с широким диапазоном физико-механических свойств и буримости.

В период второго этапа разработаны принципиально отличные от известных за рубежом коронки для съемного керноприемника — зубчатые, комбинированные и штыревые. Зубчатые коронки для ССК — это дальнейшее развитие и успешное использование принципов, заложенных в коронке типа ЗА, созданной ВИТР ранее специально для бурения пород средней твердости (VI—VII категории по буримости) на каменноугольных месторождениях. Как известно, до создания коронок ЗА алмазное бурение в горных породах средней твердости было неэффективным в сравнении с твердо-

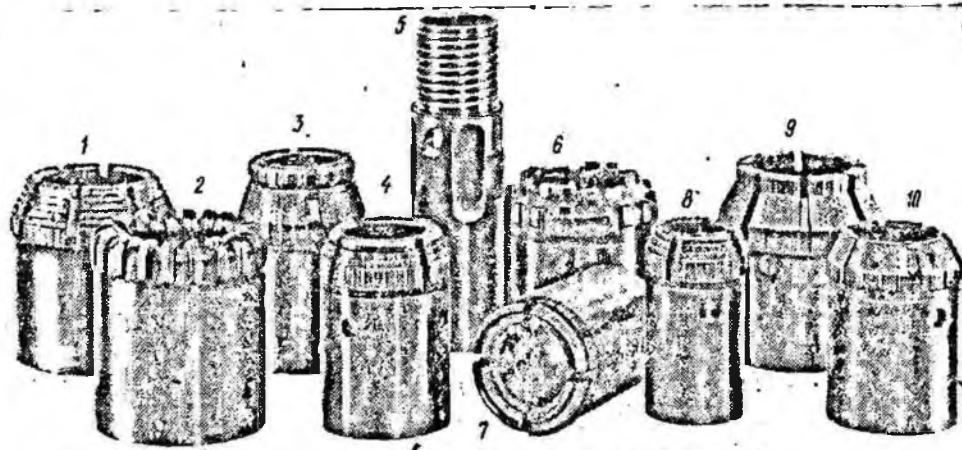


Рис. 56. Комплекс алмазного породоразрушающего инструмента для ССК (по Е. Н. Второву).

1, 4, 8 — ступенчатые коронки диаметром 76, 59, 46 мм; 2 — зубчатая коронка диаметром 76 мм; 3 — конусная коронка с заменяемым пилотом диаметром 59 мм; 5 — расширитель калибровочный диаметром 46 мм; 6 — штыревая коронка диаметром 76 мм; 7 — импрегнированная гребешковая коронка диаметром 59 мм; 9 — комбинированная коронка диаметром 76 мм, конусная с импрегнированным пилотом; 10 — конусная коронка диаметром 59 мм.

Таблица 51

Классификация и техническая характеристика алмазных коронок и расширителей для бурения с ССК [62]

Индекс коронки и расширителя	Рекомендуемая область рационального применения (категория горных пород по буримости)	Диаметр, мм		Характеристика алмазов				Масса алмазов, карат			Особенности геометрии матрицы коронки, расширителя (см. рис. 2)
		наружный	внутренний	Качество (группа)	Зернистость, шт./карат		объем-подрезных	объем-подрезных	объем-подрезных	общая	
					объемных	подрезных					
K-01	VIII-X	59,0	35,4	XV	30-20	30-20	30-20	10,0	5,0	15,0	4-секторная, 3-ступенчатая, с выступающими алмазами
K-02	VI-VII	59,0	35,4	XV XXXIV	12-8 400-200	30-20	20-12	11,0 4,1	2,5	18,0	16-секторная, зубчатая, с выступающими алмазами
K-08	IX-XI	59,0	35,4	XV XXXV	30-20 400-200 (600-400)	30-20	30-20	8,2 8,3	—	16,5	4-секторная комбинированная, 3-ступенчатая, с пилотом
K-04	VIII-X	76,0	45,0	XV	30-20	30-20	30-20	12,0	6,0	18,0	6-секторная, 4-ступенчатая, с выступающими алмазами
K-05	VI-VII	76,0	45,0	XXXV полировальные (зубья) XXXV (матрица) XXXV полировальные (зубья) XXXV (матрица) XV	20-12 400-200 8-5 400-200 60-40 50-30 30-20	20-12	20-12	11,0	3,0	19,5	16-секторная, зубчатая, с выступающими алмазами
K-03	IX-XI	76,0	45,0	XV	4-3	20-12	20-12	5,5 13,0	2,0	19,5	Конусная с пилотом
K-80	V-VI	76	46,0	XXXV полировальные	—	30-20	30-20	4,5	—	—	Штыревая
P-01	V-XI	59	—	XV	—	30-20	30-20	—	—	9,0	6-секторный, расширитель
P-02	V-XI	76	—	XXXIV	—	30-20	30-20	—	—	13,0	8-секторный, расширитель

Примечания. 1. Качество и зернистость алмазов даны по ТУ 47-2-73 «Сырье алмазное». 2. Твердость матрицы коронок НКС-25+25

сплавным. Для расширения разбу-
риваемого алмазами перечня горных
пород в сторону их мягких разно-
видностей (включая V категорию по
буримости) разработана конструк-
ция коронки, в которой в качестве
режущих элементов применены
штырп, вооруженные крупными по-
лированными алмазами зерни-
стостью 3—4 шт./карат. Комбиниро-
ванная коронка представляет собой
редко применяемое в других снаря-
дах при алмазном бурении сочета-
ние коронки с поверхностной встав-
кой алмазов (ступенчатая модифи-
кация) с пилотом — импрегнирован-
ным алмазами кольцом; коронка
предназначена для бурения твердых

пород IX—XI категории по буримо-
сти.

Комплекс алмазного инструмента
для ССК, разработанный ВИТР
(рис. 56), как показали широкие
производственные испытания и по-
следующая опытная эксплуатация,
подтвердил свою высокую работо-
способность в широком диапазоне
горно-геологических условий.

Классификация рекомендованного
к серийному производству алмаз-
ного породоразрушающего инстру-
мента и его техническая характери-
стика приведены в табл. 51. В на-
стоящее время этот инструмент
изготавливается лабораторией и
Опытным заводом ВИТР.

ГЛАВА VIII

ОТБОР И ХРАНЕНИЕ КЕРНА .

При бурении колонковых разведочных скважин керн и шлам являются основным фактическим материалом, служащим для определения вещественного состава и физических свойств разбуриваемых пород и полезных ископаемых.

Для изучения геологического строения того или иного месторождения требуется получение кернового материала в необходимом количестве и нужного качества. В зависимости от состояния горных пород в естественном залегании и их физических свойств применяются различные технические средства и технологические приемы для отбора керна в процессе бурения. Так, при бурении алмазами в монолитных твердых и весьма твердых породах (VIII—XII категории по буримости) наблюдается высокий выход керна с ненарушенной структурой, поэтому параметры режима бурения и проходки за рейс должны назначаться исходя из возможности получения наибольших скоростей. Наоборот, в трещиноватых породах, породах средней твердости, а также в мягких часто имеет место истирание и размыв керна. В этих случаях приходится сокращать проходку за рейс и понижать значения параметров бурения исходя из необходимости получения кернового материала требуемых количества и качества. Интервалы бурения пород с отбором и без отбора керна устанавливаются геологической службой партии или экспедиции.

Чтобы керн был представительным, т. е. достаточным для характеристики разбуриваемых пород и полезных ископаемых, наравне с качеством керна требуется еще и получение его в определенном количестве. Количество получаемого при бурении керна устанавливается геологической службой в зависимости от конкретных условий (степени изученности геологического разреза, физико-механических свойств полезных ископаемых, характера расположения их в породах и т. д.). С целью удобства документации в практику бурения введен термин «процент выхода керна», под которым следует понимать отношение длины керна, поднятого из скважины, к пробуренному интервалу, выраженное в процентах.

Если породы монолитные или слаботрещиноватые, то выход керна и его качество обычно полностью удовлетворяют требованиям геологической службы. Поэтому бурение в таких случаях ведется с применением одинарных колонковых труб.

Рациональная проходка за рейс определяется в основном твердостью породы и износостойкостью коронки. При хорошей устойчивости пород рекомендуется применение удлиненных колонковых труб (порядка 6—9 м), что дает возможность существенно повысить проходку за рейс.

Качество и количество промывочной жидкости следует выбирать в зависимости от свойств разбури-

ваемых пород. При бурении монолитных твердых и очень твердых пород в качестве промывочной жидкости можно и нужно применять воду, а при бурении в породах трещиноватых — глинистые или специальные растворы. Количество жидкости назначается исходя из условий сохранения керна (способности сопротивляться размыву).

С целью предупреждения возможного самозаклинивания керна в колонковой трубе не следует приподнимать снаряд над забоем в процессе наращивания бурильной трубы и перекрепления в патроне шпинделя станка.

На практике часто имеет место низкий выход керна или неудовлетворительное его качественное состояние. Дело в том, что образование керна при бурении в породах с различными физико-механическими свойствами и при различном их положении в массиве является сложным процессом. Помимо различия физико-механических свойств пород существенное влияние на выход керна оказывает характер залегания пород (горизонтальное, наклонное), чередование их по твердости, степень трещиноватости, угол встречи бурового снаряда с плоскостями трещин. Большое значение в процессе образования керна и его сохранения в керноприемной трубе при бурении имеет конструкция и качественное состояние породоразрушающего инструмента и колонкового набора. Например, нарушение соосности коронки, колонковой трубы и бурильной колонны вызывает возникновение поперечных колебаний снаряда в процессе бурения, что приводит к разрушению керна в колонковой трубе и явлениям подклинивания и самозаклинивания керна, в результате чего резко снижается механическая скорость проходки и уменьшается длина рейса. Аналогичная картина наблюдается при малых углах ($10-40^\circ$) встречи бурового снаряда с плоскостями тре-

щин в сильнотрещиноватых породах. Таким образом, для обеспечения условий качественного кернообразования и сохранения керна при бурении следует особенно тщательно подбирать конструкцию породоразрушающего и другого инструмента и колонкового набора в целом, а также назначать параметры режима бурения с учетом факторов, определяющих формирование и выход керна [83] (табл. 52).

§ 1. ПРИМЕНЕНИЕ КЕРНОРВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Для срыва столбика керна и удержания его в колонковой трубе применяются либо кернорвательные устройства, либо заклинивание керна заклиночным материалом.

Кернорвательное устройство представляет собой разрезное пружинное кольцо, имеющее коническую наружную поверхность; кольцо устанавливается в конической проточке алмазной коронки или в корпусе кернорвателя (рис. 57). Угол конуса кольца и конической проточки в корпусе коронки составляет $3^\circ \pm 10'$. Высота рвательного кольца 25—35 мм, а толщина стенки его 3—4 мм. Обычно отношение высоты кольца к его диаметру должно составлять около 0,53.

Рвательные кольца термически обрабатываются до твердости $HRC=40-45$. На внутренней поверхности кольца простругиваются продольные каналы для прохода промывочной жидкости и риски для удержания керна. В процессе бурения скважины пружинное кольцо находится в верхней части конической проточки коронки, свободно пропуская керн в колонковую трубу. При отрыве снаряда от забоя пружинное кольцо скользит по конической проточке в коронке (или в корпусе кернорвателя), сжимает керн и отрывает его от забоя.

Техническая характеристика кернорвательных устройств для алмаз-

Факторы	Поведение горных пород при формировании и извлечении керна
<p style="text-align: center;">Геологические</p> <p>Минералогический состав, структура и текстура пород Наличие прожилков и включений Физико-механические свойства и анизотропность пород: прочность, твердость, сланцеватость, пористость, кавернозность, влагоемкость, теплопроводность, мерзлотность, трещиноватость, перемятость, раздробленность, устойчивость Угол встречи оси скважины с плоскостью напластования, прожилков, трещин и т. д.</p>	<p>Потеря связи между зернами или отдельными участками керна Разрушение и истирание мягких прослоек и участков Разрыхление или уплотнение пород Растворение или выщелачивание минералов Растепление мерзлых пород</p>
<p style="text-align: center;">Технические</p> <p>Способ бурения Тип забойных инструментов, их конструкция и параметры Зазор между снарядом и стенками скважины Способ удаления продуктов разрушения Способ заклинивания керна Конструкция бурового снаряда и его качество (эксцентричность, овальность, погнутость и т. д.)</p>	<p>Деформация и механическое разрушение керна: скалывание, дробление Истирание по боковой поверхности или по плоскости напластования трещин, прожилков и т. д. Размывание керна Оставление керна в скважине при плохом заклинивании Уменьшение диаметра керна и его прочности</p>
<p style="text-align: center;">Технологические</p> <p>Режим бурения скважины: осевая нагрузка, частота вращения, количество и давление промывочной жидкости, расхождение снаряда Качество промывочной жидкости Продолжительность времени чистого бурения и проходка за рейс Технология подъема колонкового набора из скважины Зашламование скважины и другие осложнения</p>	<p>Механическое разрушение керна вследствие вибрации, толчков и ударов бурового снаряда, а также действия потока промывочной жидкости Вынос мелких частиц потоком промывочной жидкости или воздуха Выпадение и разрушение кусочков керна при расхождении снаряда Выпадение керна из колонкового набора при его подъеме</p>
<p style="text-align: center;">Организационные</p> <p>Наличие проектного разреза и его достоверность Наличие контрольно-измерительной аппаратуры Наличие рациональных средств для отбора керна и их техническое состояние Квалификация бурового персонала Контроль за выполнением основных требований и рекомендаций по отбору керна</p>	<p>Уменьшение степени действия факторов, ухудшающих условия формирования керна</p>

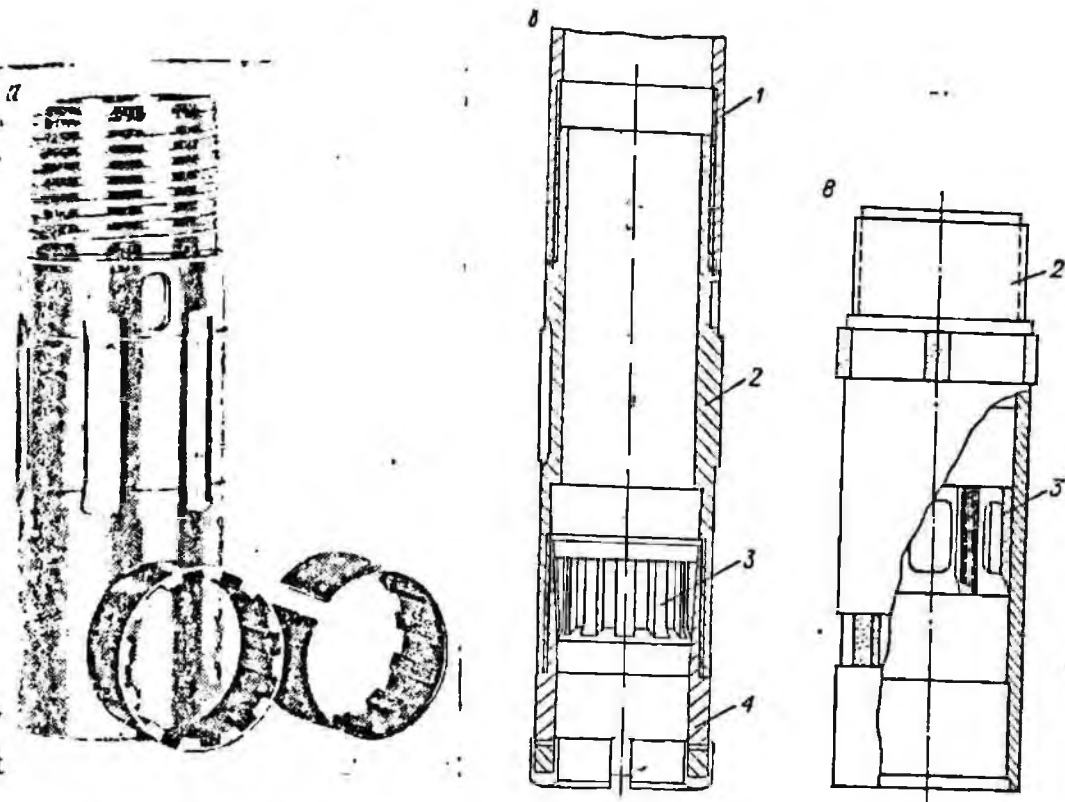


Рис. 57. Кернорвательное устройство.

a — общий вид; *б* — конструкция кернорвателя и его размещение в колонковом наборе для алмазного бурения; *в* — кернорвательное устройство для твердосплавного бурения.
 1 — колонковая труба; 2 — корпус кернорвателя; 3 — кернорвательное кольцо; 4 — алмазная коронка.

ного бурения скважин диаметром 46, 59 и 76 м, разработанных ВИТР, приведена в табл. 53 [68].

Корпус кернорвателей выпускается лишь на первой стадии внедрения кернорвательных устройств. В дальнейшем его функцию будут выполнять выпускаемые серийно калибровочные расширители, в которых предусмотрены коническая проточка внутренней поверхности и буртик для упора рвательного кольца (см. рис. 11, б).

Кернорватели включаются в состав колонкового набора между алмазной коронкой и колонковой трубой (рис. 57, б). Кернорвательное кольцо при сборке вкладывается в алмазную коронку острым концом вниз (к матрице коронки), после чего последняя наворачивается на корпус рвателя. Затем весь комплект наворачивается на колонковую

трубу. В случае необходимости применения алмазных калибровочных расширителей, не имеющих внутренней проточки и упорного буртика под кернорвательное кольцо, расширитель ставится между корпусом кернорвателя и колонковой трубой.

Перед сборкой кернорвателя необходимо проверить состояние алмазной коронки, корпуса рвателя и кернорвательного кольца. Коническая поверхность алмазной коронки должна быть чистой, без вмятин, задиров и других повреждений. Конусность внутренней поверхности коронки проверяется с помощью конус-калибра, при вкладывании которого в коронку отклонение его рукоятки в сторону не должно превышать 0,5 мм; превышение свидетельствует о том, что коронка непригодна для использования с кернорвателем [68]. Для облегчения сколь-

Показатели	К-46	К-59	К-76
Диаметр алмазной коронки, в комплекте с которой применяется кольцо, мм:			
наружный	46	59	76
внутренний	31	42	59
Диаметр керна, захватываемого кольцом, мм:			
максимальный	31,0	43,2	60,3
минимальный	30,0	41,0	58,0
Диаметр присоединительной резьбы корпуса кернорвателя по ГОСТ 6238—52 (шипельного соединения), мм	39	52	68
Длина кернорвательного устройства с коронкой, мм	205	200	210
Масса, кг	0,82	1,2	1,6
Материал	Сталь марки 60 СГА (пружинная)		

жения кернорвательного кольца по внутренней конической поверхности коронки в момент входа керна в кольцо при забуривании рекомендуется смазывать коническую поверхность алмазной коронки и наружную поверхность кернорвательного кольца консистентной смазкой. При проверке корпуса рвателя следует осмотреть его внутреннюю коническую поверхность и кромки упорного буртика. Если на торцевой поверхности буртика, в которую упирается кернорвательное кольцо, имеются ступенька или конус, видимые невооруженным глазом, то корпус рвателя считается непригодным к эксплуатации.

Кернорвательное кольцо не должно иметь деформаций, вмятин, задиров нижней острой кромки. Ширина прорези кольца должна быть не менее 6 мм. При сжатии кернорвательное кольцо должно сохранять упругость и разжиматься после снятия усилия. Износ кольца проверяется с помощью штангенциркуля путем замера толщины стенки по пазу и толщины выступа в верхней части кольца; для колец всех размеров толщина стенки по пазу

должна быть не менее 0,3 мм. Для обеспечения гарантийных зазоров между керном и пазами кольца, необходимых для прохода промывочной жидкости, износ кольца по внутреннему диаметру не должен превышать 2,0 мм, т. е. износ выступа кольца допускается на величину не более 1,0 мм.

Кернорвательное кольцо считается непригодным к эксплуатации, если толщина его по выступу равна или меньше 2,0 мм для К=46; 2,1 для К=59; 2,6 для К=76.

Допускается проверка надежности захватывания путем «протаскивания» керна через кольцо. Усилие обжатия кольцом керна должно быть таким, чтобы можно было «протаскать» керн через кольцо усилием руки. Кольцо, слишком туго или недостаточно обжимающее керн, не рекомендуется использовать с алмазной коронкой, с помощью которой в последнем рейсе был получен данный столбик керна.

Наиболее ответственной операцией при работе с кернорвателями является бурение первых 7—10 см в начале каждого рейса. Чтобы исключить возможность перекоса кер-

норвального кольца при входе керн внутрь последнего и избежать деформации или поломки кольца, бурение первых сантиметров в начале рейса следует осуществлять на пониженных значениях параметров режима бурения. Нагрузка на коронку не должна превышать 150—200 кгс, частота вращения снаряда — 200—250 об./мин, расход промывочной жидкости — 20—30 л/мин. В процессе бурения скернорвателем не допускается раскачивать снаряд.

Заклинивать керн кернорвателем рекомендуется в следующем порядке:

а) перед отрывом керн от забоя в конце рейса выключить подачу снаряда, но вращать его без нагрузки в течение 3—5 мин с целью подбуривания керн у основания для обеспечения последующего его отрыва;

б) во время вращения инструмента без подачи на забой увеличить производительность насоса, чтобы вымыть весь шлам из скважины;

в) оторвать керн подъемом снаряда от забоя на высоту 5—10 см; во время срыва керн не допускается вращение снаряда во избежание поломки кернорвального кольца;

г) приподнять буровой инструмент над забоем на 0,5—1,0 м и снова опустить на забой; если коронка свободно доходит до забоя, то это означает, что керн сорван с забоя и не выпал из колонковой трубы;

д) поднять снаряд из скважины, избегая толчков и ударов.

После подъема снаряда, перед разборкой кернорвателя, необходимо ударом по керну с торца коронки протолкнуть его с кернорвальным кольцом в верхнюю часть корпуса рвателя для того, чтобы при отворачивании коронки не повредить расклиненное кольцо. Свинчивание и навинчивание кернорвателя на колонковую трубу следует осуществить с помощью ключей

типа КБ и опор для монтажа колонковых наборов типа ОКН.

На рис. 57, в показано кернорвальное устройство, применяемое при твердосплавном бурении в породах V—IX категории по буримости коронками диаметром 76, 93 и 112 мм. Устройство состоит из корпуса 2 и кернорвального кольца 3. С целью уменьшения износа наружная поверхность корпуса наплавлена релитом, а выступы рвального кольца защищены твердосплавными пластинками. Кернорвальное устройство разработано СКБ [64].

При бурении в твердых породах в случае отсутствия кернорвателей керн из скважины извлекается при помощи заклиночного материала.

§ 2. ПРИМЕНЕНИЕ ДВОЙНЫХ КОЛОНКОВЫХ ТРУБ

КЛАССИФИКАЦИЯ КОЛОНКОВЫХ НАБОРОВ И ОБЛАСТИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В процессе бурения скважины разрушающее действие на керн оказывают главным образом вибрация труб, движение промывочной жидкости, продольная деформация колонкового снаряда и его взаимодействие с колонкой керн. Очевидно, что проблема совершенствования отбора керн должна решаться комплексно, за счет правильного выбора и обоснования конструкций скважин, бурильных колонн, технологических режимов бурения, типов и условий применения колонковых наборов. Колонка керн, образуемая при проведении скважины, тем прочнее, чем больше ее диаметр и чем крепче и плотнее буримая порода. И наоборот, при слабых и трещиноватых породах и сравнительно малом диаметре колонка керн неустойчива.

Все существующие конструкции колонковых наборов не имеют защиты от вредного действия вибраций бурильной колонны. По этой

причине в практических условиях диаметр колонки керна применяется большим для пород трещиноватых и, соответственно, меньшим для пород крепких, монолитных. Достаточно надежными техническими средствами для отбора образцов горных пород, разрушающихся при вибрации бурового снаряда или обработке их промывочной жидкостью в процессе бурения, являются двойные колонковые трубы.

В современных условиях бурения применяются двойные колонковые трубы двух типов: с невращающейся и с вращающейся внутренней трубой. Двойные колонковые трубы с невращающейся внутренней трубой применяются для бурения в мягких, рыхлых и в сильнотрещиноватых твердых породах. В трубах такого типа внутренняя керноприемная труба подвешена верхней

частью к узлу с шариковым упорным подшипником, вследствие чего внутренняя труба при вхождении в нее керна перестает вращаться. Основными преимуществами двойных колонковых труб этого типа в сравнении с другими трубами являются сохранение образца породы от истирания и разрушения, а также уменьшение случаев заклинивания керна во внутренней трубе. Двойные колонковые трубы с вращающейся внутренней трубой применяются для бурения в твердых трещиноватых и в монолитных породах средней твердости. В трубах такого типа наружная и внутренняя (керноприемная) трубы жестко соединены общим переходником, поэтому в процессе бурения обе трубы вращаются одновременно. При работе двойными колонковыми трубами с вращающейся наружной

Таблица 54

Классификация двойных колонковых труб для алмазного бурения (по Ю. В. Бакланову и другим)

Ширина торца алмазной коронки	Место выхода промывочной жидкости из межтрубного пространства	Назначение	Тип
Вращающаяся внутренняя труба			
Стандартная	Выше кернорвательно-го устройства	Бурение монолитных пород с промывкой водой	ТДВ-59-1, ТДВ-76-1
Увеличенная	Ниже кернорвательно-го устройства	Бурение трещиноватых пород с промывкой глинистым раствором	ТДВ-59-2, ТДВ-76-2
Невращающаяся внутренняя труба			
Стандартная	Выше кернорвательно-го устройства	Бурение перемежающихся монолитных и слаботрещиноватых пород с промывкой водой	ТДН-59-1, ТДН-76-1
Увеличенная	Ниже кернорвательно-го устройства	Бурение трещиноватых и малоустойчивых пород с промывкой глинистым раствором	ТДН-59-2, ТДН-76-2
	Под торец коронки	Бурение сильнотрещиноватых и размываемых пород с промывкой глинистым раствором	ТДН-76-4
		Бурение в сложных геологических условиях с промывкой глинистым раствором	ТДН-76-Э, ТДН-76-О, ТДН-93-О

и внутренней трубами отмечается уменьшение размыва керна. В табл. 54 дана примерная классификация двойных колонковых труб для алмазного бурения, разработанных ВИТР.

Двойные колонковые наборы по сравнению с одинарными имеют следующие достоинства:

— при вращающейся внутренней трубе — наличие защиты от интенсивного действия промывочной струи;

— при неподвижной внутренней трубе — наличие защиты от интенсивного действия промывочной струи, исключение истирания керна, высокая универсальность по условиям применения.

Одинарные колонковые наборы по сравнению с двойными, в свою очередь, имеют следующие преимущества:

— при устойчивой колонке керна меньшее сопротивление движению промывочной жидкости;

— простота конструкции и более низкая стоимость.

Рациональное применение одинарных и двойных колонковых наборов в большой мере предопределяется их сравнительными достоинствами. На основании отечественного и зарубежного опыта в табл. 55 в общем виде сформулированы области их рационального использования. Приведенные в таблице области применения основываются на следующих принципах, которыми необходимо руководствоваться при выборе оптимального типа колонкового набора.

1. При бурении весьма твердых и плотных пород колонка керна отличается большой прочностью. Она практически не истирается и не размывается. В этих условиях одинарные колонковые трубы вполне обеспечивают кондиционный выход керна.

2. В породах средней твердости, пористых, вязких, слабо истирае-

Таблица 55

Области рационального применения одинарных и двойных колонковых наборов (по Ю. В. Бакланову и другим)

Группы горных пород	Глубина скважин	Диаметры колонковых наборов (по коронкам), мм			
		Одинарные	Двойные		
			с вращающейся внутренней трубой и стандартной матрицей коронки	со стандартной матрицей коронки	с утолщенной матрицей коронки
Весьма твердые, плотные, практически неразмываемые и нестираемые	Мелкие	26, 36, 46	—	—	—
	Средние и глубокие	46, 59, 76, 93, 112	—	—	—
Средней твердости, монолитные, пористые, вязкие, слабо истираемые, но умеренно размываемые	Мелкие	46, 59	46	—	—
	Средние и глубокие	59, 76, 93, 112	46, 59, 76	—	—
Средней твердости, умеренно трещиноватые, истираемые и размываемые	Мелкие	59, 76	—	46, 59	—
	Средние и глубокие	59, 76, 93, 112	—	46, 59, 76	—
Малой и средней твердости, хрупкие, разрушающиеся, легко размываемые и истираемые	Все глубины	—	—	—	76, 93, 112

мых, но умеренно размываемых во многих случаях можно также применять одинарные колонковые трубы, но при этом нижние пределы их диаметров должны быть увеличены по крайней мере на один порядок. Однако для обеспечения кондиционного отбора керна в этих породах практически невозможно обойтись без двойных колонковых труб (в частности, при бурении скважин породоразрушающим инструментом малого диаметра). С этой целью целесообразно применять один из трех размеров двойных колонковых труб (46, 59, 76 мм) со стандартными алмазными коронками и вращающейся внутренней трубой (в связи со слабым истиранием пород).

3. В породах средней твердости, умеренно трещиноватых, умеренно истираемых и размываемых размеры одинарных и двойных колонковых труб те же, что и в предыдущем случае. Только при этом в двойных колонковых наборах внутренние трубы должны быть неподвижными. При применении двойных колонковых труб в умеренно размываемых породах средней твердости поток промывочной жидкости оказывает неблагоприятное воздействие на колонку керна, поэтому конструкция нижней части должна быть такова, чтобы выход промывочной жидкости из межтрубного пространства осуществлялся возможно ближе к коронке. В умеренно трещиноватых и умеренно истираемых породах средней твердости также желательно применять двойные колонковые трубы с выходом промывочной жидкости в непосредственной близости от коронки, что будет предотвращать преждевременное разрушение колонки керна по небольшим трещинам.

4. Отбор керна в породах слабых, мягких, хрупких, легко размываемых и истираемых связан с большими трудностями. Минимально допустимый диаметр колонки керна

для этих пород должен быть увеличен по сравнению с предыдущим случаем на 1—2 порядка. Однако для отбора кондиционного керна этого недостаточно. Кери слабых пород от вибрации, трения и действия промывочной жидкости способны разрушаться в зоне коронки, преграждая тем самым путь или увеличивая сопротивление движению промывочной жидкости (при использовании стандартных коронок). Для обеспечения нормальной промывки при бурении таких пород целесообразно использовать коронки с утолщенной матрицей и корпусом, в котором имеются специальные каналы для подвода промывочной жидкости под торец коронки. Внутренняя колонковая труба должна быть неподвижной. Очевидно, что при одном и том же диаметре скважины специальная коронка с утолщенной матрицей дает кери меньшего диаметра, чем стандартная коронка. Чтобы увеличить диаметр керна на 1 порядок при замене стандартных коронок на специальные, необходимо диаметр скважины увеличить на 2 порядка. В связи с этим минимальный диаметр двойной колонковой трубы при бурении слабых пород следует принять равным 76 мм (против 46 мм в предыдущих случаях).

За последние годы в зарубежной практике алмазного бурения стали шире применяться двойные колонковые наборы с выходом промывочной жидкости под торец коронки не только при бурении скважин сравнительно большого (76 мм и более), но и малого диаметра: 46, 56 и 66 мм в Швеции (трубы типа К-3) и 47,6 и 59,6 мм в Австралии и ряде других стран.

В СССР в настоящее время наиболее распространено алмазное бурение коронками диаметром 59 мм, в дальнейшем бурение этими коронками будет составлять не менее половины всего объема бурения алмазами. Это обуславливает необ-

ходимость разработки двойных колонковых труб с выходом промывочной жидкости под торец и для коронок диаметром 59 мм.

**ДВОЙНЫЕ КОЛОНКОВЫЕ ТРУБЫ
С ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ПРОМЫВКОЙ,
ОСУЩЕСТВЛЯЕМОЙ
ПРОМЫВОЧНЫМ НАСОСОМ**

В ВИТР разработаны двойные колонковые трубы для алмазного бурения скважин диаметром 59 и 76 мм.

Трубы первого типа с неподвижной (ТДН-59-1) и вращающейся (ТДВ-59-1) внутренней трубой предназначены для бурения скважин с промывкой водой в монолитных, слаботрешиноватых и трещиноватых породах.

Трубы второго типа (ТДН-59-2, ТДН-76-2, ТДВ-59-2 и ТДВ-76-2) предназначены для бурения скважин с промывкой водой или глини-

стым раствором в трещиноватых и малоустойчивых породах. Технические характеристики двойных колонковых труб первого и второго типов приведены в табл. 56, а их устройство — на рис. 58.

Двойная колонковая труба состоит из наружной и внутренней труб, кернорвательного устройства и переходников. В конструкциях с невращающейся внутренней трубой имеется подшипниковый узел.

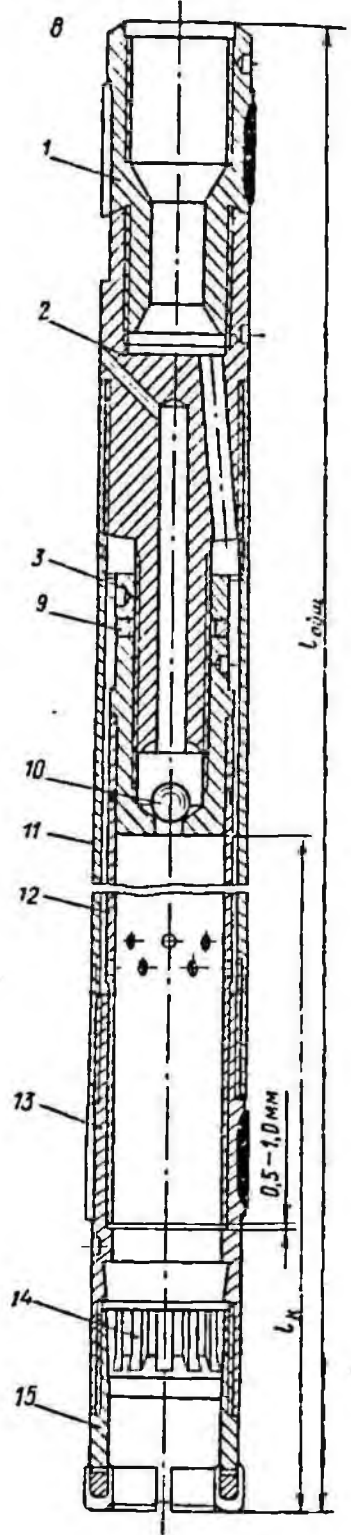
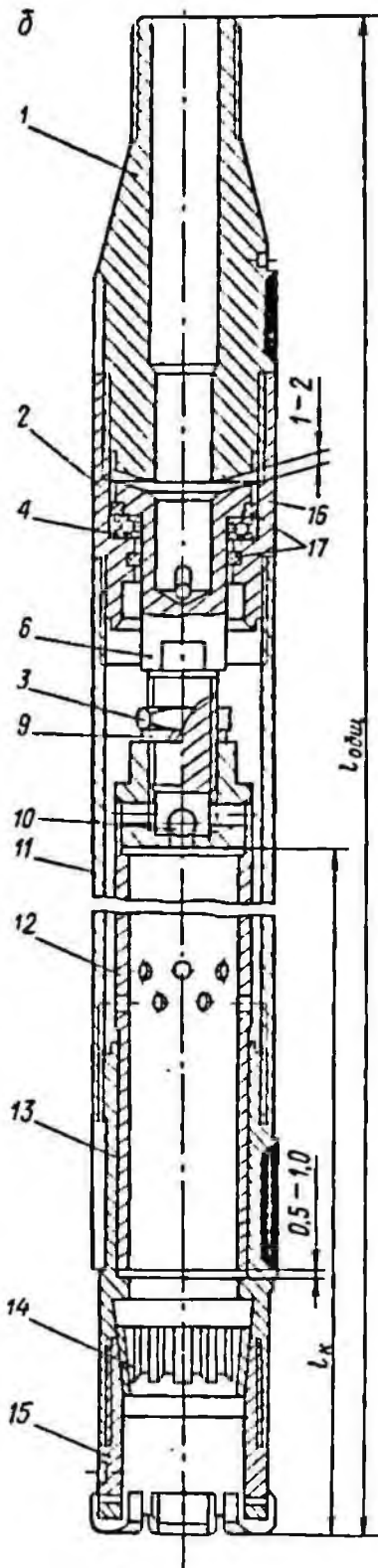
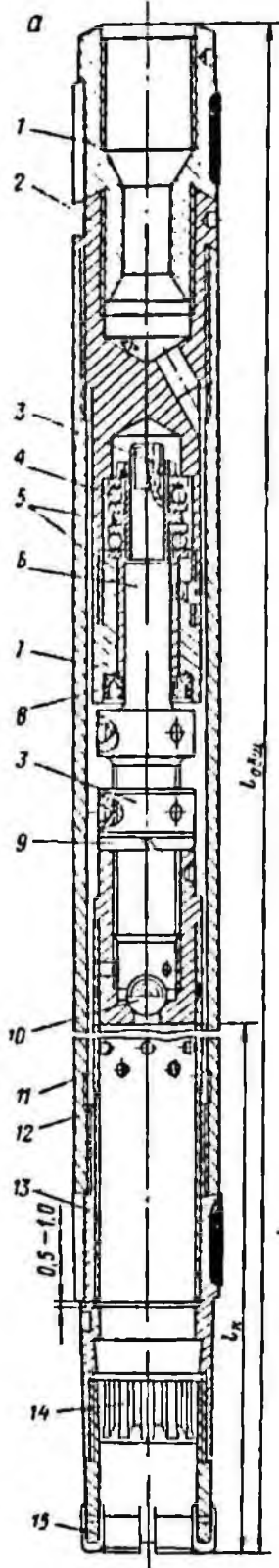
Применение двойных колонковых труб обеспечивает повышение выхода керна, увеличение проходки за рейс и механической скорости бурения по сравнению с бурением одинарными колонковыми трубами. Кроме того, как показывает практика, при бурении двойными колонковыми трубами в ряде случаев значительно сокращается расход алмазов. В настоящее время двойные колонковые трубы типов ТДВ(Н)-1 применяются не только и не столько для увеличения выхода керна, сколько для повыше-

Таблица 56

Техническая характеристика двойных колонковых труб ТДН(В)-1(2) [60, 23]

Показатели	ТДН-59-1	ТДВ-59-1	ТДН-59-2	ТДВ-59-2	ТДН-76-2	ТДВ-76-2
Диаметр алмазной коронки, мм:						
наружный	59	59	59	59	76	76
внутренний	42	42	38	38	52	52
Наружная труба, мм:						
наружный диаметр	57	57	57	57	73	73
толщина стенки	3,5	3,5	3,75	3,75	3,75	3,75
длина	5685	5525	5730	5440	5840	5430
Внутренняя труба, мм:						
наружный диаметр	48	48	45	45	60	60
толщина стенки	2	2	2	2	2,5	2,5
длина (с муфтой)	5470	5470	5485	5485	5485	5485
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб диаметром 50 мм	По ГОСТ 8467-57			По ГОСТ 7909-56		
Длина *, мм	5930	5820	6055	5815	6200	5955
Масса, кг	48	43	52	44,5	69,5	63,5

* Длина керноприемной части 5500 мм.



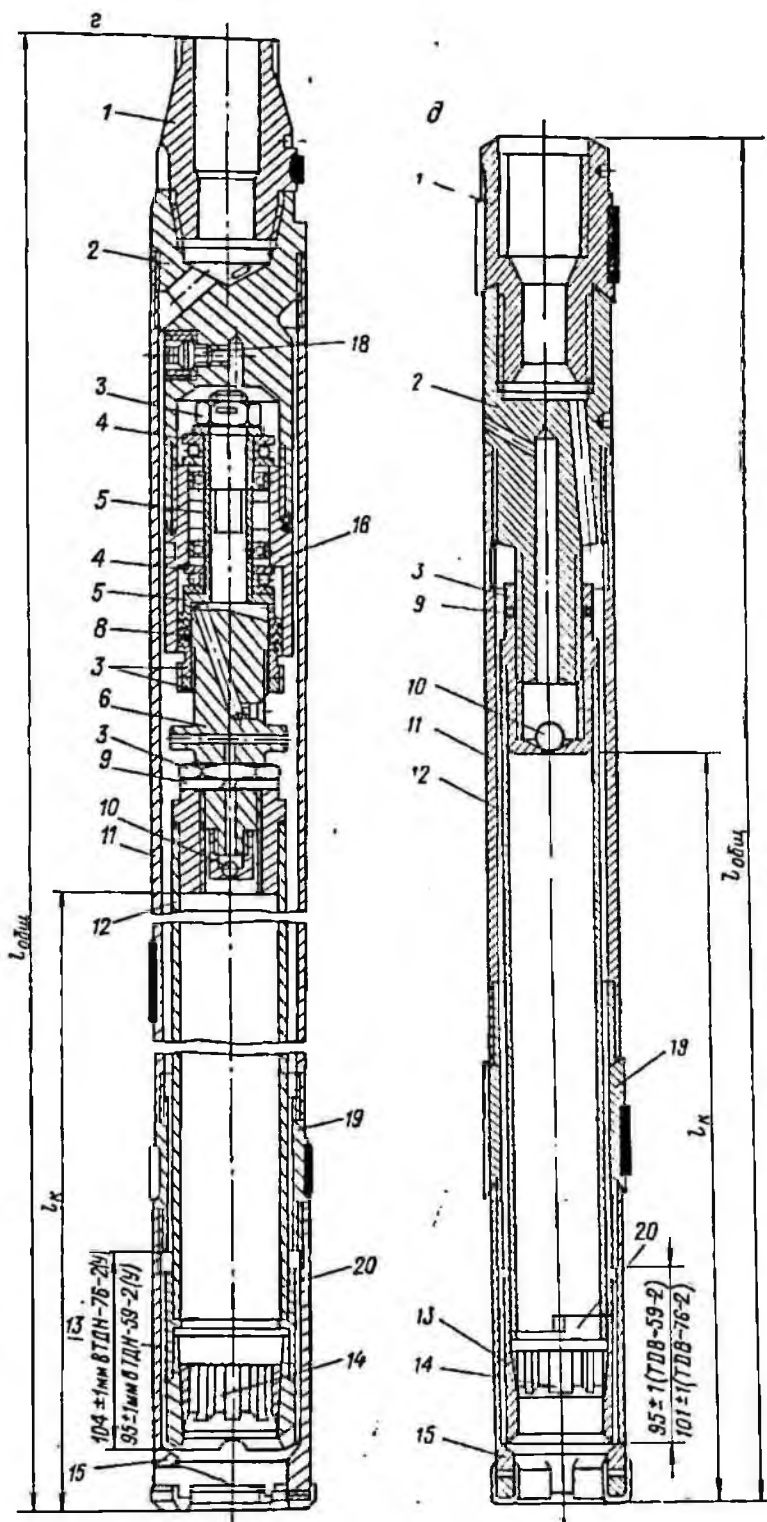


Рис. 58. Двойные колонковые трубы первого (а-в) и второго (г, д) типов.

- а — ТДН-59-1;
 - б — ТДН-76-1;
 - в — ТДВ-59(76)-1;
 - г — ТДН-59(76)-2;
 - д — ТДВ-59(76)-2.
- 1 — износостойкий переходник; 2 — переходник; 3 — гайки; 4 — упорные шарикоподшипники; 5 — втулки; 6 — вал; 7 — корпус подшипника скольжения; 8 — манжеты; 9 — пружинная шайба; 10 — обратный клапан-шарик; 11 — наружная; 12 — внутренняя труба; 13 — корпус кернорвателя; 14 — кернорвальное кольцо; 15 — алмазная коронка; 16 — корпус узла подвеса (подшипникового узла); 17 — уплотнительные прокладки; 18 — маслянка; 19 — расширитель; 20 — упорное кольцо.

тия показателей по механической скорости и проходке за рейс при бурении монолитных и слаботрешиноватых пород. Очевидно, эта практика целесообразна и в дальнейшем — в период широкого освоения бурения с применением двойных колонковых труб.

При бурении в очень сложных условиях (раздробленные, брекчи-

рованные, хрупкие, размываемые породы) трубы типа ТДВ и ТДН первого и второго типа не всегда позволяют получить качественный керн. Для этих случаев ВИТР разработаны конструкции специальных двойных колонковых труб типа ТДН-76(93)-О и ТДН-76-4 (рис. 59), основные параметры которых приведены в табл. 57.

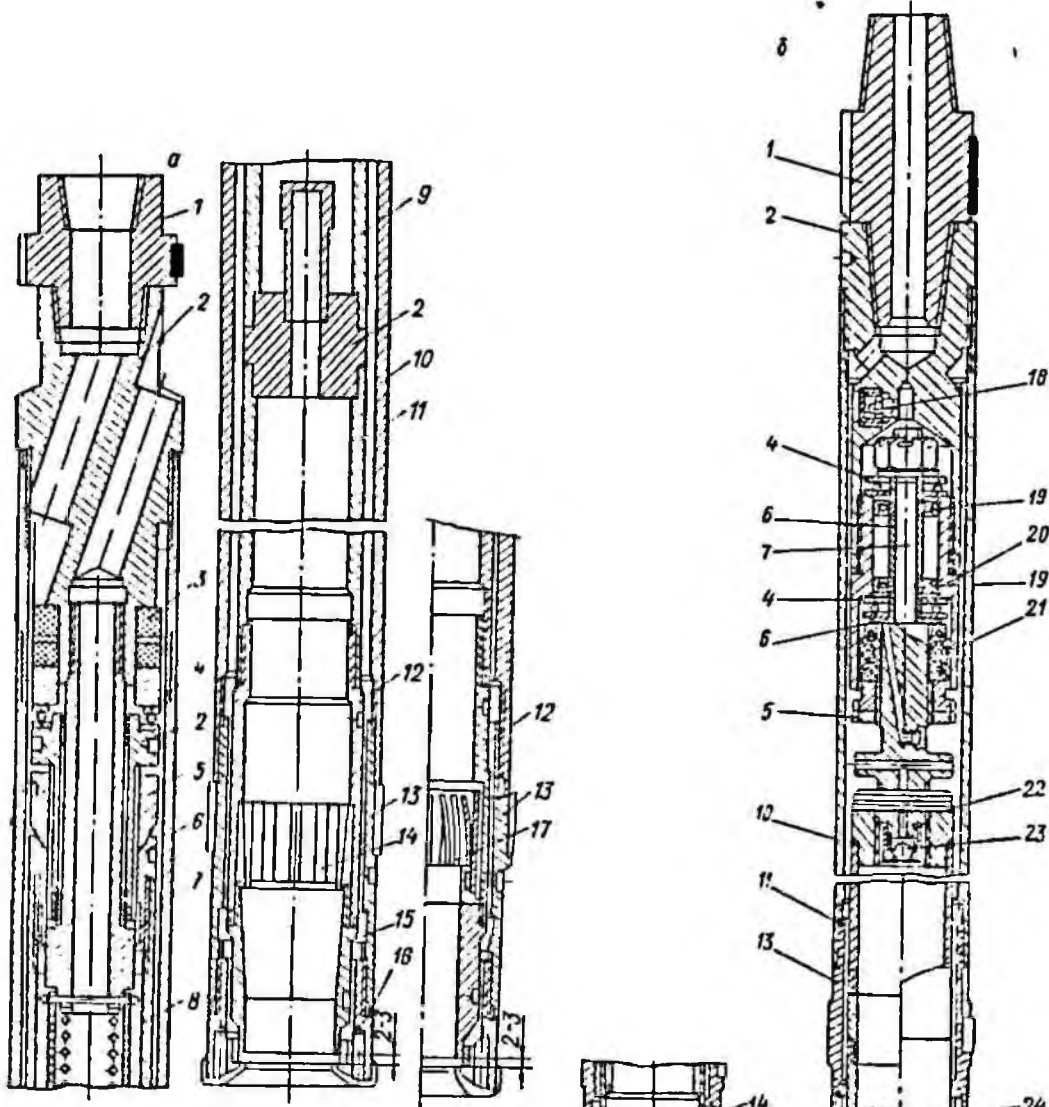


Рис. 59. Двойные колонковые трубы ТДН-76-О (а) и ТДН-76-4 (б).

1 — износостойкий переходник; 2 — переходник; 3 — сигнализатор самозаклинивания керна; 4 — упорные шарикоподшипники; 5 — гайки; 6 — втулки; 7 — вал; 8 — фильтр; 9 — шламовая; 10 — наружная; 11 — внутренняя труба; 12 — упорный переходник; 13 — расширитель; 14 — кернорвательное кольцо; 15 — корпус кернорвателя; 16 — алмазная коронка; 17 — кернорвательные пружины; 18 — масленка; 19 — радиальные подшипники; 20 — корпус; 21 — шевронные манжеты; 22 — пружинная шайба; 23 — обратный клапан-шарик; 24 — проводочный кернорватель.

Таблица 57

Техническая характеристика специализированных двойных колонковых труб [60]

Показатели	ТДН-76-О	ТДН-76-4
Диаметр коронки, мм:		
паружный	76	76
внутренний	42	46
Наружная труба:		
наружный диаметр, мм	73	73
толщина стенки, мм	3,75	3,75
длина, мм	3040	3815
материал	По ГОСТ 6238—52	
Внутренняя труба:		
наружный диаметр, мм	57	57
толщина стенки, мм	3,75	3,75
длина, мм	1900	3410 (с муфтой)
материал	По ГОСТ 6238—52	
Шламочная труба:		
наружный диаметр, мм	57	—
толщина стенки, мм	3,75	—
длина, мм	1000	—
материал	По ГОСТ 6238—52	
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб диаметром 50 мм	По ГОСТ 7918—75	По ГОСТ 7909—56
Общая длина двойной колонковой трубы, мм	3580	4185
Длина керноприемной части, мм	2000	3500
Масса, кг	61	56

Двойные колонковые трубы ТДН-76-О с невращающейся внутренней трубой предназначены для бурения в сильнотрещиноватых и перемежающихся по твердости породах V—X категории по буримости. Особенность их конструкции — возможность создания частичной призабойной обратной циркуляции жидкости за счет снижения гидравлических сопротивлений во внутренней части трубы по отношению к затрубному пространству.

Отличием данной конструкции труб от эжекторных (см. ниже) является создание обратного потока промывочной жидкости не за счет эжектора, а с помощью специального устройства промывочной системы, разделяющего прямой поток жидкости на забое на два направления: во внутреннюю трубу и в затрубное пространство. Для раз-

деления потока промывочной жидкости применяется специальная алмазная коронка с промывочной системой, обеспечивающей направление жидкости на забой через отверстие в торце матрицы. В верхней части колонковой трубы установлен пакер в виде стального закаленного кольца, имеющего увеличенный против стандартных переходников диаметр (на 0,5 мм меньше наружного диаметра скважины). За счет увеличения гидравлических сопротивлений в затрубном пространстве большая часть жидкости направляется с забоя во внутреннюю керноприемную трубу и затем через специальные каналы в верхнем переходнике — в затрубное пространство над колонковой трубой.

Кернорвательное устройство, установленное в нижней части кер-

ноприемной трубы, оснащено кернорвателями двух типов: пружинным (с кернорвательным кольцом), применяемым при бурении в слаботрещинистых породах, и типа «паук» для бурения в сильнотрещинистых породах. Для сбора шлама и раздробленного керна в конструкцию включена внутренняя шламовая

труба, устанавливаемая между подшипниковым узлом и переходником.

Двойная колонковая труба ТДН-76-О работает в сочетании с алмазной коронкой специальной конструкции типа К-20, техническая характеристика которой приведена в табл. 58.

Таблица 58

Техническая характеристика алмазных коронок и расширителей для двойных колонковых труб типа ТДН-76-О и ТДН-76-4

Тип коронки (расширителя)	Диаметр, мм		Зернистость алмазов, шт./карат		Масса алмазов, карат	Твердость матрицы HRC
	наружный	внутренний	объемных	подрезных		
К-20 {	76	42	30—20	50—30	8,1	25—35
	76	42	90—60	50—30	4,4	25—35
КДТ-4А	76	46	30—20	30—20	12,2—18,3	30—35
КДТ-4И	76	46	400—120	50—20	10,0—20,0	30—35
РТД-4-76 и РТД-1-76	76	—	30—20	—	10,0	—

Двойные колонковые трубы типа ТДН-76-4 предназначены для бурения в сильнотрещинистых легко разрушаемых и размываемых породах V—X категорий по буримости. Конструкция труб ТДН-76-4 в целом аналогична конструкции труб ТДН-2, за исключением кернорвательного устройства. Для сохранения керна от разрушения потоком промывочной жидкости последняя выводится на забой через отверстия в торце специальной алмазной коронки. Трубы работают в сочетании с алмазными коронками типа КДТ-4А и КДТ-4И и расширителями типа РТД-1-76 и РТД-4-76 (табл. 58). При этом рекомендуется применять алмазные коронки КДТ-4А для бурения размываемых, сильно разрушенных абразивных пород VIII—X категории по буримости, а коронки КДТ-4И — для бурения в аналогичных более твердых породах X—XII категории. Наиболее эффективная работа двойных колонковых труб имеет место при обеспечении следующих

параметров режима бурения: частота вращения снаряда не более 1000 об./мин, осевая нагрузка на коронку 800—1500 кгс, расход промывочной жидкости до 80 л/мин (вода или глинистый раствор).

Двойные колонковые трубы, особенно с невращающейся внутренней трубой, имеют сложную конструкцию с малыми зазорами при расположении деталей, поэтому сборке труб после замены изношенных частей, хранению и транспортировке следует уделять особое внимание. Во избежание ржавления поверхность труб и резьбы должны периодически очищаться и смазываться солидолом УС (ГОСТ 1033—73). Перевозка двойных колонковых труб должна производиться в закрытых ящиках.

В процессе эксплуатации колонковых труб может иметь место отказ в работе узла подшипников, вследствие чего внутренняя труба вращается вместе с наружной. Это наблюдается обычно при заклинивании подшипников, загустевании

смазки, попадании в узел подшипников промывочной жидкости в случаях износа уплотнений и больших осевых люфтов в подшипниковом узле.

ДВОЙНЫЕ КОЛОНКОВЫЕ ТРУБЫ С ПОГРУЖНЫМ ВОДОСТРУЙНЫМ НАСОСОМ

Из двойных колонковых труб с обратной призабойной циркуляцией промывочной жидкости, создаваемой за счет погружного насоса водоструйного типа (эжекторного), наилучшие результаты показали трубы типа ТДН-76-Э и ТДВ-76-Э конструкции ВИТР, типа ЭКС конструкции Казахского научно-исследовательского института минерального сырья (КазИМС) и типа ДЭС-73 конструкции ЦНИГРИ.

Сущность работы эжекторных колонковых наборов заключается в том, что поток жидкости, нагнетаемый по колонне бурильных труб и обладающий достаточной энергией, вызывает движение жидкости в призабойной части вследствие инжекции. Основной поток, нагнетаемый насосом с поверхности, называется рабочим, поток, возвращающийся по стволу скважины, — инжектируемый. Инжектируемый поток создает призабойную циркуляцию жидкости в обратном основному рабочему потоку направлении.

Трубы типа ТДН-76-Э (рис. 60) полностью изолируют керн от воздействия потока промывочной жидкости. Внутренняя труба, выполненная из труб геологоразведочного стандарта, подвешена на подшипниковом узле и во время бурения не вращается. Труба ТДН-76-Э допускает применение для промывки глинистого раствора повышенной вязкости. Бурение производится специальной алмазной коронкой с выводом жидкости на забой через отверстия в торце коронки.

Трубы типа ТДН-76-Э предназначены для повышения выхода керна

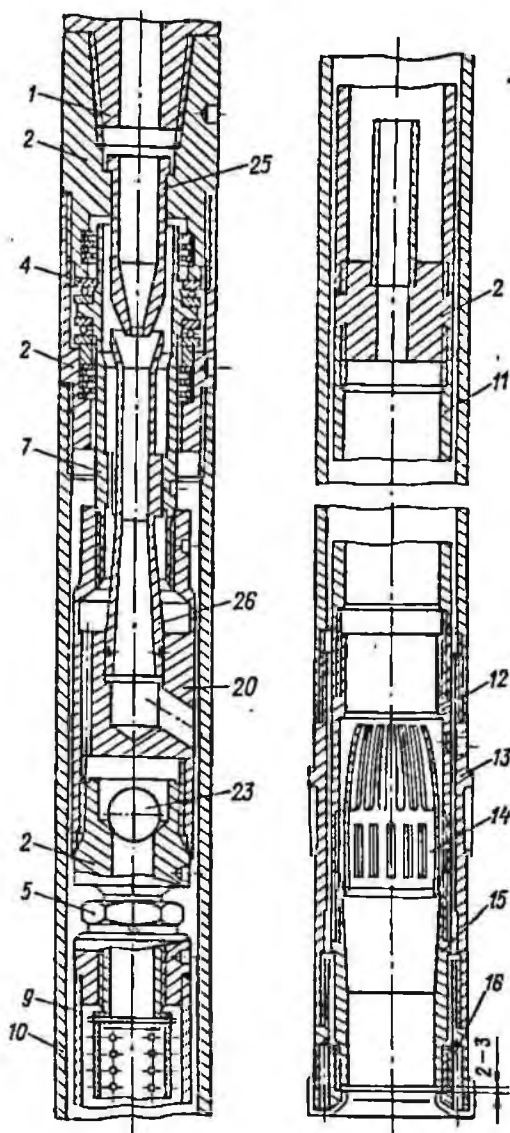


Рис. 60. Двойная колонковая труба ТДН-76-Э.

Усл. обозначения: 1, 2, 4, 5, 7, 9—16, 20, 23 см. на рис. 59; 25 — эжекторное солено; 26 — смеситель.

при бурении сильнотрещиноватых, размываемых промывочной жидкостью, перемежающихся по твердости горных пород VII—XI категории по буримости. При испытаниях этих труб в указанных породах достигнуто повышение выхода керна на 25—30%. Факторами, ограничивающими применение труб этого типа, являются: сложность конструкции, требующая для их обслуживания высококвалифицирован-

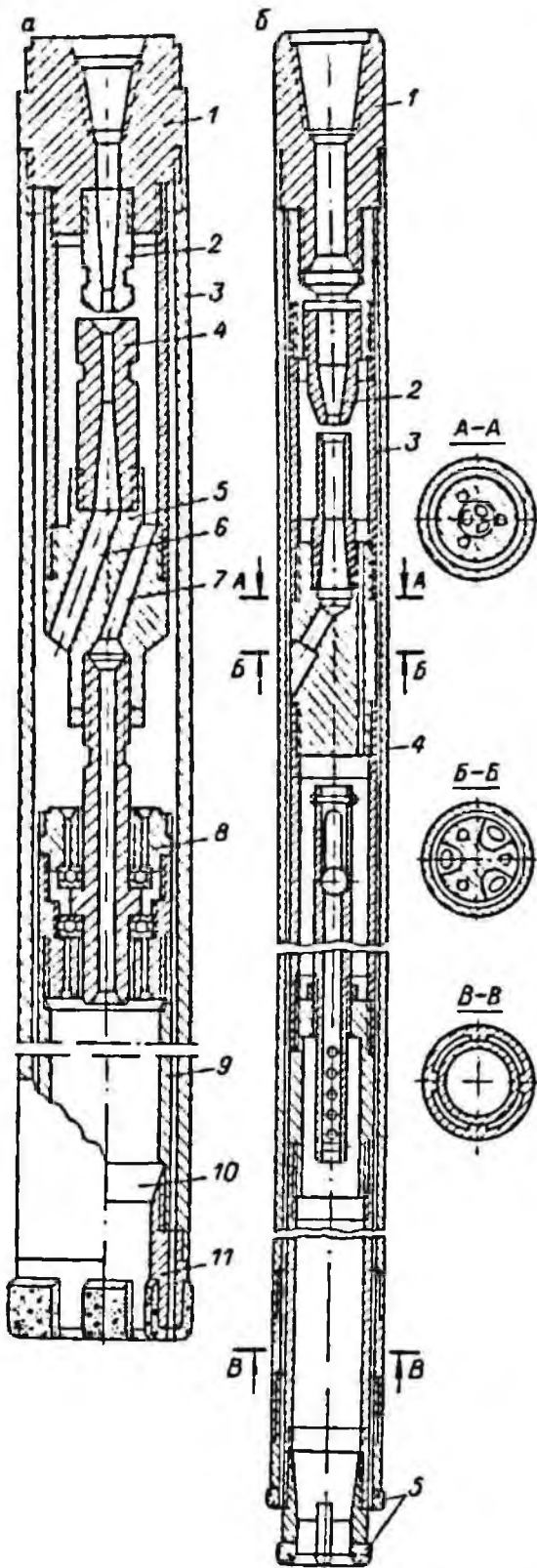


Рис. 61. Двойные эжекторные колонковые снаряды.

а — типа ЭКС конструкции КазИМС: 1 — переходник, 2 — насадка, 3 — наружная труба, 4 — диффузор, 5 — распределительная головка, 6 — канал нисходящего, 7 — канал восходящего пото-

ного технического персонала, и ограниченная проходка за рейс.

Трубы типа ТДВ-76-Э в целом по конструкции аналогичны трубам ТДН-76-Э и отличаются отсутствием подшипникового узла: внутренняя керноприемная труба при бурении вращается вместе с наружной трубой. Обратный поток промывочной жидкости создается также за счет эжекторного насоса, встроенного во внутреннюю керноприемную трубу. Конструкция труб этого типа допускает использование для бурения как специальных алмазных коронок, так и пары серийных алмазных коронок смежных диаметров (76 и 59 мм).

Трубы типа ТДВ-76-Э предназначены для увеличения выхода керна при бурении в трещиноватых, дробленых, слабо размываемых, не имеющих частой перемежаемости по твердости горных породах VIII—XI категории. При испытаниях этих труб в указанных породах достигнуто повышение выхода керна в среднем на 30%. Применение труб ТДВ-76-Э в определенной мере ограничивается отсутствием надежного специального кернорвателя, так как использование в этих трубах обычного кернорвального кольца при бурении сильно трещиноватых пород в ряде случаев приводит к снижению выхода керна и уменьшению проходки за рейс.

Эжекторный колонковый снаряд ЭКС (рис. 61, а) является двойной колонковой трубой с не вращающимся во время бурения керноприемником. Устройство имеет наружную шламовую трубу и керноудерживающее устройство из стальных проволочек. Обратная промывка осуществляется за счет встроенного

на жидкости, 8 — подшипниковый узел, 9 — керноприемная труба, 10 — кернодержатель, 11 — коронка; б — типа ДЭС-73 конструкции ЦНИГРИ: 1 — переходник, 2 — эжекторное устройство, 3 и 4 — внутренняя и наружная колонковые трубы, 5 — алмазные коронки.

в переходник эжектора. Конструкция трубы позволяет применять в качестве промывочной жидкости глинистый раствор повышенной вязкости, а в качестве породоразрушающего инструмента — алмазные коронки от двойных колонковых труб типа ТДН-4 и ТДН-Э или твердосплавные коронки. Колонковые трубы типа ЭКС применяют для повышения выхода керна при бурении в сильнотрещиноватых перемежающихся по твердости, размываемых промывочной жидкостью горных породах; возможное повышение выхода керна при использовании этих устройств составляет 30—35% по сравнению с одинарными колонковыми трубами.

Двойные эжекторные снаряды типа ДЭС-73 (рис. 61, б) являются двойной колонковой трубой с вращающейся при бурении керноприемной трубой. Обе трубы устройства (внутренняя 3 и наружная 4) геологоразведочного стандарта. Обратная промывка создается встроенным во внутреннюю трубу эжектором 2. КERN удерживается самозаклиниванием. Применение трубы типа ДЭС в трещиноватых, часто перемежающихся по твердости горных породах, по данным ЦНИГРИ, обеспечивает повышение выхода керна в среднем на 30—35%. Для разрушения горной породы на забое используются две серийные алмазные коронки смежных диаметров (76 и 59 мм). Это же является и недостатком трубы ДЭС, так как одновременная работа двух алмазных коронок влечет повышенный расход алмазов и уменьшает механическую скорость бурения.

К двойным эжекторным колонковым устройствам примыкает большое количество конструкций одинарных эжекторных колонковых труб. Наиболее известными из них являются разработанные ЦНИГРИ устройства типа ОЭС-73 (рис. 62) и ОЭЦЛ-57, которые позволяют при

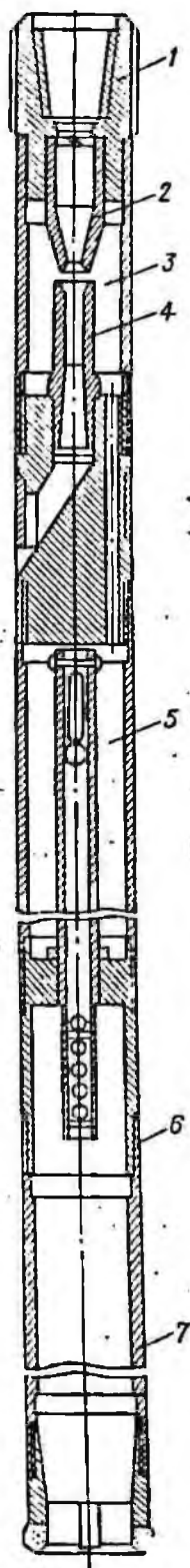


Рис. 62. Одинарный эжекторный колонковый снаряд типа ОЭС-73 конструкции ЦНИГРИ.

1 — переходник; 2 — насадка; 3 — эжекторная часть; 4 — насадка; 5 — шламоборная; 6 — керноприемная часть; 7 — колонковая труба; 8 — алмазная коронка.

бурении в осложненных геологических условиях увеличить проходку за рейс до 30% и повысить механическую скорость бурения на 15%. Бурение производится серийными и специальными алмазными коронками диаметром 59 мм. Для контроля за процессом бурения рекомендуется аппаратура ГП-18, в частности датчики и указатель значений крутящего момента. По резкому увеличению крутящего момента четко фиксируется время прекращения циркуляции жидкости на забое и затирки керна всухую. Одинарные эжекторные устройства рекомендуются для бурения и взятия керна в сложных геологических условиях.

В целом следует подчеркнуть, что эжекторные устройства рекомендуются к применению в рудных зонах с раздробленными, сильно перемежаемыми породами, когда получение кондиционного керна является главной задачей, а некоторое снижение сменной производительности и увеличение расхода алмазов имеют подчиненное значение.

§ 3. БУРЕНИЕ С ВНУТРЕННЕЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНЕ

В последние годы успешно внедряется в разведочную практику, в том числе при алмазном бурении, метод призабойной циркуляции жидкости, создаваемой эрлифтными погружными насосами за счет энергии сжатого воздуха. Этот метод может быть применен в осложненных условиях бурения (трещиноватые, разрушенные породы, поглощающие промывочную жидкость; чередование мягких и твердых пород) в породах IV—XII категории по буримости, а также в труднодоступных и безводных районах, где бесперебойное водоснабжение буровых связано со значительными трудностями. Осуществление призабойной циркуляции жидкости обес-

печивает получение кондиционного керна в ряде случаев, когда при обычном бурении не представляется возможным получить керн высокого качества и в нужном количестве. Конструкции погружных эрлифтных насосов, наземное оборудование и технология бурения с призабойной циркуляцией промывочной жидкости разработаны ВИТР [26].

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭРЛИФТНОГО БУРЕНИЯ

Принцип действия эрлифтного насоса заключается в следующем (рис. 63). Сжатый воздух от компрессора 1 через воздушный расходомер 2 поступает внутрь бурильной колонны 5, далее по внутренней трубке 8 воздух проходит через смеситель 10 и поступает в кольцевое пространство бурильных труб 9 (эти же трубы являются и водоподъемными). Здесь воздух смешивается с промывочной жидкостью. Образующаяся при этом водовоздушная смесь поднимается по кольцевому пространству между трубами 8 и 9 и изливается в скважину через отверстие в переходнике 7. В этот момент происходит непрерывное откачивание промывочной жидкости из бурильной колонны. В то же самое время бурильные трубы заполняются новыми порциями жидкости, поступающей из кольцевого пространства скважины через буровую коронку и колонковый набор 12. Таким образом, происходит обратная замкнутая циркуляция скважинных вод. Шлам с забоя увлекается потоком промывочной жидкости и осаждается в шламоприемниках 11 закрытого и открытого типов.

Конструктивно погружной эрлифтный насос выполнен следующим образом. В колонне бурильных труб диаметром 50/39 или 63,5/51,5 мм свободно подвешивается легкая гибкая полиэтиленовая трубка 8 диаметром 16/12 или

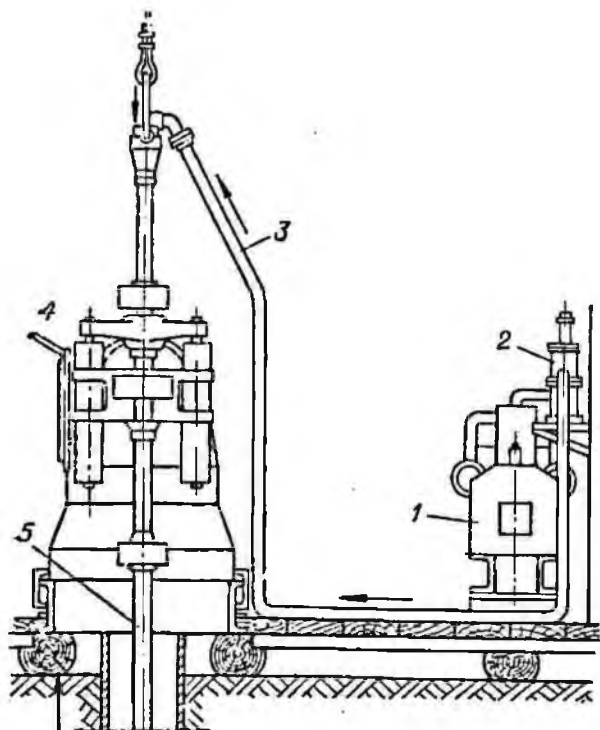
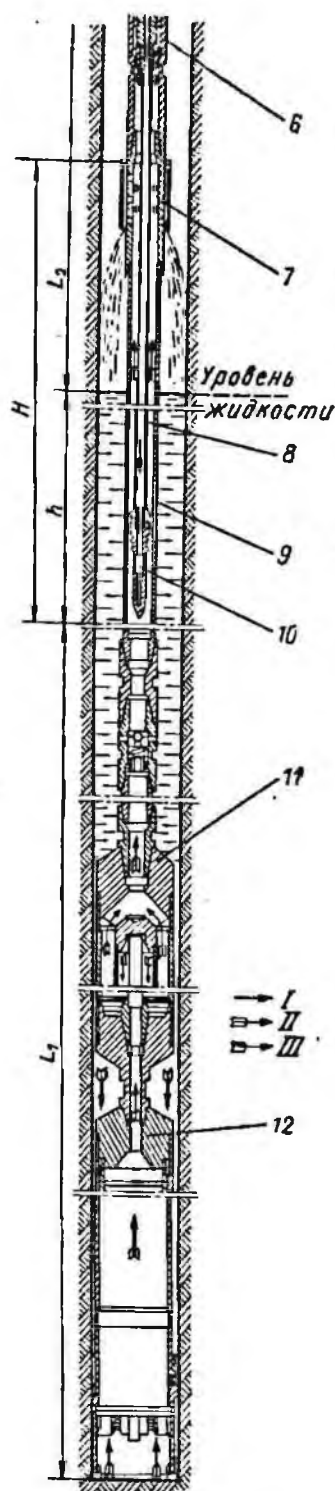


Рис. 63. Схема размещения наземного и скважинного оборудования КОЭН при бурении с эрлифтной промывкой (по Т. М. Илларионовой).

1 — компрессор; 2 — расходомер воздушный; 3 — наземный воздухопровод; 4 — буровой станок; 5 — бурильные трубы; 6 — узел подвески полиэтиленовой трубки; 7 — переходник; 8 — воздухоподводящая полиэтиленовая трубка; 9 — водо-подъемная колонна труб; 10 — смеситель; 11 — шламоприемники закрытого и открытого типов; 12 — колонковый набор. H — длина эрлифта (длина полиэтиленовой трубки); h — глубина погружения смесителя эрлифта под уровень жидкости; L_1 — длина бурового снаряда ниже смесителя; L_2 — расстояние уровня жидкости до поверхности земли; направление движения: I — воздуха, II — воды, III — смеси.



20/15 мм (только в бурильных трубах диаметром 63,5 мм). Роль смесителя выполняет отрезок металлической трубки 10 длиной 1,5—2 м, который одновременно служит дополнительным грузом, облегчающим спуск полиэтиленовой трубки под действием собственного веса. С помощью штуцерного соединения можно производить в случае необходимости сращивание полиэтиленовой трубки.

Порядок операций при спуске эрлифтного насоса в скважину следующий. Вначале опускают бурильные водо-подъемные трубы, ставят переходник на подкладную вилку и в колонну водо-подъемных труб опускают полиэтиленовую трубку

длиной 50—150 м для подвода воздуха к смесителю эрлифта. Спуск полиэтиленовой трубки производится вручную. Верхний конец этой трубки свободно размещается в переходнике 6 бурильной колон-

ны. Крепление трубки в переходнике осуществляется с помощью втулки, имеющей наружную резьбу и внутренние прорези под торцевой ключ. При этом требуется тщательная герметизация соединения, чтобы предотвратить проникновение сжатого воздуха в полость водоподъемных труб. Герметизация достигается при сжатии медной прокладки с помощью натяжной втулки. Техническая характеристика эрлифтных насосов приведена в табл. 59.

Для создания замкнутой призабойной циркуляции промывочной жидкости в скважине при бурении

в сложных геолого-технических условиях с применением эрлифтных насосов в ВИТР разработан (автор канд. техн. наук Т. М. Илларионова) комплект оборудования (КОЭН), включающий:

1) малогабаритный компрессор марки ВК-25-Д1 или ВК-25-Э (рис. 63), обеспечивающий пневматический привод эрлифтного насоса (табл. 60);

2) расходомер воздушный марки РВ-4, служащий для измерения расхода и давления воздуха в нагнетательной линии. Прибор имеет следующие пределы измерений:

Таблица 59

Техническая характеристика эрлифтных насосов [26]

Показатели	НЭ-50П	НЭ-63,5П	
		I	II
Диаметр водоподъемных буровых труб, мм	50/39	63,5/51,5	63,5/51,5
Диаметр воздухоподводящих полиэтиленовых трубок, мм	16/12	16/12	20/15
Производительность эрлифта в максимальном режиме, л/мин	50—40	120—60	110—60
Рабочий напор эрлифта (м вод. ст.) при длине H , м:			
50	5—10	10—23	9—21
70	10—15	16—34	14—31
100	15—20	25—51	22—48
150	25—35	40—90	35—75
Допустимая глубина бурения ниже статического уровня (м) при указанной производительности и рабочем напоре эрлифта при длине H , м:			
50	50—100	50—300	50—250
70	100—200	75—600	75—500
100	250—400	100—800	100—700
150	350—600	200—1100	150—1000
Требующийся расход воздуха (м ³ /мин) при длине эрлифта H , м:			
50	0,5—0,6	1,1—1,2	1,0—1,1
70	0,6—0,7	1,2—1,4	1,1—1,2
100	0,7—0,8	1,6—1,7	1,5—1,6
150	0,9—1,0	2,1—2,2	1,9—2,0

Примечания. 1. Допустимая глубина бурения указана применительно к бурению коронками и долотами диаметром 76 мм и более с промывкой забоя водой. 2. При использовании для промывки глинистого раствора производительность эрлифта и возможная глубина бурения снижаются на 15—25%.

Таблица 60

Техническая характеристика малогабаритных компрессорных установок высокого давления ВК-25 [26]

Марка	Тип и мощность двигателя, квт (л. с.)	Масса, кг	Производительность, м ³ /мин	Давление воздуха, кгс/см ²
ВК-25-Э	Электрический двигатель А2-81-8, 22	1000	1,25	25
			1,6	15
			1,75	10
			1,9	7
ВК-25-Д1	Дизель 2ДСЗ, (20)	1310	0,9	25
			1,0	15
			1,1	10
			1,2	7

расход воздуха — от 0 до 4,5 м³/мин, давление воздуха — от 0 до 6,0 кгс/см²;

3) насосы эрлифтные марки НЭ-50П и НЭ-63,5П;

4) шламоприемники закрытого типа ШП-89 и ШП-108, предназна-

ченные для сбора шлама в процессе бурения (рис. 64);

5) клапан сливной марки КС-50, служащий для предотвращения выдавливания керна жидкостью, находящейся в колонне бурильных труб, и для ее слива в скважину при подъеме снаряда;

6) колонковый набор для алмазного или твердосплавного бурения.

При алмазном бурении следует применять специальные алмазные коронки с развитой промывочной системой. На рис. 65 приведена алмазная коронка диаметром 76/54 мм для бурения с эрлифтной промывкой и одинарной колонковой трубой. Суммарная площадь любого поперечного сечения промывочных каналов в коронках диаметром 76 мм должна составлять не менее 1,5—2,0 см².

Допустимая глубина скважины при бурении алмазными коронками

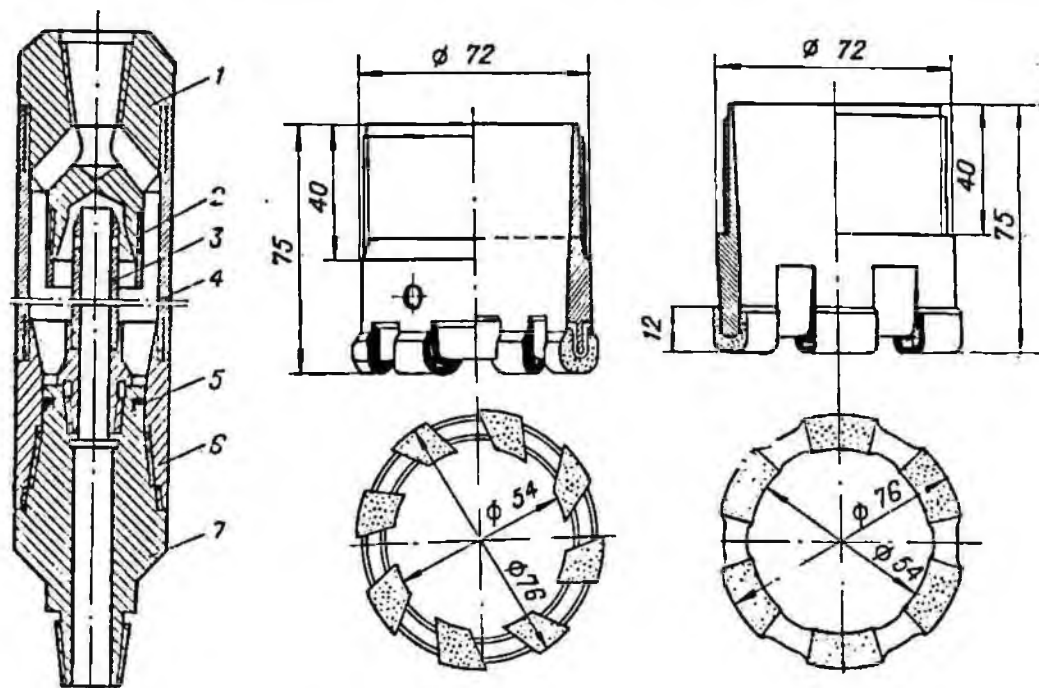


Рис. 64. Шламоприемник закрытого типа.

1 — верхний переходник; 2 — направляющий патрубок; 3 — центральная (шламоотводная) трубка; 4 — наружная труба; 5 — кольцо уплотнительное; 6 и 7 — быстроразъемное соединение.

Рис. 65. Специальная алмазная коронка для бурения с эрлифтной промывкой.

Таблица 61

Допустимая глубина скважины при бурении алмазными коронками диаметром 76 мм (ниже уровня жидкости) с эрлифтными насосами [26]

Насосы	Количество циркулирующей жидкости, л/мин	Рабочий напор насоса, м вод. ст.			допустимая глубина бурения*, м		
		при длине эрлифта, мм					
		60—70	80—100	125—150	60—70	80—100	125—150
НЭ-50П	35	12—16	22—28	35—45	80—100 150—200	200—300 300—500	400—500 600—700
	40	10—12	15—22	30—40	— 80—150	100—150 200—300	250—400 450—500
	50	6—8	10—15	20—25	—	— 100—150	— 200—250
НЭ-63,5П	50	25—32	40—50	65—80	100—150 250—350	350—450 500—700	600—700 800—1000
		24—28	35—45	60—70	— 100—200	100—200 200—350	400—500 500—700
	70	20—25	30—40	52—65	—	— 100—200	150—250 250—350
	80	18—22	26—35	45—60	—	—	— 150—250

* В числителе — коронками 14АЗ (с углубленными каналами), в знаменателе — специальными коронками с развитой промывочной системой. Проверка означает, что при указанном количестве жидкости напор, развиваемый эрлифтом, недостаточен для преодоления суммарного сопротивления в колонковой трубе, заполненной керном ($l_k = 2$ м).

диаметром 76 мм (ниже уровня жидкости) с эрлифтными насосами приведена в табл. 61.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ

Эрлифтный способ создания призабойной промывки скважин обуславливает ряд специальных требований к технологии бурения. Эти требования заключаются в следующем [26]:

— бурильные трубы, располагаемые ниже эрлифтного насоса, должны иметь диаметр 50 или 63,5 мм; предпочтительнее использовать трубы диаметром 63,5 мм для максимального снижения гидравлических сопротивлений в них

и потерь напора при движении промывочной жидкости; следует помнить, что с увеличением гидравлических сопротивлений в буровом снаряде интенсивность промывки падает и качество очистки ухудшается; гидравлические сопротивления в ниппельном соединении бурильных труб в 6—7 раз выше, чем в муфтово-замковом;

— буровой сальник и резьбовые соединения бурильных труб, находящихся над эрлифтным насосом, не должны пропускать воздух, так как утечка его может привести к падению производительности насоса или полному прекращению подачи жидкости;

— включение в состав колонкового набора шламовых труб, водо-

сливного клапана и отсоединительного переходника является обязательным;

— при расходе воздуха в иных количествах, чем указано в табл. 59, а также с увеличением гидравлических сопротивлений в циркуляционной системе (табл. 62) производительность эрлифтных насосов уменьшается и подача жидкости носит пульсирующий характер. Повышение гидравлических сопротивлений возможно при увеличении длины бурильной колонны по мере углубки скважины под статический уровень и постановке бурового снаряда на забой;

— при спуске насоса следует иметь в виду, что отверстия для разлива водовоздушной смеси должны находиться выше уровня воды в скважине на 6—10 м (не менее интервала рейсовой проходки, но не более 10 м);

— спуск эрлифтного насоса производится таким образом: вначале спускаются водоподъемные трубы (если диаметры бурильной колонны и водоподъемных труб насоса различны, необходимо заменить элеватор); после спуска в скважину водоподъемных труб и постановки их на подкладную вилку в колонну

водоподъемных труб эрлифтного насоса спускается гибкая полиэтиленовая трубка; при спуске полиэтиленовой трубки необходимо не допускать резких изгибов трубки во избежание образования трещин, следить, чтобы на резьбе переходника не было металлических заусениц и острых кромок, могущих вызвать образование задиров и царапин на поверхности полиэтиленовой трубки; дальнейший спуск бурильной колонны осуществляется в обычном порядке;

— перед запуском эрлифтного насоса буровой снаряд следует приподнять над забоем на величину хода шпинделя, включить компрессор и подать в бурильную колонну требуемое количество воздуха (при использовании НЭ-50 не более 1,0 м³/мин и НЭ-63,5П — не более 1,25—1,50 м³/мин). В течение некоторого времени избыточное давление воздуха (кгс/см²) в нагнетательной линии возрастет от нуля до максимального значения:

$$p_{\text{пуск}} = (h/10)\gamma,$$

затем произойдет выброс жидкости из бурильной колонны и эрлифтный насос начнет работать. Момент начала работы эрлифтного насоса со-

Таблица 62

Потери напора (м вод. ст.) в алмазных коронках и колонковых наборах, заполненных керном и без керна (по Т. М. Илларионовой)

Количество промывочной жидкости, л/мин	Коронки			Колонковые наборы с коронками			
	серийные		специальные (см. рис. 65)	серийными		специальными	
	О1А3, О2И3	14А3		с керном	без керна	с керном	без керна
20	4	2	0,5	9 (6) *	7 (3)	4,5	2,0
30	9	4	1,0	18 (12)	14 (8)	9,0	5,0
40	15	8	1,5	31 (20)	24 (14)	15,5	8,5
50	22	13	2,0—3,0	48 (30)	35 (20)	23,0	13,0
60	32	18	3,0—5,0	66 (42)	46 (28)	33,0	18,0
70	45	24	4,0—6,0	90 (56)	68 (38)	44,0	24,0
80	64	38	6,0—8,0	115 (73)	88 (50)	55,0	32,0

* В скобках показаны потери напора в колонковом наборе с коронками 14А3 с углубленными каналами.

проводается снижением давления воздуха по сравнению с пусковым давлением (что отмечается по манометру) и характерными звуками выхлопов при выбросе водовоздушной смеси из водоподъемных труб. После запуска эрлифтного насоса и работы его в течение 3—5 мин следует произвести плавную постановку снаряда на забой с вращением. Иногда при постановке снаряда на забой наблюдается снижение давления воздуха. Допустимое снижение давления 0,2—0,25 кгс/см³. В случае более резкого падения давления снаряд необходимо вновь поднять над забоем и промыть забой;

— наращивание снаряда в процессе углубки скважины (в течение рейса) производить только сверху. При этом необходимо прекратить подачу воздуха и снять давление в нагнетательной линии (открыть сбросовый вентиль);

— перед очередным рейсом (по мере углубки скважины под статический уровень) бурильную колонну наращивать только в нижней части (под эрлифтным насосом).

В процессе бурения необходимо выполнять следующие технологические требования:

— рейс начинать при малых осевых нагрузках и только при нормальной работе эрлифтного насоса довести нагрузку до оптимального значения;

— скорость вращения снаряда подбирать так, чтобы уменьшить возможность самозаклинивания керна;

— бурить скважину при рациональных параметрах режима бурения, при которых достигается максимальная проходка без нарушения циркуляции промывочной жидкости;

— тщательно следить за показаниями манометра, чтобы своевременно установить момент прекращения циркуляции жидкости; отсутствие или уменьшение подачи жидкости с забоя (вследствие увеличения

гидравлических сопротивлений на забое и в колонковом наборе) сопровождается падением давления воздуха; допустимое снижение давления в течение рейса 0,5—0,8 кгс/см² (при одинаковых расходах воздуха); при большем падении давления воздуха циркуляция прекращается и следует попытаться ее восстановить; циркуляцию промывочной жидкости можно восстановить периодическим расхаживанием снаряда (на величину хода шпинделя) в сочетании с вращением; если попытки восстановить циркуляцию не дают результата, бурение скважины необходимо прекратить, снаряд поднять и осмотреть его.

При работе с погружными эрлифтными насосами необходим тщательный контроль за расходом и давлением воздуха, поэтому на нагнетательной линии обязательно должны быть установлены расходомер и манометр. В процессе работы расходомера необходимо следить за герметичностью соединений фланцев корпуса и соединений стеклянной трубки прибора, не допуская утечек воздуха; периодически (2 раза в смену) сливать конденсат, скапливающийся в нижней части корпуса расходомера. При эксплуатации прибора РВ-4 необходимо помнить, что истинные показания расхода воздуха он дает лишь при избыточном давлении 5 кгс/см²; при любом другом давлении воздуха показания расходомера следует умножать на соответствующий фактическому давлению поправочный коэффициент K , значения которого в зависимости от давления указаны на шкале прибора.

Для облегчения и ускорения перевода показаний прибора в истинные значения расхода воздуха можно пользоваться номограммой (рис. 66).

Приводим пример пользования номограммой при следующих условиях: показания расходомера — 2,0 м³/мин и манометр

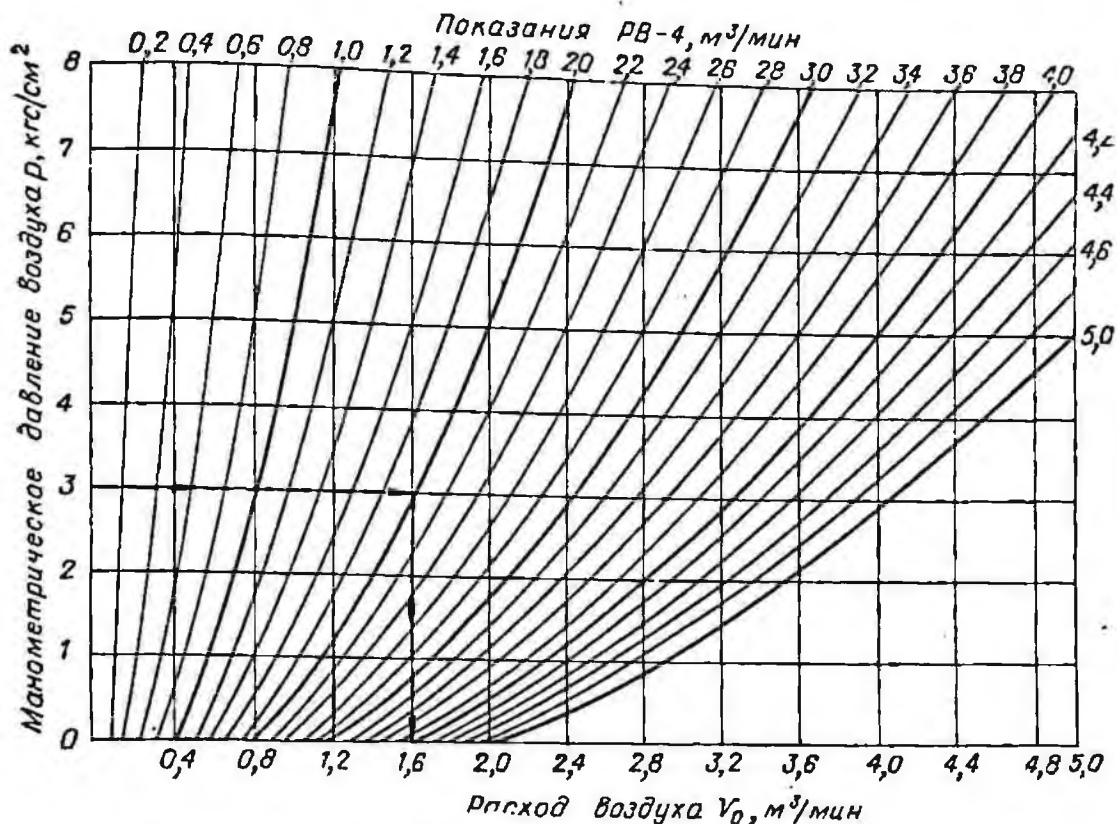


Рис. 66. Номограмма для перевода показаний расходомера РВ-4 в истинные значения расхода воздуха [26].

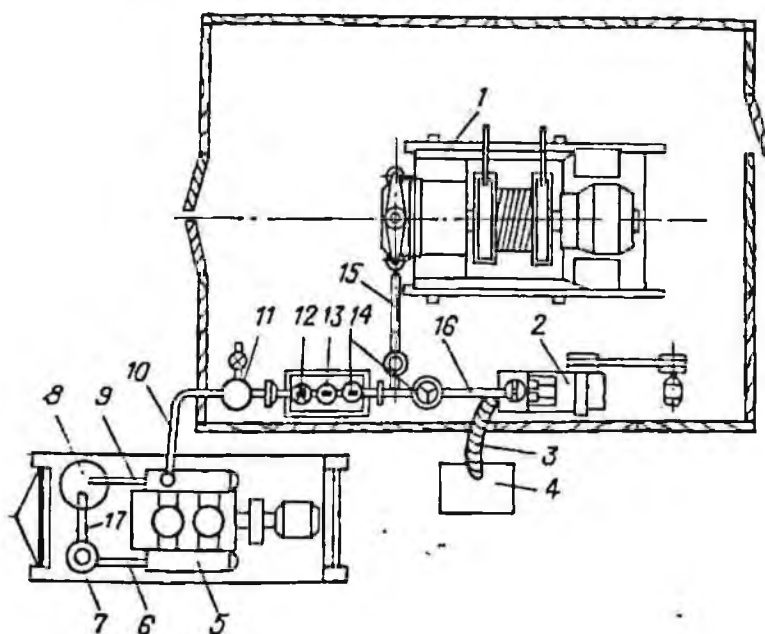


Рис. 67. Схема расположения и обвязки наземного оборудования (по Т. М. Илларионовой).

1 — буровой станок; 2 — буровой насос; 3 — всасывающий шланг бурового насоса; 4 — отстойник с промывочной жидкостью; 5 — компрессор ВК-25Э; 6 и 17 — нагнетательный и всасывающий шланги насоса СЦВ-1,5М; 7 — центробежный насос СЦВ-1,5М; 8 — бак для воды; 9 — шланг для сброса охлаждающей воды; 10 — воздухопровод; 11 — маслолагоотделитель; 12 — расходомер воздушный РВ-4; 13 и 14 — запорные вентили 1 1/2"; 15 — нагнетательный шланг; 16 — трубопровод для подачи промывочной жидкости.

метра — 3 кгс/см². От шкалы давлений из точки $p=3$ кгс/см² проводим горизонтальную линию до пересечения ее с кривой, соответствующей показанию расходомера, равному 2 м³/мин. Из этой точки опускаем перпендикуляр на шкалу расхода воздуха

и в точке пересечения перпендикуляра со шкалой находим истинное значение расхода воздуха $V_0=1,6$ м³/мин.

Рекомендуемая схема расположения оборудования и обвязки в бу-

ровой при работе с эрлифтными погружными насосами приведена на рис. 67.

§ 4. КЕРНОМЕТРИЯ

Метод кернометрии способствует повышенной достоверности геологических материалов, получаемых при обработке (документации) керна.

Метод состоит из следующих операций:

- получение ориентированного керна с помощью специальных приборов — керноскопов;
- структурно-геологическая документация керна;
- ориентация в пространстве с помощью кернометров выявленных структурных элементов с последующей геологической интерпретацией полученных данных [22].

КЕРНОСКОПЫ

Ниже дано краткое описание керноскопов, применяемых в скважинах малых диаметров.

Керноскоп типа «Алтай-57» (рис. 68, а) предназначен для получения ориентированного керна из наклонных скважин алмазного и твердосплавного бурения диаметром 59 и 76 мм. Его работа основана на принципе сверления на забое двух эксцентрично расположенных лунок, положение которых фиксируется измерительным узлом 8, размещенным в корпусе керноскопа 6. Вращение сверл-отметчиков 1 осуществляется гидравлической турбиной 4, приводимой в движение промывочной жидкостью. Керноскоп на колонне бурильных труб опускают в скважину; на расстоянии 0,4—0,5 м от предварительно выровненного фрезой забоя включают промывочную жидкость и производят медленный спуск прибора на забой. Промывочная жидкость через колонну труб, отверстие поршня 9, кольцевое пространство между измерительным узлом и кор-

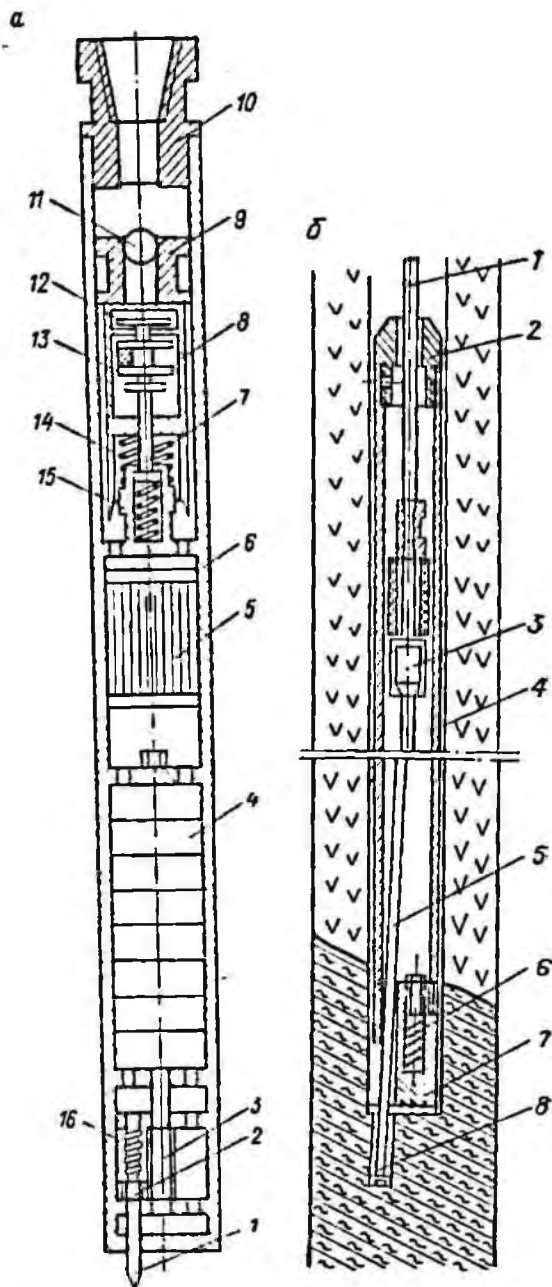


Рис. 68. Керноскопы для получения ориентированного керна в скважинах малых диаметров.

а — типа «Алтай-57»: 1 — сверло, 2 — вал, 3 — шестерня, 4 — гидравлическая турбина, 5 — фильтр, 6 — корпус керноскопа, 7 — шток, 8 — измерительный узел, 9 — поршень, 10 — переходник, 11 — шарик, 12 — лямб, 13 — барабан-отвес, 14—16 — пружины; б — типа «КО-Урал»: 1 — буровая труба, 2 — переходник, 3 — шарнирный переходник, 4 — корпус керноскопа, 5 — вал, 6 — ориентатор, 7 — специальная коронка, 8 — отбурочная коронка диаметром 17 (27) мм.

пусом прибора 6, фильтр 5 попадает в турбину 4, приводя ее в действие. От турбины 4 через шестерню 3 вращение передается валу 2, снабженному твердосплавными

сверлами 1. Эти сверла за 2—5 мин высверливают на забое скважины метки-лунки. Во время сверления ориентирующих меток отвес 13 с лимбом 12 под действием эксцентричного груза устанавливается в апсидальной плоскости скважины. Для фиксации лунок после прекращения бурения сбрасывается шарик 11, который перекрывает отверстие в поршне 9. Поршень под действием промывочной жидкости передвигается вниз и перемещает измерительный узел 8. Шток 7 сжимает пружины 14 и 15, что приводит к защелкиванию цангового держателя. После этого керноскоп поднимают на поверхность и отбуривают керн обычным способом. Положение меток на забое относительно апсидальной плоскости определяют по лимбу керноскопа 12.

Отбурочный керноскоп типа КО (рис. 68, б) [37] применяется в наклонных скважинах диаметром 59—112 мм; он представляет собой устройство со специальной твердосплавной коронкой сплошного забоя 7, имеющей эксцентрично расположенное отверстие для прохождения вала 5 с коронкой 8 диаметром 17 (27) мм. Устройство опускают в скважину на колонне бурильных труб. В течение нескольких минут истпают куски керна и выравни-

вают забой коронкой 7. Нажатием па бурильные трубы срезают шпонку, после чего колонна бурильных труб через шарнирный переходник 3 и вал 5 передает осевую нагрузку на отбурочную коронку 8, которая выбуривает на забое исследуемой скважины пилот-скважину глубиной 50—200 мм в зависимости от твердости пород. После отбуривания пилот-скважины ее положение относительно апсидальной плоскости определяют по мениску травления специального устройства — ориентатора 6. Перед спуском прибора в скважину ориентатор тщательно очищают и промывают чистой водой. В скважинах глубиной до 100 м заправку ориентатора производят 3—5%-ным раствором медного купороса. Для глубин до 400 м корпус ориентатора заливают на 60 мм водой и вводят навеску порошкового медного купороса из расчета 30 г/л. Для получения чистого мениска на глубинах до 1000 м применяют кристаллический медный купорос или же порошковый, помещая последний в желатиновую капсулу.

Время, необходимое для получения мениска, зависит от глубины скважины, концентрации раствора медного купороса и составляет 20—80 мин. Мениск наводят при

Таблица 63

Техническая характеристика керноскопов типа КО

Показатели	КО-57	КО-73	КО-89	КО-108
Угол наклона, скважины, градусы			0—85	
Глубина скважины, м			До 1000	
Максимально допустимая глубина нанесения метки, мм	50		200	
Диаметр, мм:				
метки	17		27	
наружный керноскопа	57	73	89	108
отбурочной коронки	17		27	
Длина керноскопа, мм	1160		2200	
Масса, кг	15	25	41	51
Погрешность измерений, градусы	±10		±5	
Жидкость апсидоскопа	3—5%-ный водный раствор медного купороса			

неподвижном положении бурового снаряда и без подачи промывочной жидкости. Затем поднимают прибор и обычным рейсом отбуривают керн. На поверхности сворачивают специальную коронку и вывинчивают ориентатор. Угол керноскопа определяют по мениску травления в устройстве 6. Техническая характеристика керноскопов типа КО приведена в табл. 63.

КЕРНОМЕТРЫ

Исследование ориентированного керна с целью замера элементов залегания слоев и других структурных и текстурных элементов производят в кернометрах типа КР-2 или КР-3.

Кернометр КР-2¹ (рис. 69, а) имеет: горизонтальный лимб 1 с двумя шкалами: на верхней шкале по индикатору 11 устанавливают направление оси керна по азимуту скважины в месте его отбора, на нижней шкале по индикатору 10 снимают азимуты простирания и падения элементов залегания пород в керне 3, имеющем метки 4; вертикальный лимб 6 со шкалой служит для установки угла наклона скважины по индикатору 5; вертикальный лимб 12, закрепленный на визирной трубке 8 с индикаторами 7 и 9, предназначен для установки керна по показаниям керноскопа.

Кернометр КР-3 (рис. 69, б) состоит из следующих основных уз-

Краткая техническая характеристика кернометра КР-2

Цена деления шкалы, минуты	30
Габаритные размеры прибора, мм:	
высота	800
ширина (в плоскости визира)	665
Масса, кг	26

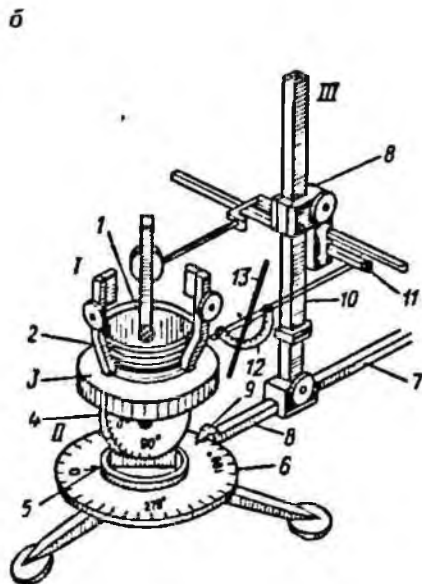
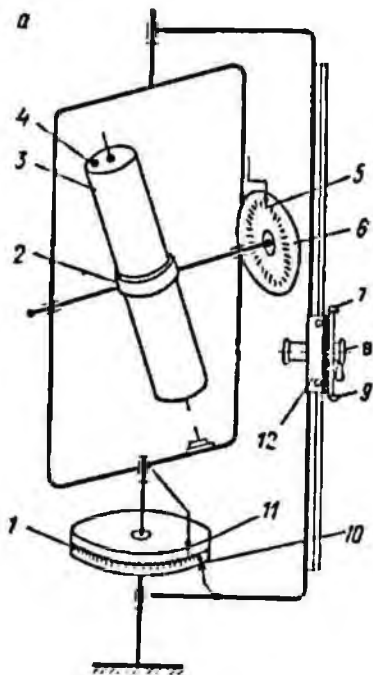


Рис. 69. Кернометры.

а — типа КР-2 (принципиальная схема); б — типа КР-3 (схема).

¹ Авторы разработки И. А. Грибский, М. И. Казанцев, А. С. Пеньков.

лов: зажимного I, измерительного II и визирного III устройств. Зажимное устройство состоит из корпуса 1 с цапговым устройством 2 и зажимным кольцом 3. Измерительное устройство включает в себя лимб 4 наклона скважины, горизонтальный лимб 6, индикатор отсчета 5 азимута и наклона скважины. Визирное устройство состоит из планки 7 с насечкой и индикатором отсчета 9 угла керноскопа и азимутов падения структурных элементов, кареток 8, телескопического штатива 10, подвижных коромысел 11 и вертикального

лимба 12 (с визирным усом 13) для определения углов наклона структурных элементов.

ГУСТОТА ОТБОРА ОРИЕНТИРОВАННОГО КЕРНА

Густота отбора ориентированного керна в скважинах зависит от сложности геологического строения, структурных особенностей разбуриваемого участка, характера горных пород, назначения буровых работ.

Некоторые рекомендации по густоте отбора ориентированного кер-

Таблица 64

Рекомендации по густоте отбора ориентированного керна (по М. И. Казанцеву)

Условия отбора	Рекомендация по густоте и характеру отбора ориентированного керна
Наличие крупных структур; сохранение в кернах постоянного угла падения пород (по отношению к оси керна) или незначительное его изменение	1—2 образца
Изменение углов падения пород или отсутствие структурных элементов	2—3 образца и больше
Скважина средней глубины (до 300—500 м)	Не менее 2 образцов с верхних и глубоких горизонтов
Глубокие скважины (800—1200 м и более)	Не менее 3—4 образцов в зависимости от глубины скважины и сложности разреза
Разбуривание площади по сетке	Отбор производится с постоянных глубин во всех скважинах
Скважина опорной сети; структурные скважины (рис. 70, а)	Отбор производится при изменении угла падения структурных элементов к оси керна; при изменении пород (желательно на их контактах)
Рассланцованные толщи с неясно выраженной или скрытой слоистостью:	Через 50 м; рекомендуется изготовление ориентированных шлифов
направление сланцеватости совпадает со слоистостью или близко к ней	Через 25 м; обязательно изготовление ориентированных шлифов. Рекомендуется брать контрольные образцы ориентированного керна через каждые 150 м проходки
резкое несовпадение направления сланцеватости и слоистости	Через интервалы от 50 до 100 м в зависимости от назначения буровых работ
Изучение интрузивных и эффузивных пород	Обязателен отбор повторных образцов ориентированного керна независимо от места взятия предыдущих
Подсечение зоны разлома (рис. 70, б)	Обязателен отбор повторных образцов: после увеличения угла, на интервале выполаживания
Подсечение поверхности стратиграфического перерыва (рис. 70, в)	после увеличения угла, на интервале увеличения
Изменение углов падения пород по отношению к оси керна (рис. 70, г, д):	
при увеличении до 90°	
при выполаживании до 0°	

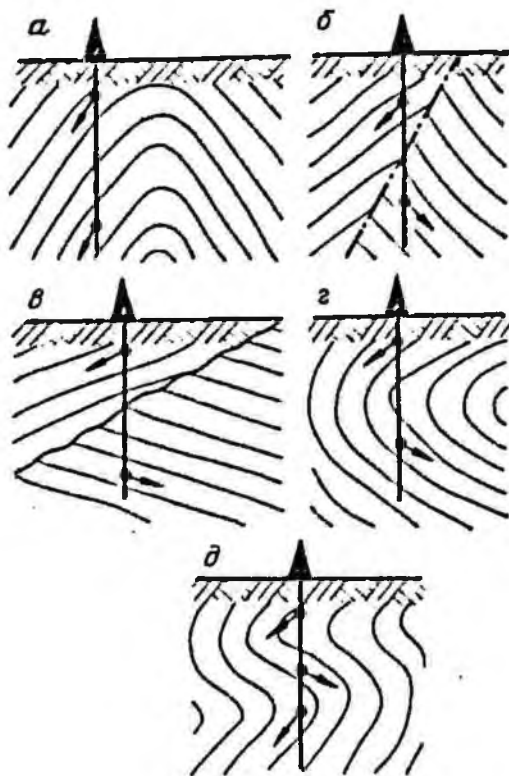


Рис. 70. Характеристика условий отбора ориентированного керна по М. П. Казанцеву (см. табл. 64).

на в зависимости от различных геологоструктурных и других условий приведены в табл. 64 [34] (рис. 70).

§ 5. ОТБОР И ХРАНЕНИЕ КЕРНА

В целях обеспечения сохранности и последовательности керна, отвечающей разрезу пород по скважине, необходимо извлекать его из колонковой трубы с соблюдением максимальной осторожности. Керн, извлекаемый из колонковой трубы после каждого рейса, принимается буровщиком, обмывается от частиц мягкой породы, шлама и заклинившего материала и складывается в специальные керновые ящики; керн рыхлых или растворимых пород очищается от загрязнения без промывки.

Керновые ящики должны обеспечивать надежные условия для хранения и транспортировки керна. Ящики изготавливают из дерева или других плотных материалов;

размеры ящиков $1 \times 0,5 \div 0,6 \times 0,1$ м; на торцевых сторонах ящики должны иметь рукоятки для удобства переноса и погрузки. Высота стенок и количество отделений в ящиках должны соответствовать диаметру укладываемого керна. Бурение скважин при отсутствии керновых ящиков запрещается.

Укладка керна (рис. 71) производится слева направо в каждом отделении кернового ящика. Сверху, на боковых стенках и продольных перегородках должны быть нанесены слева направо стрелки, указывающие порядок укладки керна. Укладка керна в ящики «змейкой» не допускается.

Укладывать керн в ящики следует плотно, без промежутков между отдельными кусками, в строгом соответствии с расположением кусков по разрезу скважины. Куски разбитого керна совмещаются при укладке по плоскостям раскола. Мелкие кусочки керна, точное местоположение которых в интервалах не установлено, завертываются в плотную оберточную бумагу или

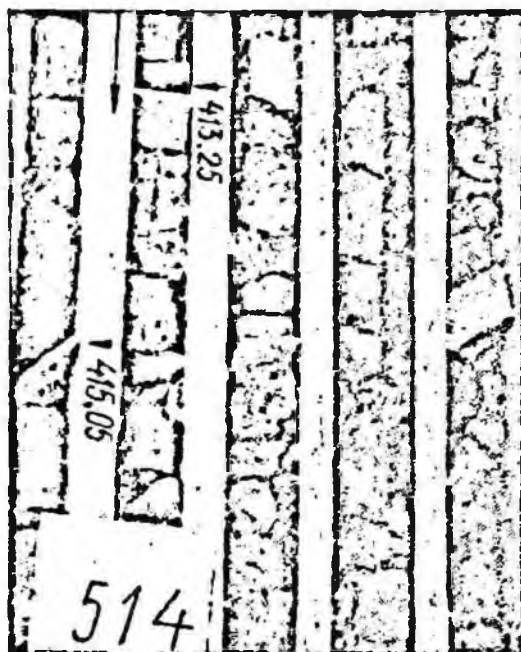


Рис. 71. Укладка керна твердых пород в керновом ящике.

полиэтиленовую пленку и кладутся в верхней части интервала. Образцы разрушенного или сыпучего керна помещаются в полиэтиленовые или плотные матерчатые мешочки и в том же порядке укладываются в отделения керновых ящиков. Кери быстро выветривающихся или разлагающихся видов полезных ископаемых хранятся в особых условиях: парафинирование, помещение в капсулы, герметические сосуды и т. п.

Шлам при отборе должен быть упакован в полиэтиленовые или плотные матерчатые мешочки по размерам отделений керновых ящиков и уложен в конце соответствующего интервала бурения.

В конце каждого интервала (рейса), по которому поднят керн, бурильщик ставит деревянную бирку, отвечающую размеру отделения ящика и разделяющую керн соседних интервалов. Местоположение бирки обозначается на перегородках ящика поперечным затесом и стрелкой, нанесенной карандашом. На бирке простым черным карандашом четко выписываются интервал глубин (от—до) и длина интервала в метрах с точностью до 0,01. К бирке прилагается этикетка на извлеченный керн по форме, соответствующей унифицированной форме геологической документации [30]. Бирка вкладывается также после собранного шлама, но в этом случае в этикетке вместо длины керна отмечается в граммах количество собранного шлама.

Ящики, заполняемые и заполненные керном, должны быть закрыты плотными крышками и находиться в помещении буровой вышки. Хранение на вышке более 5 (для медленно буримых пород) — 10 (для быстро буримых пород) заполненных керном ящиков не допускается. Крышки заполненных керном ящиков перед транспортировкой прибивают гвоздями. На крышке и торце каждого ящика несмываемой крас-

кой четко наносят следующие данные: наименование участка, организации, производившей бурение; номер скважины; глубина от—до (м); год производства работ.

Заполненные керном ящики вывозят в кернаразборочные или кернохранилища для детальной геологической обработки керна и передают работнику, ответственному за кернохранилище, с оформлением передачи в специальном регистрационном журнале. Если скважины удалены от баз партий и расположены в труднодоступных участках, керн может сохраняться на буровой до окончания бурения.

Ответственность за выход керна, правильное его извлечение из колонковой трубы, укладку в керновые ящики, этикетирование, маркировку и хранение на буровой несет буровой мастер и бурильщик; ответственность за снабжение керновыми ящиками и своевременный вывоз керна в кернохранилище несет буровой мастер.

Ответственным за геологическую документацию скважин является геолог (гидрогеолог) партии (участка), который обязан:

— следить за нормальным выходом керна, особенно по полезному ископаемому, и при недостаточном выходе своевременно привлекать лиц технической службы для принятия необходимых мер (ограничение проходки за рейс, улучшение качества глинистого раствора, тампонирующее скважин, применение двойных колонковых труб и т. д.), следить за правильным и полным извлечением керна из колонковой трубы, уточнять выход керна по полезному ископаемому линейным (при извлечении сравнительно монолитного керна в виде столбиков и плашек), объемным или весовым (при извлечении раздробленного керна) способами;

— проверять правильность укладки керна в керновые ящики, соответствие этикетирования его поле-

вым журналам и фактически извлеченному керну, удостоверяя проведенную проверку подписью в этикетке;

— проверять правильность определения техником-геологом пород при описании керна, полноту и качество изложения геологических данных, своевременность и правильность ведения полевого журнала, геологической документации скважины;

— устанавливать категории буримости вскрываемых скважинами пород;

— производить контрольные замеры глубин скважин, уровней стояния воды в них, осуществлять контроль за своевременным выполнением замеров искривлений, контроль за проведением и результатами каротажных работ, своевременностью закрытия и правильностью ликвидации скважин;

— следить за своевременным вывозом со скважины, заполненных керновых ящиков.

По мере обработки керна по данным микроскопических исследований уточняется терминология изучаемых пород и создается эталонная коллекция образцов пород района по наименованиям и буримости. Эти эталоны должны быть положены в основу дальнейшей геологической документации, копии их должны находиться на всех участках работ для повседневного использования.

В процессе детального изучения керна допускается его сокращение по скважинам, которые бурят с целью детализации геологического строения района, предварительной и детальной разведки месторождений, разведки источников водоснабжения, гидромеллиоративной съемки и др. По указанным скважинам на хранение оставляются лишь типовые образцы пробуренных пород и полностью керн, полученный по полезному ископаемому.

Сокращение и ликвидация керна производится после его детального геологического описания, отбора необходимых образцов и проб для изучения. Ответственность за правильность сокращения или ликвидацию керна несет главный или старший геолог партии.

Не допускается сокращение керна по скважинам:

— опорным, характеризующим минералого-петрографический и литологический состав горных пород, их стратиграфические взаимоотношения и условия залегания;

— параметрическим, глубоким и сверхглубоким, имеющим научное значение;

— инженерно-геологическим, пригодным для обоснования строительства особо важных объектов (мостов, плотин, крупных шахт и т. п.);

— картировочным, вскрывшим породы фундамента платформы.

Работники, участвующие в изучении и сокращении керна, составляют по каждой скважине соответствующий акт, который утверждается начальником экспедиции (партии) и прилагается к паспорту буровой скважины.

При сокращении керна по каждому прослою отбираются типовые образцы длиной 10—15 см, характеризующие его литолого-петрографические особенности (наличие мелкого переслаивания, слоистости, включений), элементы залегания, тектоники и т. п. При большой мощности однородных пород образцы отбираются через 5—10 м внутри толщи и не менее чем по одному образцу из кровли и подошвы пласта.

Для обеспечения сохранности керна и возможности его просмотра кернохранилища должны быть оборудованы специальными стеллажами, которые устраиваются с расчетом свободного доступа к керновым ящикам.

После утверждения геологических отчетов и запасов керн или образцы сокращенного керна по скважинам могут быть ликвидированы, за исключением:

— керна отдельных опорных скважин, представляющих производственный и научный интерес, в частности для сопоставления с геологическими разрезами других районов и объектов, для монографического описания, для специальных видов исследования и т. д.;

— эталонных образцов всех разновидностей пород и руд данного объекта;

— керна полезного ископаемого в количестве, необходимом для дополнительных технологических и других исследований.

Перечень скважин, керн которых подлежит дальнейшему хранению,

а также порядок отбора типичных образцов пород и руд утверждаются территориальным геологическим управлением (трестом) по представлению руководства экспедиции (партии).

Основанием для ликвидации керна является:

— при текущем сокращении керна разрешение начальника экспедиции (партии);

— по опорным скважинам и типовым образцам, отобранным для длительного хранения в кернахранилищах, решение территориального геологического управления (треста).

Ликвидация керна производится путем надежного закапывания и по каждой скважине оформляется специальным актом [27, 30].

ГЛАВА IX

ПРОМЫВКА И ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН

В современных условиях колонкового бурения на твердые полезные ископаемые очистка скважин от разбуриваемой породы (шлама) производится непрерывно в процессе бурения при помощи промывочных жидкостей (воды, раствора различных солей), а также продувкой сжатым воздухом.

При алмазном бурении твердых монокристаллических пород в качестве промывочной жидкости широко используются вода и эмульсионные промывочные растворы. В тех случаях, когда технологией бурения вода и эмульсионные промывочные растворы не могут быть использованы в качестве промывочной жидкости (осложненные условия бурения), применяются специальные промывочные растворы (безглинистые, глинистые, известковые, меловые и т. п.). Применение этих растворов и особенно эмульсионных промывочных жидкостей уменьшает трение и износ бурового снаряжения, снижает вибрацию, улучшает охлаждение породоразрушающего инструмента, позволяет работать на оптимальных режимах. Одновременно применяемые растворы оказывают воздействие и на разбуриваемую породу.

Промывочная жидкость, применяемая в бурении, должна удовлетворять следующим требованиям:

— полностью очищать забой скважины от разбуриваемой породы, чтобы долото или коронка работали все время в свежем забое;

— предупреждать возможность прорыва пластовых вод в скважину в процессе бурения;

— поддерживать частицы выбуренной породы во взвешенном состоянии во время перерывов в работе, когда промывочная жидкость находится в скважине в полном покое;

— охлаждать породоразрушающий инструмент в процессе бурения.

В случае применения глинистых и солевых растворов в качестве промывочной жидкости, например при комбинированном бурении, они должны обладать соответствующими значениями следующих основных параметров: условная вязкость, водоотдача, суточный отстой, стабильность, содержание песка, статическое напряжение сдвига, толщина фильтрационной корки и показатель рН. Оптимальные значения этих параметров и методы их контроля в процессе бурения общеизвестны и в данной работе не приводятся. Что касается численных значений параметров, то таковые назначаются в зависимости от конкретных условий на месте работ. Ниже дана лишь краткая характеристика водородного показателя рН, так как в полевых условиях часто его значение недооценивается. Вместе с тем роль рН в процессе промывки скважины достаточно велика.

Водородный показатель рН — это параметр, характеризующий концентрацию водородных ионов в промывочной жидкости; значения его выражаются в условных величинах. Для нейтральной среды (чистая вода) $pH=7$, для кислотных рас-

творов $pH < 7$, для щелочных растворов $pH > 7$. Нормальные промывочные растворы должны иметь щелочную реакцию. Для них значения pH лежат в пределах от 8 до 11. При этих значениях pH растворы обладают хорошими тиксотропными свойствами и стабильностью. Замеры значений pH в полевых лабораториях производятся с помощью пономера типа ИМ-2М.

§ 1. ЭМУЛЬСИОННЫЕ ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ

Одним из существенных достижений последних лет в совершенствовании технологии алмазного бурения является применение специальных промывочных жидкостей, которые (помимо выполнения основных своих функций — охлаждения породоразрушающего инструмента и удаления с забоя разбуренной породы) обладают повышенными смазочными, антивибрационными свойствами при одновременном активном воздействии на процесс разрушения горных пород.

Как известно, среди факторов, вредно влияющих на процесс алмазного бурения, существенная роль принадлежит силам трения, возникающим на контакте трущихся пар в системе бурильные трубы — стенки скважины, колонковая труба — скважина, колонковая труба — керн, коронка — забой. Эти силы являются источником вибраций колонны бурильных труб, вызывают усиленный износ труб и породоразрушающего инструмента, способствуют прихватам бурового снаряда, а также самозаклиниванию керна, ограничивая проходку за рейс.

Для комплексного решения проблемы, связанной с устранением вредного влияния сил трения при бурении, в последние годы как в отечественной практике, так и за рубежом проводятся исследования по разработке специальных рецеп-

тур промывочных жидкостей, наиболее полно удовлетворяющих условиям алмазного бурения.

В результате исследований, выполненных в ВИТР, было разработано несколько составов смазочно-охлаждающих жидкостей для алмазного бурения. Многие из них уже прошли широкие испытания в производственных условиях. Разработка новых составов промывочных жидкостей проводится с учетом того, чтобы наряду с приданием им повышенных смазочных свойств обеспечить активное воздействие промывочной среды на процесс бурения путем введения добавок, облегчающих разрушение горных пород и повышающих стойкость алмазного породоразрушающего инструмента.

Установлено, что требуемыми свойствами, при различной степени активности в зависимости от характера горных пород и степени минерализации вод, обладают жидкости составов, приведенных в табл. 65.

Наибольший практический интерес представляют те составы промывочных жидкостей, которые изготавливаются из доступных, недефицитных товарных продуктов нефтеперерабатывающей и химической промышленности. С этой точки зрения заслуживают внимания следующие продукты и составы на их основе: мылонафт (продукт щелочных отходов, получаемых при очистке керосиновых, газойлевых, соляровых дистиллятов нефти); окисленный петролатум; кубовые остатки мыловаренной промышленности и др. К числу наиболее эффективных промывочных сред (по результатам лабораторных и широких производственных испытаний) относится водомасляная эмульсия из кожевенной эмульгирующей пасты, проявляющая свои положительные свойства при алмазном бурении большого круга разновидностей горных пород.

Тип жидкости	Характеристика добавляемого продукта	Концентрация продукта в промывочной жидкости, %
Водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ)	1. Растворимые в воде мыла (натровые соли жирных синтетических кислот и сульфокислот): мылонафт (ГОСТ 13302—67) — смесь натровых солей нафтеновых кислот, воды и небольшого количества минеральных масел; хозяйственное мыло; сульфанола; сульфонат; мыла смоляных кислот; мыла окисленного петролатума (продукт омыления окисленного петролатума с едким натром)	0,2—1,0
	2. Смеси синтетических жирных кислот (например, окисленного петролатума ВТУ 585—56 или ВТУ 630—57)	0,2—1,0
	3. Неноногенные ПАВ: смачиватели ОП-7 и ОП-10 (ГОСТ 8433—57) — оксиэтилированные смеси алкилфенолов	
	4. Смеси натриевых сульфатов вторичных и жирных спиртов (моющие средства «Прогресс» ВТУ 315—58, «Новость»)	0,2—1,0
	5. Кубовые остатки производства моющих веществ	0,5—2,0
Водомасляные эмульсии, активированные поверхностно-активными веществами	1. Паста кожевенная эмульгирующая (ГОСТ 5344—75): минеральное масло, загущенное натровыми солями окисленного петролатума и водой	0,5—2,0
	2. Эмульсол на основе нигрола (60%), натровых мыл смоляных кислот (30%), с добавкой ОП-7 (1%) и воды (9%)	0,5—2,0
	3. Эмульсол на основе нигрола и ОП-7 (или ОП-10)	0,5—2,0
	4. Эмульсола, используемые в металлообрабатывающей промышленности (ГОСТ 1975—75)	0,5—2,0

Выполненные ВИТР впервые в Советском Союзе работы по эмульсионным промывочным жидкостям (1965 г.), широкое освещение результатов бурения в печати и на курсах повышения квалификации бурового персонала геологоразведочных партий, экспедиций и управлений (при ВИТР) дали мощный толчок в развитии данного направления. Наряду с рекомендованными ВИТР составами эмульсий и поверхностно-активных веществ непосредственно в партиях и экспедициях опробован ряд других составов

(добавок), которые также широко внедряются при геологоразведочном бурении.

Остановимся на характеристике некоторых из этих составов, а также на способах их приготовления и применения.

ЭМУЛЬСИИ ИЗ КОЖЕВЕННОЙ ЭМУЛЬГИРУЮЩЕЙ ПАСТЫ

Кожевенная паста (ГОСТ 5344—75) — товарный продукт, выпускаемый отечественными нефтеперерабатывающими заводами для нужд кожевенной промышленности. Пас-

та представляет собой минеральное масло средней вязкости (веретенное), загущенное натровыми мы-

лами синтетических жирных кислот (из продуктов окисленного петролатума) следующего состава, вес. %:

Натровые масла окисленного петролатума	35—40
Неомыленный остаток окисленного петролатума, не более	15
Вода, не более	20
Масло веретенное «З» или «ЗВ»	Остальное, но не менее 25%

Паста вводится в промывочную жидкость (в воду) в соотношении от 1:2000 до 1:50, т. е. в концентрации 0,5—2,0%. Указанная концентрация является оптимальной для снижения коэффициента трения, повышения механической скорости бурения и стойкости алмазных коронок. При концентрации кожевенной пасты в жидкости свыше 2% могут иметь место случаи снижения механической скорости бурения импрегнированными коронками из-за «засаливания» торца коронок.

Получаемая при растворении пасты в воде эмульсия имеет светлокремовый цвет и представляет собой многокомпонентный водный раствор натровых мыл окисленного петролатума и его неомыленного остатка, в котором в виде тонкодисперсной фазы распределено минеральное масло (размер частиц от 1—5 мкм до 0,25 мм).

Эмульсию заданной концентрации готовят из кожевенной эмульгирующей пасты следующим образом. Предварительно производят расчет суммарного объема отстойников и скважины. По полученному объему определяют требуемое количество пасты (кг) согласно табл. 66 или по формуле

$$P = 10KV,$$

где K — заданная концентрация эмульсии, %; V — объем скважины и емкостей, м³.

Расчетное количество пасты отбирают из бочки в отдельную емкость (ведро, бак). При отборе каждой порции пасту необходимо предварительно тщательно переме-

Таблица 66

Требуемое количество пасты (кг) для приготовления эмульсии заданной концентрации [69]

Объем скважины и циркуляционных емкостей, м ³	Концентрация эмульсии, %			
	0,5	1,0	1,5	2,0
1	5	10	15	20
2	10	20	30	40
3	15	30	45	60
4	20	40	60	80
5	25	50	75	100
6	30	60	90	120
7	35	70	105	140
8	40	80	120	160
9	45	90	135	180
10	50	100	150	200

шать перекачиванием бочки, если бочка закрыта, или путем 2—3-кратного перелива пасты в ведро и обратно в бочку. В емкость с расчетным количеством пасты вводится небольшими порциями вода при постоянном перемешивании до образования жидкой подвижной массы. После этого полученную смесь выливают в основную емкость (в отстойник), наполненную водой, и тщательно перемешивают. В зимних условиях в связи с затвердением пасты при низких температурах воду, требуемую для растворения пасты до текучего состояния, необходимо подогревать. Допускается также подогрев пасты с соблюдением необходимых мер предосторожности. Не допускается вводить пасту непосредственно в отстойник, так как в этом случае она плохо эмульгирует: эмульсия получается менее устойчивой и быстро расслаивается.

При соблюдении указанных рекомендаций эмульсия из кожевенной пасты, приготовленная на пресной или слабоминерализованной воде, хорошо сохраняет устойчивость и свои положительные свойства в течение продолжительного времени. Цвет получаемой эмульсии — светло-кремовый.

ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ ОМЫЛЕННОЙ СМЕСИ ГУДРОНОВ

Партней производственно-технической тематики треста Киевгеология (О. Л. Зайонц, М. Ш. Кендис, В. Я. Комар и другие) разработана

технология применения омыленной смеси гудронов (ОСГ) в качестве эмульгирующей добавки к промывочным растворам при алмазном бурении.

Эмульсия на основе ОСГ имеет определенные перспективы при использовании ее на буровых работах (проведены широкие промышленные испытания, и, по данным ее разработчиков [25, 55], эмульсия показывает весьма высокую технико-экономическую эффективность). Для бурения могут быть использованы гудроны как технических, так и растительных жиров или их смесей.

Техническая характеристика смеси гудронов (Гомельский масложиркомбинат)

Кислотное число, мг КОН	60—70
Число омыления, мг КОН	180—200
Молекулярная масса	475—522
Плотность, г/см ³	0,972
Содержание жирных кислот, высвобождаемых при омылении, %	52,4—64
Вязкость по Энглеру (при 50°С), °Е, не более	25°
Температура застывания, °С	Около 0

Смесь гудронов нетоксична, а приготовленная на ее основе эмульсия безвредна. Лабораторные исследования показали, что эмульсия ОСГ снижает поверхностное натяжение воды на границе с воздухом (рис. 72); это свойство смеси гудронов, по данным Днепропетровского горного института, способствует увеличению механической скорости бурения [55]. Кроме того, эмульсионные промывочные жидкости, приготовленные на основе смеси гудронов, обладают меньшей плотностью, чем вода: так, эмульсия с 2%-ной добавкой смеси гудронов (СГ) к воде имеет плотность 0,98 г/см³. Понижение плотности эмульсии, а также ее способность к устойчивой аэрации позволяют осуществлять бурение в условиях частичных поглощений промывочной жидкости.

Оптимальная концентрация ОСГ в промывочной жидкости находится

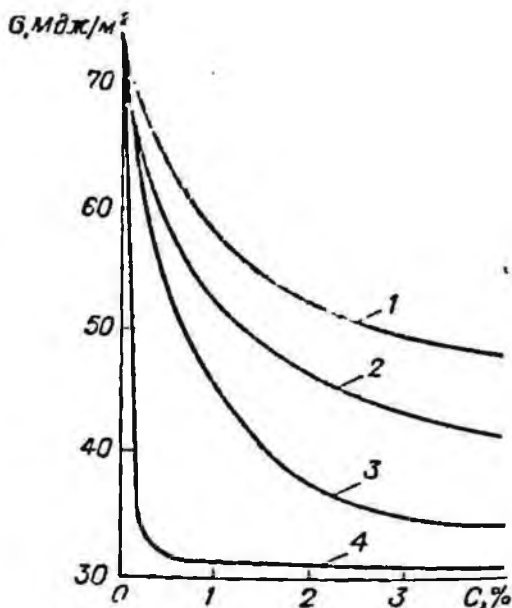


Рис. 72. Значения поверхностного натяжения σ различных эмульсионных промывочных растворов в зависимости от концентрации C эмульсий [25].

1 — кожевенная паста; 2 — смесь гудронов технических жиров; 3 — то же, растительных жиров; 4 — раствор превацелла.

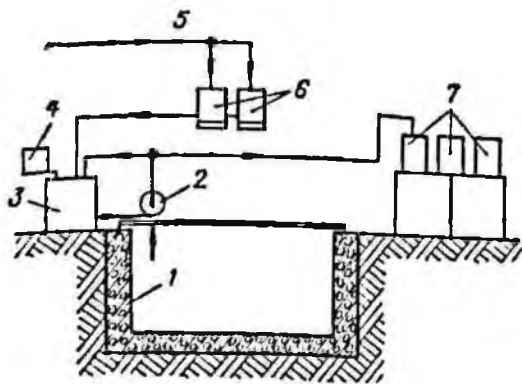


рис. 73. Схема станции для приготовления эмульсионной промывочной жидкости [25].

1 — емкость для хранения эмульсионной промывочной жидкости; 2 — насос; 3 — механическая мешалка (типа глиномешалки); 4, 7 — емкости для различных составов и веществ, добавляемых вготавливаемый раствор; 5 — водопровод; 6 — водонагреватели.

в пределах 1,5—2,5%, зависит от состава СГ и типа горных пород и уточняется лабораторным путем. Увеличение концентрации свыше 2,5% приводит к снижению механической скорости бурения из-за «засаливания» торца алмазной коронки, а также способствует образованию сальников на инструменте [25].

Процесс изготовления эмульсии на базе СГ включает два этапа: предварительное омыление СГ; обработка промывочного раствора эмульсией ОСГ.

Практикой работ установлено, что наиболее удобно в зависимости от времени года пользоваться 30%-ной (в зимнее время) или 50%-ной (в летнее время) эмульсией ОСГ. Омыленную СГ готовят централизованно (рис. 73).

МЫЛОНАФТОВЫЕ ЭМУЛЬСИИ

Лабораторными и производственными работами Красноярского геологического управления доказана высокая эффективность мылонафтовых эмульсий при алмазном бурении.

Мылонафт — это вещество, представляющее собой смесь натровых мыл нефтяных (нефтяных) кислот, собственно нефтяных кислот,

небольшого количества минерального масла и воды. Плотность мылонафта близка к единице; мылонафт нерастворим в воде, инертен по отношению к температуре окружающей среды, безопасен в обращении. Достоинством мылонафта является содержание в нем органических кислот, обладающих наибольшей маслянистостью и применяемых в качестве смазки при сверхвысоких давлениях. Последнее обстоятельство явилось определяющим при выборе мылонафта в качестве исходного компонента для приготовления эмульсионных растворов [88].

Приготовление мылонафтовых эмульсий осуществляется с помощью специальной ультразвуковой установки (см. ниже) одноразовым или многократным прокачиванием смеси через гидродинамический излучатель. Высокостабильные мылонафтовые эмульсии получены при концентрации 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50% и более. Химический анализ показал, что эти эмульсии являются кислыми, их дисперсная фаза — свободные нефтяные кислоты (до 60%), эмульгатор — натровые масла нефтяных кислот (оставшаяся часть мылонафта). Оптимальная концентрация мылонафта в эмульсии составляет 0,5—1,0%, при этом количество масляной добавки в виде свободных нефтяных кислот колеблется в пределах 0,25—0,5%.

Для качественной оценки этих эмульсий введен условный коэффициент K , определяющий отношение количества переведенного в эмульсию мылонафта к его израсходованному количеству; при этом за эталон принята 1%-ная мылонафтовая эмульсия ($K=0,95$), приготовленная при многократном прокачивании смеси. На графике рис. 74 показана зависимость коэффициента K от концентрации мылонафта.

Исследованиями установлено, что отношение количества свободных

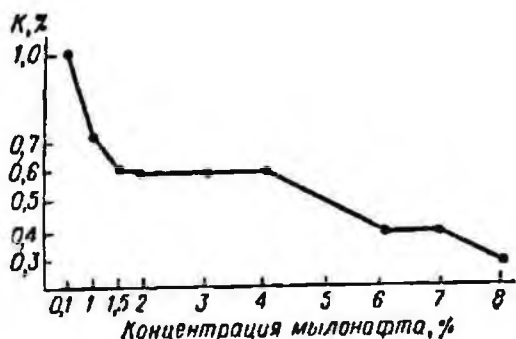


Рис. 74. Изменение значения коэффициента K в зависимости от концентрации мылонафта [88].

нафтенных кислот к общему количеству мылонафта, переведенного в эмульсию, колеблется около 0,6 независимо от методики приготовления. В то же время количество не переведенного в эмульсию мылонафта при одноразовом прокачивании смеси возрастает с увеличением концентрации его в этой смеси. Таким образом, метод одноразового прокачивания смеси через излучатель рекомендуется для приготовления эмульсий низких концентраций (с содержанием мылонафта до 1%). Установлена также возможность разбавления водой эмульсий высокой концентрации для получения эмульсий рабочих составов.

Результаты производственных испытаний мылонафтовых эмульсий 0,75—1,0%-ного содержания, проведенные в Красноярском ТГУ, подтвердили высокую их эффективность. В процессе работы замечено следующее явление. Нигролоканифолевая смазка типа КАВС, имевшаяся на бурильных трубах, под воздействием эмульсии становилась более вязкой и равномерно распределялась по поверхности труб, что способствовало, до определенного времени, улучшению смазывающего эффекта. При этом имело место наибольшее снижение мощности станка в процессе бурения. В дальнейшем смазка смывалась с бурильных труб и скаплива-

лась в призабойной зоне, в результате чего возрастали гидравлические сопротивления, снижалась механическая скорость бурения, увеличивалась вероятность прихвата бурового снаряда в скважине. Отмеченный факт интересен с точки зрения целесообразности совместного применения консистентных антивибрационных смазок и эмульсионных промывочных жидкостей. Комплексное использование смазок и эмульсий целесообразно в зонах трещиноватости и при выпадении кусочков пород из стенок скважины; в зонах поглощения и потери промывочной жидкости; при больших зазорах между бурильной колонной и стенками скважины; при интенсивном искривлении ствола скважины и значительных нагрузках на ее стенки, когда тяжелые условия работы бурильного вала предъявляют повышенные требования к прочности смазывающей пленки.

Применение эмульсий на основе мылонафта при алмазном и других видах бурения позволяет увеличить частоту вращения породоразрушающего инструмента в 1,5—2,0 раза и снизить затраты мощности также в 1,5—2,0 раза, т. е. расширить диапазон использования частот вращения шпинделя буровых станков; увеличить механическую скорость в 1,5—2,0 раза; уменьшить вибрации и улучшить условия работы бурильного вала и породоразрушающего инструмента, повысить их износостойкость; увеличить выход керна [88].

ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ
ЛЕСО- И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ
ЭМУЛЬСОЛОВ ЭЛ-4,
ЭН-4 И СТП-10¹

Большинство продуктов, применяемых в настоящее время (кожевенная паста, мылонафт, сульфано-

¹ По данным В. Н. Горина.

лы, омыленные смеси жировых гудронов и соапстока, флотореагенты, кубовые остатки высших жирных спиртов), а также добавки к глинистым растворам в виде «Смад-1» (смесь солярового масла с окисленным петролатумом) работоспособны только в мягких водах. Это объясняется тем, что в их состав входят натровые соли жирных кислот, нафтеновых кислот, сульфокислот, жирных спиртов и др., нестойкие в кальций- и магнийсодержащих водах. Предельной границей по жесткости для всех этих веществ является содержание в воде кальциевых или магниевых солей в количестве до 5—7 мг-экв./л.

Известно, что районы с водами повышенной жесткости и жесткими занимают существенную часть территории СССР. Вследствие вертикальной гидрохимической зональности вод почти повсеместно с глубиной наблюдается рост минерализации вод вплоть до соленых (с содержанием солей до 370 мг/л). Так, жесткость вод в Криворожском бассейне на глубине 1200 м составляет 280 мг-экв./л, а на месторождениях Дзезказгана на глубине до 300 м — уже 28—32 мг-экв./л.

Большинство же продуктов, привлеченных из разных отраслей промышленности, рассчитано на водопроводные мягкие воды и не обладает необходимой перспективностью; они не работоспособны в широко распространенных гидрохимических условиях. Положение ухудшается при бурении в горных породах с повышенной химической активностью, шламообразующих и адсорбционно-активных, которые требуют высоких концентраций ПАВ.

Активные промысловые жидкости на основе мыл оказываются нестойкими и при низких температурах.

Использование различных масло-жировых гудронов (отходов пищевых комбинатов) при кустарном приготовлении эмульсолов ограничивается санитарно-эпидемиологи-

ческими соображениями, необходимостью разработки антибактерицидных добавок, а флотореагентов — повышенной токсичностью.

В свете отмеченного выше широкое признание находят разработанные ВИТР совместно с Центральным научно-исследовательским и проектным институтом лесохимической промышленности (ЦНИЛХИ) эмульсолы для вод повышенной жесткости и минерализации (ЭЛ-4, ЭН-4 и СТП-10).

Эмульсолы ЭЛ-4 и ЭЛ-3 широко апробированы на объектах с разнообразными гидрохимическими условиями, в широком диапазоне жестких и минерализованных вод (от 2 до 280 мг-экв./л), при повышенных содержаниях в водах солей натрия, калия и др., а также при значениях рН, достигавших 5,35—7,45. В числе главных показателей эффективности ЭЛ-4 — бурение с высокой частотой вращения на следующие глубины, м: 780 об./мин — до 250, 576 об./мин — до 450, 348 об./мин — до 900, 238 об./мин — до 1100.

Получено улучшение других показателей, %: механической скорости — на 22, проходки за рейс — на 27, проходки на коронку — на 59, расход алмазов — меньше на 51.

Таким образом, эмульсия на основе ЭЛ-4 показала себя как средство снижения вибраций снаряда и повышения скорости вращения бурового инструмента на больших глубинах; повышения качества бурения на скоростных режимах (предупреждение самозаклинивания керна и сокращения его потерь от истирания); снижения износа породоразрушающего и другого инструмента.

Затраты времени на приготовление эмульсии при ручном способе не превышали 20 мин на 1 м³ жидкости. Расход эмульсии зависит, как правило, от характера поглощения раствора в скважинах. Наибольшие расходы в период испытаний достигали 2 кг на 1 м бурения.

Эмульсоны ЭЛ-4 и ЭЛ-3 выпускаются Опытным заводом ЦНИЛХИ и капинольно-экстракционным заводом «Вахта» (Горьковская обл.).

Эмульсон ЭН-4. ВИТР совместно с Опытным нефтемаслозаводом им. Шаумяна (г. Ленинград) создана также композиция под названием ЭН-4 (на базе нефтехимических и синтетических продуктов), которая позволяет повысить механическую скорость в труднобуримых роговиках и джеспилитовидных кварцитах (типа месторождений Кривого Рога) в 3,2 раза (в сравнении с водой). Эта композиция устойчива в средах, содержащих кальций и магний до 50 г/л и алюминий и железо до 25 г/л. При добавлении к данному составу хлористого кальция и других солей повышается его морозостойкость; полученная эмульсия не разрушается при -12°C , чего не удавалось достичь ранее на других эмульсонах. Это обстоятельство дает возможность использовать композицию при алмазном бурении в условиях многолетнемерзлых пород.

Эмульсон ЭН-4 — твердообразный продукт, может транспортироваться в ящичной таре или пластмассовых мешках, что позволит освободиться от дефицитной и дорогостоящей металлической или бочечной тары, большая часть которой в условиях геологоразведочных работ остается безвозвратной.

Состав СТП-10 — жидкий эмульсон, не застывающий при низких температурах и не требующий разогрева для освобождения из тары; хорошо эмульгирует при смешивании с водой с образованием устойчивой эмульсии.

ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ НИГРОЛА И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В районах с высокой минерализацией вод или в случаях отсутствия на месте производства работ

товарного эмульсона последний может быть приготовлен на основе двух продуктов: неионогенного поверхностно-активного вещества ОП-10 (или ОП-7) и нигрола. Эмульсионная промывочная жидкость, изготовляемая на основе этих веществ, обладает хорошей стабильностью и сохраняет свое качество в жестких водах. Эмульсон и промывочная жидкость из указанных составляющих могут быть приготовлены двумя способами [10, 69].

Перед приготовлением эмульсионной жидкости подсчитывается объем отстойника и скважины. Содержание ПАВ (ОП-7 или ОП-10) в промывочной жидкости должно быть в пределах 0,4—0,5%. Содержание нигрола может колебаться от 1 до 4% и определяется в основном условиями бурения скважин. При значительной вибрации колонны бурильных труб и необходимости работать на повышенных частотах вращения снаряда содержание нигрола в жидкости должно соответствовать максимуму, и, наоборот, если условия бурения удовлетворительные, т. е. вибрация незначительна, а повышение концентрации нигрола существенно снижает механическую скорость бурения, то содержание нигрола должно быть минимальным.

Потребное количество составляющих (ПАВ и нигрола) находят по формуле

$$P = KQ/100,$$

где P — количество нигрола или эмульгатора (ПАВ), необходимое для приготовления эмульсии, кг; Q — масса приготовляемой эмульсии, кг; K — заданная концентрация эмульгатора или нигрола, %.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ

В настоящее время существует несколько технических способов приготовления эмульсий, из кото-

рых можно выделить наиболее распространенные и применяемые в других отраслях промышленности. Это способы приготовления эмульсий перемешиванием, ультразвуковыми и гидродинамическими ультразвуковыми устройствами, низкочастотными вибрационными устройствами.

Учитывая, что стабильность водомасляных эмульсий обеспечивается, как правило, при высокой дисперсности частиц масла (размер капель менее 1 мкм), чего практически невозможно достичь при механическом перемешивании, наиболее эффективным способом приготовления эмульсий является способ с использованием ультразвукового эффекта. Известно, что звуковые и ультразвуковые колебания, активно воздействуя на вещество, вызывают его коагуляцию и влияют на его растворимость [39].

Опытно-методической партией новой техники Красноярского ТГУ создана ультразвуковая установка с гидродинамическим излучателем для приготовления эмульсионных растворов [88]. Установка состоит (рис. 75) из рамы 2 и саней 14, на которых смонтированы бак 1 (емкостью 300—500 л), электродвигатель 13 и насос 11. Добавляемый в воду компонент (мылонафт, нефть, масло, ПАВ и т. п.), нагретый посредством ТЭН до 50—60°С, заливается в бачок 4 (емкостью 20—30 л). При дозировании вентилем 5 компонент по шлангу поступает в патрубок 10, затем вместе с водой, поступающей из бака 1, подается насосом по шлангу 6 в насадку гидродинамического излучателя 16. Водомерная трубка 15 служит для определения количества заливаемой воды и готовой эмульсии в баке. По манометру 3 контролируется давление смеси, поступающей в излучатель, и настройка последнего на необходимый режим работы. Готовая эмульсия через вентиль 8 и отвод 9 сливается в ем-

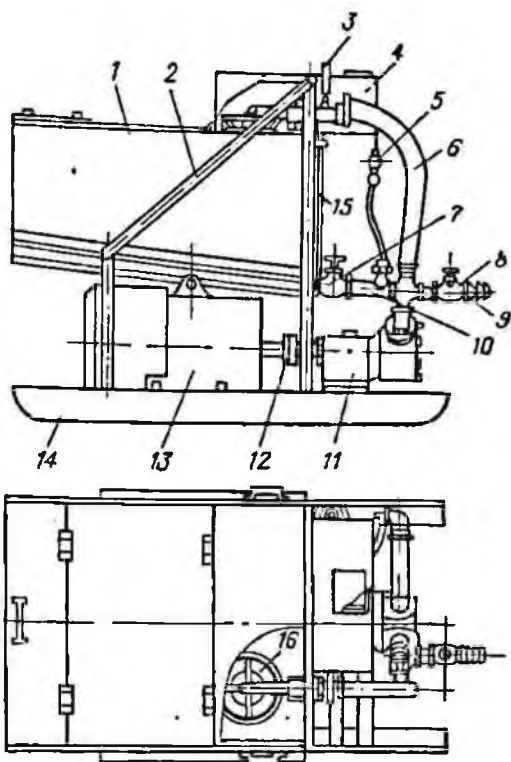


Рис. 75. Ультразвуковая установка для приготовления растворов (Красноярское ТГУ).

1 — бак, 2 — рама, 3 — манометр, 4 — бачок, 5, 7, 8 — вентили, 6 — шланг, 9 — отвод, 10 — патрубок, 11 — насос, 12 — муфта, полужесткого сцепления, 13 — электродвигатель, 14 — сани, 15 — водомерная трубка, 16 — гидродинамический излучатель.

кость для транспортировки или непосредственно в баки промывочной системы буровой вышки.

Принцип работы гидродинамического излучателя: жидкость под давлением 6—8 кгс/см² от насоса поступает в насадку излучателя и распыляется, ударяясь о специально установленный отражатель из пластин. В результате завихрений жидкости образуются упругие колебания, которые усиливаются резонансными колебаниями пластин отражателя, и передаются в окружающую среду. Регулированием величины зазора между насадкой и отражателем получают необходимую толщину выходящей струи жидкости. После настройки на нормальный режим работы излучатель погружают в жидкость и регулировочным устройством добиваются работы

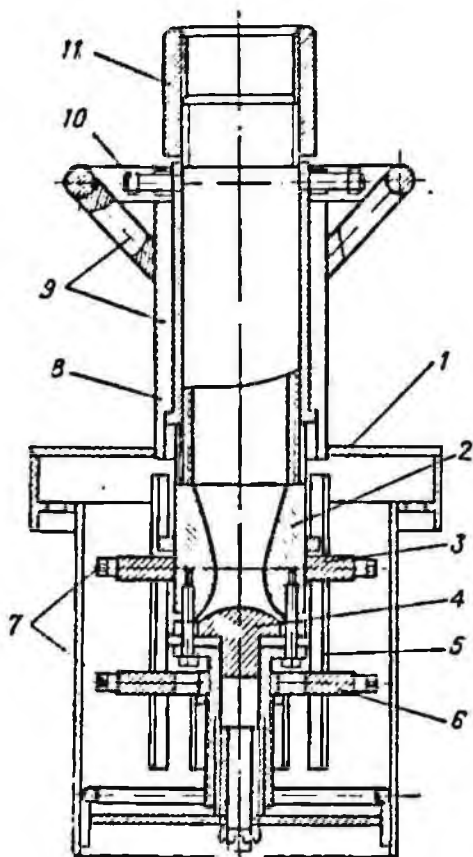


Рис. 76. Ультразвуковой гидродинамический излучатель типа УГИ-С.

1 — корпус, 2 — насадка, 3 — верхнее кольцо, 4 — отражатель, 5 — пластина, 6 — нижнее кольцо, 7 — винт, 8 — труба, 9 — штурвал со втулкой, 10 — стопорный винт, 11 — муфта.

пластин на резонансной частоте; при этом замеряют максимальное звуковое давление, создаваемое из-

лучателем. В качестве ультразвукового преобразователя в установке использован излучатель гидродинамического типа, отличающийся простотой конструкции (рис. 76) и эксплуатации по сравнению с магнито-стрикционными и пьезоэлектрическими преобразователями [39; 88].

В случае приготовления эмульсий в небольших количествах или более высоких концентрациях (5% и более) жидкая смесь может быть прокачана через излучатель несколько раз и обогащена постепенно до заданной концентрации. Одноразовое прокачивание смеси через излучатель позволяет увеличить производительность установки (или производительность процесса приготовления эмульсии) до 3,5—4 м³/ч, в то же время многократное прокачивание смеси обеспечивает получение эмульсий более высокого качества.

Применение ультразвуковой установки позволяет положительно решить вопрос приготовления в больших объемах качественных водомасляных эмульсий и растворов ПАВ, использовать при этом широкий рецептурный перечень компонентов независимо от степени их диспергирования в водной среде или глинистом растворе. Установка весьма надежна в работе; с 1975 г. освоено ее изготовление [88].

Техническая характеристика ультразвуковой эмульсионной установки

Производительность, м ³ /ч	3,5—4,0
Давление на излучатель в процессе эмульгирования, кгс/см ²	6—8
Тип излучателя	Гидродинамический стержневой (УГИ-С)
Частота возбуждаемых колебаний, кгц	6—20
Объем бака, л:	
для воды	400
для масла	30
для эмульсии	50
Тип насосного агрегата	2В-1,6 или 2,5В-1,8
Способ нагрева реагента	С помощью ТЭН
Потребляемая мощность, квт	2,4
Габаритные размеры, мм:	
длина	1150
ширина	720
высота	1420
Масса, кг	200

§ 2. ПРОМЫВОЧНЫЕ ЖИДКОСТИ ПРИ БУРЕНИИ В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

При бурении зон осложнений в зависимости от их характера применяются специальные промывочные растворы.

Для предупреждения, ликвидации поглощения промывочной жидкости или восстановления циркуляции в процессе бурения используются структурные промывочные растворы с пониженной плотностью (аэрированные, бентонитовые). Обычно такие растворы успешно применяются в зонах поглощения, приуроченных к пористым и трещиноватым породам с небольшой интенсивностью поглощения. Для приготовления аэрированных растворов в промывочные растворы или техническую воду вводят различные реагенты — пенообразователи.

В ряде случаев удается предотвратить поглощение промывочной жидкости путем значительного повышения ее структурно-механических свойств, что достигается введением в раствор бентонита, реагентов-структурообразователей (цемента, извести, полиакриламида, жидкого стекла, кальцинированной соды и т. д.), а также закупоривающих наполнителей (опилок, целлофана и т. п.).

При бурении неустойчивых пород, склонных к обвалам и обрушению, необходимо использовать специально обработанные промывочные растворы. Обвалы стенок скважин в неустойчивых породах происходят в результате несоответствия применяемых промывочных растворов геолого-техническим условиям проведения скважин. При этом основными причинами возникновения осложнений являются:

— высокая водоотдача промывочных растворов;

— активное взаимодействие фильтра промывочного раствора с проходимыми породами, вызывающее

их набухание, расслоение и обрушение;

— применение промывочной жидкости с недостаточной плотностью при бурении зон с повышенным пластовым давлением.

Для промывки скважин в осложненных условиях в настоящее время используются следующие растворы, приготовленные на водной основе, растворах солей или нефтяной основе: 1) аэрированные, 2) с малым содержанием твердой фазы, 3) из выбуренной породы (естественные), 4) ингибированные (известковые, хлор-кальциевые и т. п.), 5) солестойкие, 6) эмульсионные, 7) растворы на нефтяной основе и инвертные эмульсии.

Для поддержания параметров растворов на заданном уровне используется большой ассортимент реагентов:

— неорганические: щелочные реагенты (NaOH , Na_2CO_3 и др.), конденсированные фосфаты (пиро- и метафосфаты), силикаты натрия (жидкое стекло), хроматы и изополихроматы (хроматы и бихроматы), кальцинирующие добавки (известь, хлористый кальций, гипс);

— гуматные (УЩР, ТЩР);

— полифенольные: растительные, сульфитированные и синтетические таниды;

— на основе лигнина: лигносульфонаты и их производные (ССБ, КССБ, ОКЗИЛ), окисленный лигнин (суним, хлорлигнин);

— на основе полисахаридов: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), сульфат целлюлозы и другие ее эфиры (СЭЦ), крахмальные реагенты (продукты модификации крахмала), реагенты на основе камедей (природные водорастворимые смолы), декстран и другие биополимеры;

— синтетические: акриловые полимеры (гипан, метас), синтетические смолы, оксиэтилированные фенолы, некоторые ПАВ;

— специального назначения (поверхностно-активные добавки,

эмульгаторы, пеногасители, смазочные и противозносные добавки).

В табл. 67 приведены перечень и ориентировочные нормы введения основных наиболее распространенных реагентов, находящихся применение при алмазном колонковом бурении геологоразведочных скважин.

Несмотря на то что в общем случае применение глинистого раствора считается нежелательным при алмазном бурении, в ряде частных случаев приходится все же прибегать к использованию закрепляющих свойств глинистого раствора при бурении мощных зон неустойчивых горных пород. Опыт работы производственных организаций (Западно-Сибирское ТГУ и др.) показывает, что промывке глинистым раствором в скважинах алмазного

Таблица 67

Нормы введения реагентов в промывочные жидкости при бурении в осложненных условиях (по данным ВИТР)

Реагенты	Норма введения
Каустическая сода	0,1—0,5% от массы глины
Кальцинированная сода	0,2—4% от массы глины
Жидкое стекло	0,4—5% от объема раствора
УЩР или ТЩР	5—30% от объема раствора
ПФЛХ	0,5—1% от массы или объема раствора
КМЦ	0,5—1% от массы или объема раствора
ССБ или КССБ	0,5—3% от массы или объема раствора
Гипан	0,1—1% от объема раствора
Нефть	3—12% от объема раствора
СМАД-1	1—4% от массы или объема раствора
Эмульсолы	0,5—2% от массы или объема раствора
ПАВ	0,01—1,5% от массы раствора
Эмульгаторы	0,01—0,5% от массы или объема раствора
Пеногасители	0,2—3% от объема раствора

бурения сопутствуют некоторые осложнения, не проявляющиеся при бурении другим породоразрушающим инструментом. Эти осложнения, возникающие вследствие так называемого «поршневого эффекта», выражаются в послерейсовых разжижениях глинистого раствора, завалах забоя разрушенной породой и даже в серьезных обрушениях стенок скважины от воздействия многократных резких изменений гидростатического давления при подъемах и спусках бурового снаряда.

Поршневой эффект в скважинах алмазного бурения является следствием образования на их стенках корки глины, которую при подъеме снаряда соскребают со стенок выступающие заплечики алмазной коронки; при этом вокруг колонковой трубы образуется глинистый воротник, уплотняющий буровой снаряд в стволе скважины наподобие того, как уплотнен плунжер насоса в кольце сальниковой набивки. В этих условиях при подъеме бурового снаряда в подснарядной части ствола скважины может произойти полная разгрузка гидростатического давления, а при спуске могут возникнуть значительные перегрузки в сравнении с нормальным давлением. Вызываемый подъемом бурового снаряда приток подземных вод к стволу скважины размывает околоствольные отложения уже застудневшей глины и снижает эффект промывки глинистым раствором.

Минимально допустимый радиальный зазор Δ_r (м) между коронкой и стенкой скважины, при котором еще не возникает поршневой эффект, может быть определен из следующего выражения:

$$\Delta_r = \frac{0,226 D v_{\text{под}}}{\sqrt{gH}},$$

где D — номинальный диаметр коронки, м; $v_{\text{под}}$ — скорость подъема бурового снаряда, м/сек; H — глубина (вертикальная) нахождения

коронки, m ; g — ускорение свободного падения, $m/сек^2$.

При диаметре коронки от 93 до 46 мм, глубине бурения от 100 до 1000 м и скорости подъема снаряда $v_{под} = 1$ м/сек зазоры Δ_r находятся в пределах от 0,67 до 0,10 мм, т. е. обеспечиваются нормальным выступом подрезных алмазов над поверхностью кольца матрицы, и поэтому в случае отсутствия глинистой корки на стенках скважины поршневого эффекта не будет.

Образование глинистых корок на стенках скважины обуславливается не только наличием в буримой толще водопроницаемых, пористых и мелкотрещиноватых пород, которые вследствие свойства водоотдачи глинистого раствора отделяют жидкую фазу раствора от твердой подобно фильтру, оставляя в околовствольном пространстве глину, связывающую породы и предохраняющую скважину от обвалов. Глинистая корка образуется во всех случаях бурения с глинистым раствором, даже в плотных, непроницаемых породах, наподобие того, как она образуется на стенках очистной системы от постепенного налипания частиц глины, особенно при малых скоростях движения вязкого глинистого раствора.

Для предотвращения образования глинистой корки на стенках скважины, буримой алмазными коронками, необходимо наряду с применением глинистых растворов невысокой вязкости (не более 25 сек по СПВ-5) строгое соблюдение высоких скоростей восходящего потока промывочной жидкости, при которых будет исключена возможность налипания глинистых частиц на стенки скважины и обеспечены условия для размыва уже образовавшихся корок. Обычные скорости восходящего потока промывочной жидкости, находящиеся в пределах 0,4—0,5 м/сек, в этом случае неприемлемы. Предотвратить образование глинистых корок на стенках сква-

жины можно при скоростях восходящего потока не менее 1 м/сек.

Определить потребную производительность насоса Q (л/мин) в зависимости от необходимой скорости восходящего потока, диаметров скважины и бурильных труб можно из следующего равенства:

$$Q = 4,71 (D^2 - d^2) v_{восх. пот.}$$

где D и d — диаметры скважины и бурильных труб, см; $v_{восх. пот.}$ — скорость восходящего потока, м/сек.

С усиленной промывкой скважин глинистым раствором и интенсивной очисткой забоя от абразивных частиц породы связаны и некоторые побочные явления. В частности, исключается возможность применения алмазных коронок с высокой износостойкостью матрицы, ухудшается отработка коронок с мелкими алмазами (импрегнированных). При промывке глинистым раствором следует считать наиболее рациональным применение однослойных коронок с мягкой матрицей или коронок, содержащих крупные алмазы с заранее заданным их выпуском, на работу которых состав матрицы влияния не оказывает.

Алмазные коронки при бурении с промывкой глинистым раствором должны иметь более развитую систему промывочных окон. Предпочтительнее в этом случае для увеличения скорости восходящего потока жидкости употреблять колонну бурильных труб, по диаметру близких к размеру скважины.

Бурение скважин в среде с постоянной отрицательной температурой (многолетняя мерзлота) с промывкой традиционными жидкостями — вода и глинистые растворы с содержанием хлористых натрия и кальция — не всегда удовлетворяет современным требованиям геологической службы, особенно при бурении в высоких широтах Крайнего Севера, где температура мерзлых толщ горных пород достигает — (13 ÷ ±15)°С.

В этих условиях для предупреждения замерзания промывочной жидкости в скважинах приходится добавлять к воде или глинистому раствору хлористые соли в высоких концентрациях. А это, в свою очередь, ведет к интенсивному разрушению льда в порах и трещинах горной породы и к энергичной коррозии металла труб и оборудования. Кроме того, в случае применения глинистого раствора повышенная концентрация в нем хлористых солей вызывает резкую коагуляцию глинистых частиц в растворе, делая его непригодным для промывки скважины. Поэтому в последние годы в ряде научно-исследовательских и учебных институтов (ВИТР, Ленинградский горный институт, Якутский государственный университет, Тюменский научно-исследовательский институт нефти и др.) проводятся изыскания новых промывочных растворов для бурения скважин в мерзлых толщах. При этом в отдельных случаях получены обнадеживающие результаты. Так, по свидетельству Р. М. Скрыбина и других, при применении эмульсионных промывочных жидкостей на основе разработанных ВИТР эмульсолов ЭЛ-3 и ЭЛ-4 (концентрация от 0,5 до 2%) в Аллах-Юньской КГРЭ получены следующие показатели бурения (по четырем скважинам): увеличение механической скорости от 10 до 15%, снижение расхода мощности на бурение от 10 до 15%, снижение аварийности на 30—35%, повышение времени чистого бурения до 10%.

Параметры бурения стандартными алмазными коронками типа 01А4 и 02А3 и опытными коронками типа БСН: $p = 1700 \div 2200$ кгс/см²; n от 128—239 до 346 об./мин; $Q = 60 \div 80$ л/мин; средняя категория пород по буримости — VIII—IX.

Заслуживают внимания исследования О. Ангелопуло и других (г. Тюмень) с водными растворами хлористого магния, обрабатываемыми

каустической содой. Получаемый гидрогель обладает устойчивыми тиксотропными свойствами. Эффективное снижение водоотдачи (до 4—5 см³/30 мин) достигается путем присадки крахмала. Авторы рекомендуют следующую рецептуру приготовления промывочной жидкости на основе водных растворов хлористого магния: для получения 1 л гидрогеля требуется 0,60 кг MgCl₂, 0,020 кг крахмала и 0,010 кг NaOH. По наблюдениям авторов, полученный гидрогель сохраняет хорошую подвижность и тиксотропные свойства более месяца при температуре — (20 ÷ 35)°С.

§ 3. ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН

В современных условиях бурения скважин различного целевого назначения к работам по тампонируванию прибегают как в процессе собственно бурения (встреча притоков минерализованных вод, зон неустойчивых пород, трещиноватых и зкарстованных пород, поглощающих промывочную жидкость, и пр.), так и после окончания бурения скважины (ликвидационное тампонирувание). Для тампонирувания скважин применяются различные вяжущие материалы, например цементы, синтетические смолы и другие тампонажные смеси.

ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ

В тех случаях, когда переходом на бурение с промывкой специальными растворами предупредить поглощение промывочной жидкости не удается, производится тампонирувание скважин с применением специальных тампонажных растворов (смесей).

Работы по ликвидации поглощений промывочной жидкости производятся в такой последовательности: исследуется поглощающий горизонт;

выбираются тампонажная смесь, методика и технические средства для тампонирования; проводятся необходимые расчеты.

В зависимости от интенсивности поглощения применяются следующие тампонажные растворы:

— структурные, приготовленные на основе глинистых или суглинистых растворов с наполнителями и реагентами-структурообразователями. В качестве наполнителей используются древесные опилки, слюда, целлофан, кожа-горох, а реагентов-структурообразователей — цемент, гипс, полиакриламид, известь и т. п.;

— цементные, суглинисто-цементные и бентонито-цементные с регулируемыми сроками схватывания за счет введения реагентов — ускорителей схватывания; при необходимости в данные тампонажные смеси вводится расчетное количество наполнителя; в качестве ускорителя схватывания цементного раствора употребляется жидкое стекло, которое вводится в цементный раствор в зоне поглощения;

— гипсовые с реагентами — замедлителями схватывания (бурой, солями фосфатов, ПАВ);

— полимерные смеси с использованием различных полимерных материалов и синтетических смол (акриламида, мочевино-формальдегидных и феноло-формальдегидных смол, эпоксидных смол);

— полимерцементные смеси на основе сланцевых фенолов «ФРЭС»,

ТСЛ-9 и суммарных фенолов с использованием в качестве отвердителя формалина. Эти смеси являются быстросхватывающимися (срок их схватывания находится в пределах 1—2 мин, а прочность камня на сжатие через 2 ч составляет 20—30 кгс/см²).

Ниже приведены составы полимерных и полимерцементных тампонажных смесей, разработанных ВИТР.

Смолы ФР-12 и ММФ-50 (или М-19-62, МФ-17) в объемном соотношении 1:1; соляная кислота 10% и формалин 20% от объема смол.

Сланцевая эпоксидная смола 100, сланцевый суммарный фенол 50, винилацетат 15, полиэтиленполиамин 23 вес. ч.

Цемент тампонажный 300—350 кг, вода 100—120 л, смола ТСД-9 60—70 л.

Цемент тампонажный 300—500 кг, суммарные фенолы 60—80 кг, вода 100—200 л, сода каустическая 2—3 кг, формалин 35—40 л.

Цемент тампонажный 300—500 кг, фенольная смола «ФРЭС» 60—100 кг, вода 100—200 л, сода каустическая 2—4 кг, формалин 40—50 л.

Для применения быстросхватывающихся смесей (БСС) ВИТР разработан специальный снаряд для тампонирования, состоящий из эжекторного скважинного смесителя типа ССЭ и механического пакера типа ПМ.

Техническая характеристика скважинного эжекторного смесителя типа ССЭ-73

Наружный диаметр, мм	73
Наименьший диаметр внутренней трубы, мм	18
Объем контейнера, л	25
Внутренний диаметр насадки, мм	8; 9 и 10
Диаметры калибровочных отверстий в штуцерах, мм	3; 4 и 5
Тип пакера, входящего в комплект	Натяжной
Расход промывочной жидкости, л/мин	100—250
Величина рабочего хода для открытия отверстий в штуцерах, мм	45
Величина усилия, необходимого для открытия отверстий в штуцерах, кгс	800
Длина, мм	9655
Масса, кг	90

**Техническая характеристика пакеров типа ПМ
(механический пакер с винтовым приводом
упорных плашек)**

Тип	ПМ-73	ПМ-57
Наружный диаметр, мм	73	57
Диаметр окружности, в которую входят плашки, мм:		
в крайнем верхнем положении	75	59
в крайнем нижнем положении	90	75
Наименьший диаметр проходного отверстия ствола, мм	20	16
Длина резинового элемента, мм	400	400
Длина пакера, мм	1350	1250
Масса, кг	22	15

Устройство для тампонирования *ТУ-7* предназначено для борьбы с поглощением промывочной жидкости в скважинах при бурении алмазными и твердосплавными коронками [53].

Техническая характеристика ТУ-7

Диаметр, мм:	
тампонируемых скважин	59 и 76
обсадных труб, к которым можно присоединять герметизатор устройства	89; 108; 127
бурильных труб, присоединяемых к устройству	42 и 50
Глубина тампонируемых скважин, мм	До 600
Максимальное рабочее давление, кгс/см ²	До 50
Масса, кг:	
комплекта устройства	190
одного узла (максимальный)	45

Устройство ТУ представляет собой комплект узлов, которые komponуют в зависимости от различных технических схем тампонирования. Устройство рассчитано на использование БСС, составляемых на цементной и гипсовой основах и на основе синтетических смол. Рецептуру и объем закачиваемых смесей выбирают по результатам исследования поглощающих горизонтов.

Смеси можно нагнетать в скважину по колонне бурильных труб или готовить в непосредственной близости от поглощающего горизонта в смесительных приспособлениях. При этом жидкий ускоритель схватывания смеси может находиться либо в специальном контейнере, либо в полости бурильных труб.

Устройство ТУ обеспечивает принудительное вдавливание БСС в поры и трещины неустойчивых по-

род под давлением до 50 кгс/см². Для этого в комплекте имеются герметизатор устья скважины и пакеры для скважин диаметром 59 и 76 мм.

Герметизатор 3 (рис. 77, а) предназначен для уплотнения устья скважины при тампонировании. В сборе с регулировочным вентилем 2 его устанавливают на устье скважины. Герметизация достигается посредством сжатия манжеты 4, находящейся в полости обсадной трубы 6. Конструкция герметизатора позволяет плотно присоединять его к неровно обрезанным или деформированным обсадным трубам. В процессе тампонирования хвостовик 5 герметизатора присоединяют к бурильным трубам. Перемещением рукоятки 1 вентиля поток нагнетаемой насосом в скважину жидкости можно направлять как во внутреннюю полость бурильных труб, так

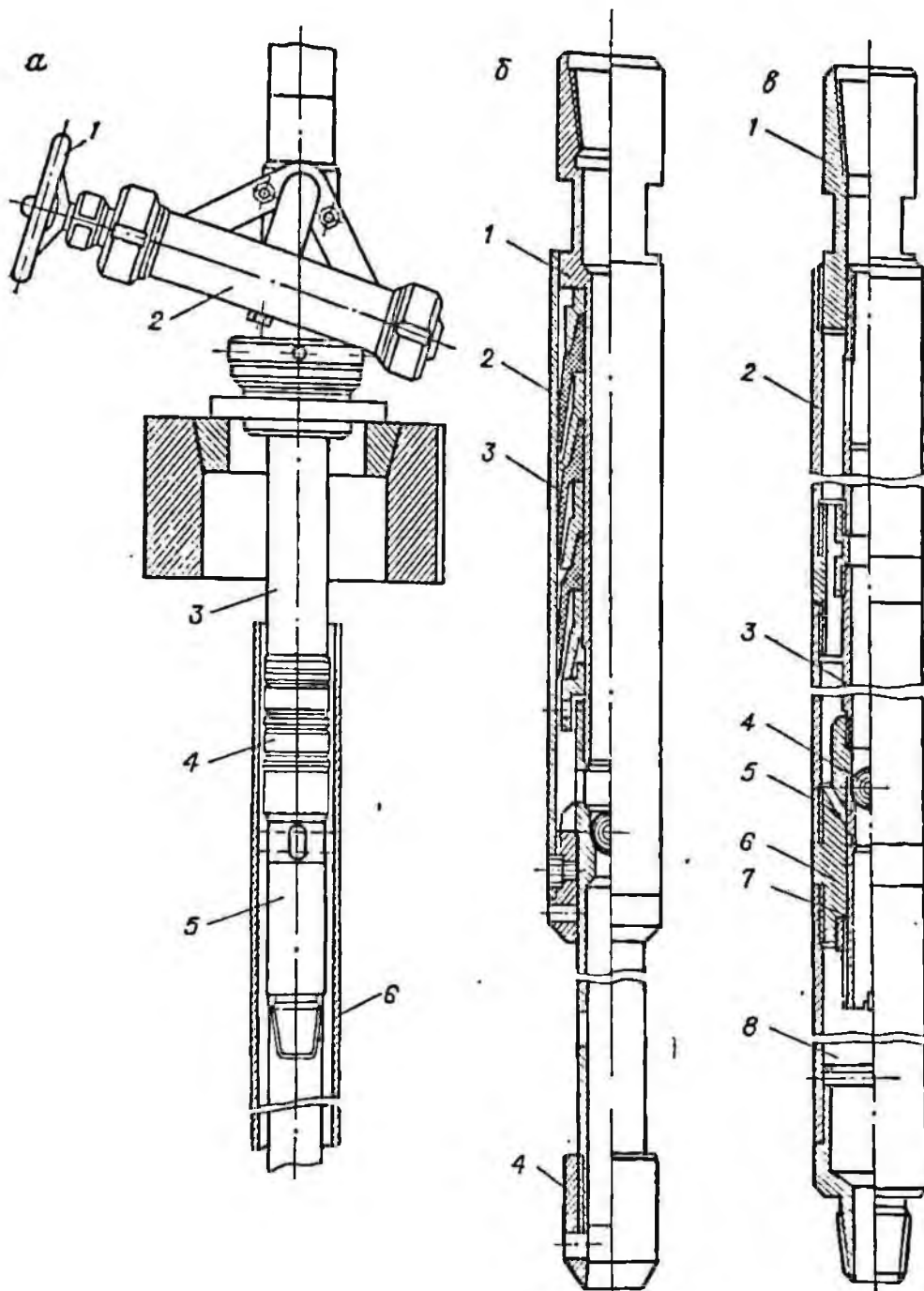


Рис. 77. Тампонажное устройство ТУ-7.

a — герметизатор: 1 — рукоятка вентиля, 2 — регулировочный вентиль, 3 — герметизатор, 4 — манжета, 5 — хвостовик, 6 — обсадная труба; *б* — пакер: 1 — шток, 2 — самоуплотняющиеся манжеты, 3 — кожух, 4 — головка; *в* — контейнер: 1, 6 — переходники, 2, 3 — концентрично расположенные трубы, 4 — шарик, 5 — отверстия, 7 — втулка, 8 — смешательная полость.

и в межтрубное пространство для принудительного вдавливания тампонажной смеси в поглощающий горизонт.

Пакерами (рис. 77, б) герметизируют ствол скважины при его разработке по диаметру до 10 мм. Пакеры опускают в скважину на бурильных трубах и устанавливают на заданной глубине.

На штоке 1 пакера закреплены три самоуплотняющиеся манжеты 2, закрытые при спуске пакера кожухом 3. Во время нагнетания жидкости по бурильной колонне во внутреннюю полость пакера кожух 3 смещается в нижнее положение до упора в головку 4. Манжеты 2 при этом расправляются и перекрывают ствол скважины. По окончании тампонирования пакер поднимают без каких-либо дополнительных операций, что существенно упрощает его эксплуатацию.

Контейнер (рис. 77, в) служит для спуска жидкого ускорителя схватывания в скважину к зоне поглощения. Он состоит из concentрично расположенных труб 2 и 3, соединенных между собой переходниками 1 и 6. Перед спуском в скважину межтрубное пространство контейнера заполняют жидким ускорителем схватывания смеси, удерживаемым от преждевременного истечения втулкой 7. Образование БСС происходит при обогащении основного компонента смеси, нагнетаемого с поверхности, жидким ускорителем, выдавливаемым из межтрубного пространства в смешительную полость 8 через отверстия 5, которые открываются при смещении втулки 7 в нижнее положение за счет давления на нее шарика 4.

Контейнер и пакер обычно используются совместно, что повышает надежность закупоривания дренажных каналов быстросхватывающимися смесями.

Поставляемое заказчику устройство ТУ-7 снабжается комплектом

монтажного инструмента и запасных частей. Устройство ТУ-7 разработано СКБ [53].

Для ликвидации поглощений и особенно для закрепления нарушенных интервалов скважин весьма эффективен метод электрохимического крепления геологоразведочных скважин, предложенный ВИТР для скважин алмазного бурения малого диаметра. Электрохимический метод крепления позволяет тампонировать интервалы скважины малого диаметра до глубины порядка 600 м [72].

Сущность электрохимического способа крепления заключается в создании в скважине прочного глино-цементного камня под воздействием постоянного электрического тока. Паста, проникая в трещины пород, ускоренно схватывается и затвердевает под действием постоянного тока. Электрообработка повышает адгезионную способность пасты с породами, преобразуя ее в крепкий неразмокаемый материал. Быстрота схватывания пасты при электрообработке предупреждает ее уход из скважины.

Закачивание пасты в скважину производят из глиномешалки буровым насосом, после чего колонну бурильных труб извлекают. После извлечения колонны бурильных труб приступают к электрообработке (в течение 2—3 ч) интервала, заполненного пастой. Электрообработку пасты в скважине производят с помощью проволочного электрода, опускаемого на двухжильном кабеле. В табл. 68 приведен режим электрообработки пасты.

После электрообработки интервала кабель поднимают и скважина выдерживается в течение 3—8 ч. Разбуривание глино-цементного стакана производят шарошечным долотом или коронкой.

Специальное оборудование для электрохимического крепления состоит из источника постоянного тока, двухжильного электрического

Режим электрообработки пасты в скважине
(по М. К. Раскопину)

Длина за- крепляемого интервала (электрода), м	Потребляе- мый ток, а	Напряжение на электро- де, в	Допускаемый диаметр алю- миниевого электрода, мм	Потери на- пряжения в кабеле типа КРПШ-2Хб, в	Напряжение источника тока, в
10	15	30	1,3	25,5	55—60
20	30	30	1,8	51	80—90
30	45	30	2,3	76,5	110

кабеля, лебедки, проволочного электрода. Схема оборудования приведена на рис. 78.

ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕМЕНТНЫХ
ТАМПОНАЖНЫХ СМЕСЕЙ

Тампонирующее скважин, являющееся весьма ответственным комплексом работ, требует применения цемента высокого качества. Для этой цели применяют портландцемент, называемый тампонажным и выпускаемый заводами СССР в двух видах: для «холодных» скважин, с температурой на забое до 40°C ; для «горячих» — с температурой на забое выше 40°C .

Портландцемент изготавливается шести марок: 200; 250; 300; 400; 500 и 600. Для цементирования стволов скважин применяют цемент марок 400 и 500. Тампонажный цемент представляет собой продукт тонкого помола вещества, получаемого при сильном обжиге смеси материалов, содержащих глинозем (бокситы) с известью или известняком. Он имеет следующий химический состав (средний), %: извести (CaO) 62—66, кремнезема (SiO_2) 20—24, глинозема (Al_2O_3) 5—9, окиси железа (Fe_2O_3) 3—5, магния (MgO), серного ангидрида (SO_3) и нерастворимого остатка 2—3. Для регулирования срока схватывания и увеличения прочности цемента к нему добавляют 2—3% гипса.

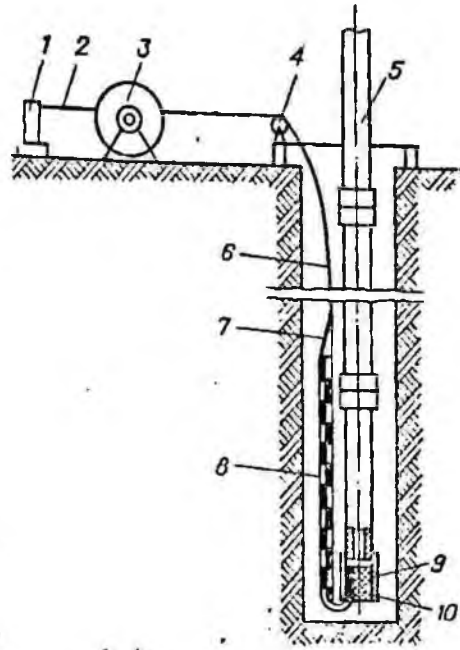


Рис. 78. Схема расположения оборудования для электрохимического крепления скважины (по М. К. Раскопину).

1 — выпрямительное устройство; 2 — провод, соединяющий выпрямительное устройство с кабелем на лебедке; 3 — лебедка; 4 — направляющий блок; 5 — буровая колонна; 6 — двухжильный медный электрокабель; 7 — двухжильный алюминиевый провод; 8 — электрод; 9 — муфта соединительного замка буровых труб; 10 — пробка.

Для нормального схватывания и твердения цемента необходимо присутствие влаги в жидкой фазе на протяжении всего времени прохождения механических реакций.

Тампонажный цемент имеет плотность от 3,05 до 3,20 г/см³ (самый мелкий помол). Чем мельче помол, тем равномернее застывает раствор при постоянном объеме и сопротивление его внешним усилиям возрастает. Неравномерное изменение объема при застывании влечет за собой появление трещин, через которые может просочиться вода.

Из тампонажных смесей наиболее употребительны глино-цементные и глино-цементно-песчаные, приготовленные на глинистой суспензии плотностью 1,10 г/см³. При этом глинистые суспензии не должны содержать химических реагентов, применяющихся для обработки

промывочных жидкостей. Составы смесей приведены в табл. 69.

В практике бурения геологоразведочных скважин, особенно глубоких (1000—2000 м), часто возникает необходимость цементирования обсадных колонн на значительную длину с целью перекрытия нескольких водоносных горизонтов или значительных по мощности толщ разрушенных (или кавернозных) пород, полностью поглощающих промывочную жидкость. В этих случаях наиболее надежно цементирование обсадных труб по способу двух пробок (рис. 79). Этот способ основан на применении двух разделительных пробок, между которыми находится цементный раствор. При указанном способе цементный раствор, подаваемый насосом в скважину, поступает в затрубное пространство на определенную высоту и плотно заполняет все промежутки между стенками сква-

жины и обсадными трубами, препятствуя проходу воды под башмак колонны. Затвердевая в затрубном пространстве, цемент создает прочное основание, повышая устойчивость стенок скважины и уменьшая этим возможность смятия труб при давлении боковых пород.

Основными моментами, определяющими высокое качество цементирования скважины, являются: а) качество тампонажного цемента; б) подача цементного раствора и продавливание его в затрубное пространство без предварительного разжижения; в) правильное определение момента схождения верхней и нижней пробок; г) проведение всей операции цементирования скважины в возможно короткий срок.

Назначение нижней пробки — предохранить цементный раствор от разжижения его глинистым раствором (или водой), находящимся

Таблица 69

Составы смесей для ликвидационного тампонирования скважин и их свойства (по Л. Д. Чучелину)

Состав смеси		Свойства смеси								Расход материалов на 1 м ³ тампонажного камня, кг			
Соотношение компонентов по массе	Вид цемента	Распыля, см	В/Ц	Плотность, г/см ³	Выход камня, %	Сроки схватывания, ч-мин		σ _{сж} , кгс/см ² , через		Ц	В	ГС	П
						начало	конец	2 суток	28 суток				
Ц: В: П = 1:1:1	ПЦ 400, ПЦ 500, ПЦТ	29	1,0	1,74	80	15-00	24-00	18	92	725	725	—	725
Ц: ГС = 1:1,75	ПЦТ	22	1,5	1,44	95	15-20	19-45	11	40	553	—	965	—
Ц: ГС: П = 1:1,75:1	ПЦ 400, ПЦ 500, ПЦТ	19	1,5	1,62	95	20-45	24-25	11	30	460	—	790	460
Ц: ГС = 1:1,17	ПЦ 400, ПЦ 500, ПЦТ	15	1,0	1,58	98	9-55	14-15	21	73	750	—	880	—
Ц: ГС: П = 1:1,17:0,5	ПЦ 400, ПЦ 500, ПЦТ	14	1,0	1,66	98	7-40	8-40	22	70	640	—	750	320

Примечание. Ц — цемент; В — вода; П — песок; ГС — глинистая суспензия плотностью 1,10 г/см³; ПЦ 400, ПЦ 500 — соответственно портландцементы марок 400, 500; ПЦТ — тампонажный портландцемент с содержанием трехкальциевого алюмината до 6%.

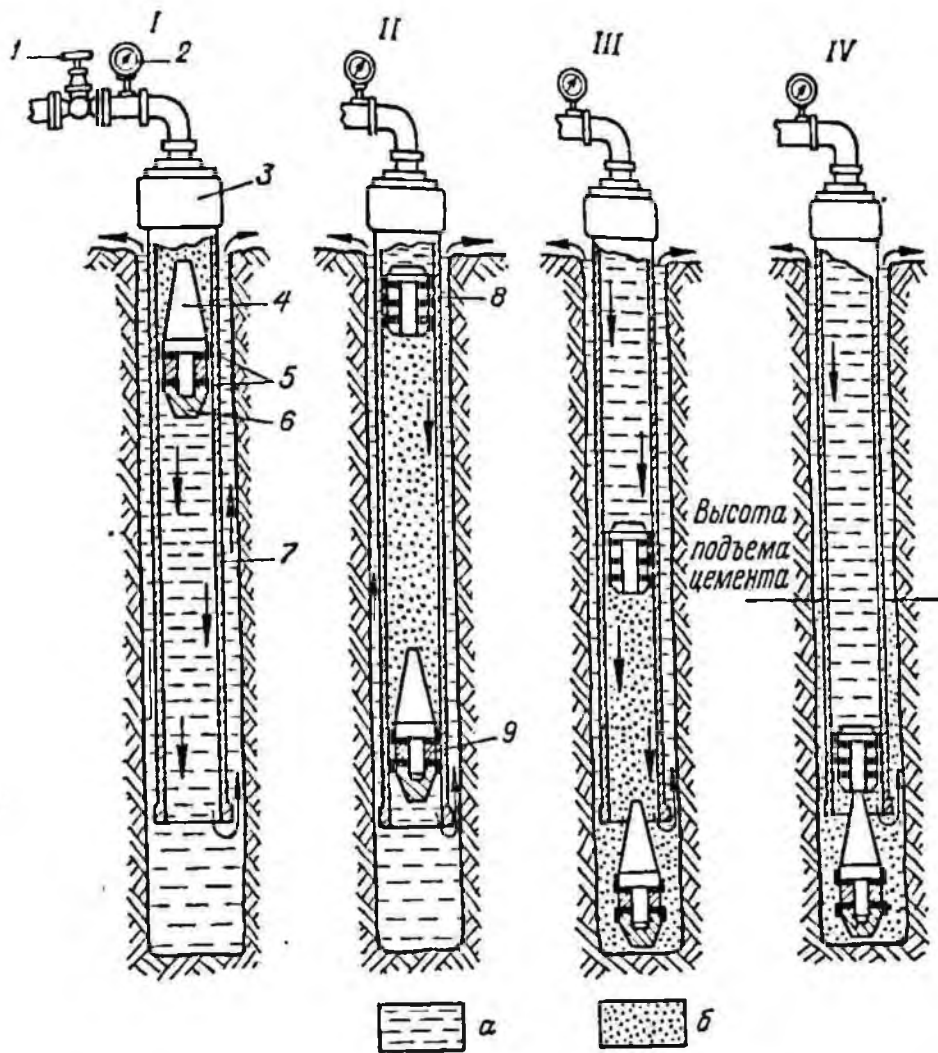


Рис. 79. Схема последовательного выполнения работ по тампонированию скважин с помощью двух разделительных пробок.

I — начало прокачивания цементного раствора; *II* — окончание прокачивания; *III* — продавливание в затрубное пространство; *IV* — окончание продавливания.
1 — задвижка; *2* — манометр; *3* — тампонажная головка; *4* — хвостовик пробки *б*; *б* — уплотняющие манжеты; *7* — обсадная колонна; *8* — верхняя, *9* — нижняя пробка.
а — вода; *б* — цементный раствор.

в скважине, и пропустить цементный раствор под башмак колонны. Назначение верхней пробки — предохранить цементный раствор, закачанный в трубы, от глинистого раствора (или воды), которым продавливают цементный раствор в затрубное пространство. Для уплотнения внутри колонны обе пробки снабжены резиновыми манжетами.

Тампонажный цемент должен быть безусловно свежим по времени изготовления (не более 6 месяцев) и иметь прочную водоупорную упаковку. Цвет свежего тампонаж-

ного цемента темно-серый с зеленоватым оттенком. Коричневый цвет — результат пережженного цемента, а желтоватый — недожженного.

Качественная характеристика цемента, предназначенного для тампонирования скважин, должна быть проверена в химической лаборатории партии (экспедиции). Это — предел прочности при изгибе после твердения в течение 2 суток, растекаемость цементного шлама, сроки схватывания цемента, значения водо-цементного отношения (В/Ц) и равномерность изменения объема

при твердении. Цемент должен быть заранее просеян через сито № 90.

Приготовление цементных растворов (без присадки песка) производят в гидромешалках или в механических растворомешалках, а приготовление тампонажных смесей — только в механических растворомешалках.

ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПСОВЫХ РАСТВОРОВ¹

Гипс как вяжущее вещество имеет отличные от применяемого в настоящее время цемента состав, природу схватывания и твердения. Вследствие этого методика приготовления и использования гипсовых тампонажных растворов имеет свои особенности.

Сроки начала структурообразования и схватывания гипсового раствора зависят от качества гипса, времени и условий его хранения, водо-гипсового отношения, количества и качества введенного замедлителя схватывания гипса. Гипсовый тампонажный раствор принимают как:

— заменитель быстросхватывающейся цементной смеси при ликвидации поглощений промывочной жидкости;

— опережающий раствор перед закачкой в скважину цементного раствора для предупреждения чрезмерного растекания и ухода по трещинам последнего;

— средство, позволяющее срочно установить в скважине мост или пробку при проведении на скважине различных работ.

Качество гипса должно удовлетворять следующим требованиям:

— тонкость помола (остаток по массе на сите с сеткой № 2, 918 отв./см²) — не более 15%;

— предел прочности при сжатии образцов в возрасте 1 ч — не менее 45 кгс/см²;

— начало схватывания гипса — не ранее 4 мин со времени затворения раствора;

— конец схватывания — не ранее 6 мин и не позднее 30 мин со времени затворения раствора.

В качестве замедлителя, регулирующего сроки начала и конца схватывания гипсового раствора, могут быть взяты полиакриламид или триполифосфат натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (ВТУ 109—2712—60). Для регулирования сроков схватывания гипсового раствора при его затворении в воду необходимо ввести расчетное количество замедлителя схватывания. Необходимое количество реагента (% от массы сухого гипса), которое необходимо ввести в гипсовый раствор, чтобы получить смесь с заданными сроками схватывания, определяется из графика, приведенного на рис. 80.

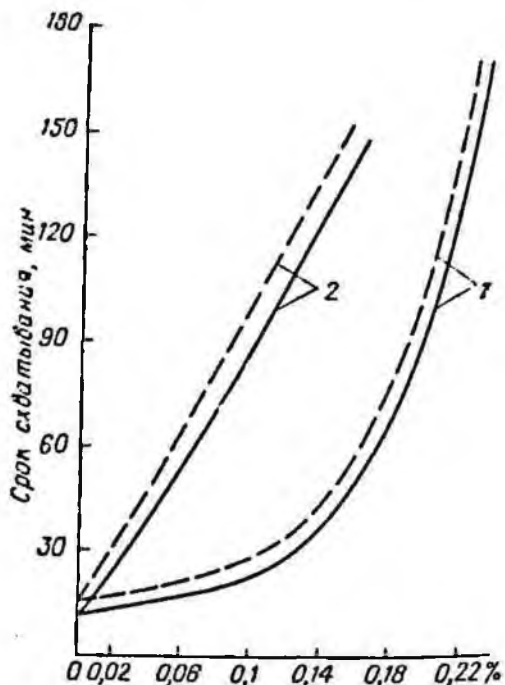


Рис. 80. Зависимость начала (сплошная линия) и конца (штриховая линия) схватывания гипсового раствора от количества введенных солей (по А. П. Руденко).

1 — триполифосфат; 2 — полиакриламид.

¹ По данным канд. техн. наук А. П. Руденко.

Оптимальной величиной водо-гипсового (В/Г) отношения для гипсового тампонажного раствора следует считать 0,65—0,7. Консистенция раствора с данным В/Г имеет растекаемость 24—25 см по конусу АзНИИ, а получающийся гипсовый камень имеет прочность около 40 кгс/см². Для приготовления 1 м³ гипсового раствора с В/Г=0,65 требуется гипса 1090 кг, воды 710 л; с В/Г=0,7 — гипса 1060 кг, воды 745 л.

При использовании для приготовления гипсового раствора жесткой воды расчетное количество триполифосфата должно быть увеличено на величину 0,45 ($H - 12$) Q , где H — жесткость воды, нем. градусы; Q — количество воды, необходимое для приготовления гипсового раствора, л.

При применении в качестве замедлителя схватывания триполифосфата последний целесообразно сначала растворить в небольшом объеме воды (в ведре, бочке), а затем вылить в емкость, служащую для приготовления гипсового раствора.

При использовании в качестве замедлителя схватывания полиакриламида следует иметь в виду, что товарный продукт не является 100%-ным, а представляет собой раствор полиакриламида той или иной концентрации. Требуемое для приготовления гипсового раствора количество товарного полиакриламида равно $P \cdot 100/a$, где P — необходимое количество 100%-ного полиакриламида, м³; a — концентрация полиакриламида в товарном продукте, %. Полиакриламид сравнительно плохо растворяется в воде, поэтому для приготовления его раствора необходимо интенсивное перемешивание.

При приготовлении необходимо учитывать, что гипсовый раствор, подвергавшийся в течение некоторого времени интенсивному перемешиванию, может вообще потерять

способность схватывания. Допустимое время перемешивания гипсового раствора возрастает с увеличением концентрации замедлителя схватывания в нем. Так, для гипсового раствора, содержащего 0,10% триполифосфата натрия, допустимое время перемешивания составляет 21 мин; для раствора, содержащего 0,18% триполифосфата натрия, — 45 мин. Гипс очень легко перемешивается с водой, и приготовление 1—1,5 м³ гипсового раствора в емкости путем перемешивания струей воды занимает 5—7 мин. Исходя из допустимого времени перемешивания, времени, необходимого для приготовления 1—1,5 м³ гипсового раствора, и времени движения по трубам при закачке в скважину больших количеств гипсового раствора (больше 1,5 м³), для его приготовления целесообразно использовать цементно-смесительную машину.

Порядок приготовления гипсового раствора:

— в подготовленную емкость закачивают расчетное количество воды, необходимое для получения заданного количества гипсового раствора;

— взвешивают необходимое количество замедлителя схватывания и растворяют его в воде;

— взвешивают расчетное количество гипса;

— подготавливают рабочее место, устанавливают и подключают цементировочный агрегат, проверяют работу его насоса;

— всасывающий рукав насоса цементировочного агрегата опускают в емкость для приготовления гипсового раствора; струей воды из шланга производят интенсивное перемешивание воды с растворенным замедлителем схватывания; в ходе перемешивания в емкость засыпают расчетное количество гипса.

После окончания перемешивания немедленно закачивают гипсовый раствор в скважину. Одновре-

менно отбирают пробу для контроля сроков схватывания гипсового раствора. В скважине выше зоны закачки на 15—20 м на колонне бурильных труб предварительно устанавливают съемный или разбуриваемый пакер; ниже зоны поглощения, в случае необходимости, устанавливают разбуриваемую пробку. При наличии цементно-смесительной машины закачивание гипсового раствора можно производить по мере его приготовления.

По окончании закачивания гипсовый раствор продавливается необходимым количеством промывочной жидкости. Необходимый объем (m^3) промывочной жидкости подсчитывается по формуле

$$V_{\text{пр.ж}} = \frac{\pi d^2}{4} L + \frac{\pi D^2}{4} l + V,$$

где d — внутренний диаметр бурильных труб, м; L — длина колонны бурильных труб, включая пакер, м; D — средний диаметр скважины ниже пакера, м; l — расстояние, на которое продавливается раствор ниже пакера, м ($l=5$ м); V — объем жидкости, находящейся в насосе, m^3 .

Приготовление, закачивание и продавливание должно быть выполнено до истечения допустимого времени перемешивания гипсового раствора. После продавливания гипсовый раствор оставляют в покое до наступления момента схватывания. Время начала схватывания уточняют по контрольной пробе.

В начальный момент схватывания гипсового раствора объемный пакер освобождают и извлекают; при установке разбуриваемого пакера отсоединяют и поднимают колонну бурильных труб с извлекаемым элементом пакера. При заливке гипсового раствора через колонну бурильных труб без установки пакера колонна поднимается сразу же после окончания продавливания гипсового раствора. Колонну бурильных труб после окончания заливки раствора следует поднимать с одно-

временным доливом в скважину промывочной жидкости.

После подъема колонны труб, через которые закачивался раствор, опускают буровой снаряд и разбуривают гипсовый камень. Поскольку гипсовый шлам, так же как и цементный, оказывает отрицательное влияние на параметры промывочной жидкости, выходящий из скважины промывочный раствор с гипсовым шламом следует отводить на сброс.

Гипсовый раствор имеет следующие преимущества:

— растекаемость 24 см и более (легко закачивается насосом цементировочного агрегата);

— малая плотность (легко продавливается насосом);

— короткие и регулируемые сроки схватывания;

— время схватывания 5—10 мин (во много раз сокращается время, затрачиваемое ранее на ожидание схватывания и твердения цемента);

— время выполнения операции по приготовлению, заливке и продавливанию гипсового раствора, разбуриванию гипсового камня менее 1 станко-смены;

— невысокая стоимость материалов, идущих на приготовление 1 m^3 гипсового раствора (в 3—3,5 раза ниже стоимости материалов, идущих на приготовление 1 m^3 цементного раствора).

Использование для приготовления гипсового раствора цементно-смесительной машины дает возможность одновременно закачивать большие количества раствора и значительно повысить результативность работ по тампонированию скважин.

ЛИКВИДАЦИОННОЕ ТАМПОНИРОВАНИЕ СКВАЖИН ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ БУРЕНИЯ

После окончания бурения и проведения необходимых исследований каждая скважина должна быть

закрывается, а затем и ликвидируется.

Термин «закрытие скважины» означает прекращение бурения после выполнения скважиной целевого назначения или по другим причинам, например при возникновении тяжелых аварий и осложнений в скважине, вследствие чего дальнейшее ее бурение становится невозможным. Если скважина не нужна для последующих исследований и наблюдений, то она подлежит ликвидации. Под ликвидацией понимают проведение комплекса работ по извлечению обсадной колонны из скважины, а также по изоляции и разобщению водоносных горизонтов с целью охраны недр. В практике иногда бывают случаи преднамеренного прекращения бурения скважины на некоторое время, вызванного различными причинами, например необходимостью повторного исследования поведения водоносных горизонтов после бурения окружающих скважин и т. д. Такая временная остановка бурения называется консервацией скважины. При консервации скважины необходимо обеспечить устойчивое состояние ее ствола на период остановки работ.

Разрешение на закрытие скважины выдается геологом партии или

экспедиции, обслуживающим буровые работы. Им же утверждается план проведения ликвидационного тампонирования скважины. Перед закрытием скважины проводятся различные исследования и испытания (каротаж, гидрогеологические и другие исследования).

После окончания всех намеченных планом исследований и испытаний скважина подлежит закрытию с выполнением следующих обязательных работ:

- извлечение из скважины обсадной колонны;
- надежное перекрытие водоносных горизонтов;
- заполнение ствола густым глинистым раствором;
- установка опознавательного знака в устье скважины;

— нанесение устья скважины на карту района работ с привязкой к существующей сети триангуляции.

При закрытии скважины необходимо принять все меры к полному извлечению труб. Трубы могут быть оставлены в скважине только при необходимости перекрытия водоносных горизонтов путем цементирования колонны или для сохранения ствола, нужного для проведения дальнейших наблюдений.

В процессе проводки скважины на твердые полезные ископаемые могут иметь место различные аварии и осложнения. Авариями в бурении называют такие нарушения нормального хода работ, которые приводят к преждевременному выходу из строя части или всего оборудования, инструмента и непроизводительному простоя скважины в результате нарушения технологического процесса бурения. Аварии могут быть как с наземным оборудованием, например с буровой вышкой, станком, двигателем, насосом, талевой системой, так и внутри скважины. Иногда аварии могут привести к потере скважины. Осложнением в бурении называют такое ненормальное состояние скважины, при котором дальнейшая работа становится невозможной либо бурение продолжается, но снижается его производительность, например обвалы неустойчивых пород на забой, бурение новым стволом с некоторой глубиной в результате искривления, появление воды или газа с высоким пластовым давлением, встреча трещиноватых пород, поглощающих промывочную жидкость, замерзание жидкости в скважине при бурении в мерзлых толщах и др.

Всякая авария и осложнение требуют затрат большого количества времени и средств на их ликвидацию, поэтому буровая бригада должна принимать все меры к тому, чтобы избежать возникновения аварий и осложнений при бурении скважины.

Из основных причин, порождающих аварии, можно указать на следующие: недостаточная квалификация бурового персонала; недостаточные знания физических свойств разбуриваемых пород; нарушения режима проводки скважины; работа с оборудованием и бурильным инструментом, не соответствующими глубине и нагрузкам в данных условиях; работа неисправным инструментом; работа при неисправных контрольно-измерительных приборах; низкая трудовая и производственная дисциплина в буровой бригаде.

§ 1. ТИПИЧНЫЕ АВАРИИ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИХ ЛИКВИДАЦИИ

Специфичными особенностями алмазного бурения являются: малые диаметры скважины; малые зазоры между стенками скважины и бурильными трубами; необходимость бурения с высокими оборотами породоразрушающего алмазного инструмента с целью достижения больших механических скоростей проходки; вибрации бурильной колонны при высоких оборотах снаряда. В этих условиях типичными для алмазного бурения являются следующие аварии в скважинах.

1. Обрыв бурильных труб в резьбовых соединениях или в теле трубы (при одностороннем износе металла труб).

2. Прижог коронки на забое в процессе бурения.

3. Обрыв секторов алмазосодержащих матриц.

4. Обрыв алмазных коронок и расширителей.

5. Обрыв обсадных труб при их расхаживании, спуске в скважину, подъеме из скважины или в процессе бурения.

6. Обрыв кабелей в скважине.

Обрыв бурильных труб имеет место при одностороннем износе металла и высоких оборотах породоразрушающего инструмента. Ловлю бурильных труб, оставшихся в скважинах, производят с помощью стандартных метчиков, острый конец которых вводят во внутреннее отверстие бурильной трубы или соединения. Метчик опускают в скважину на правых или левых (при необходимости развинчивания бурильной колонны и извлечения ее по частям) бурильных трубах.

Трудность ликвидации аварий с трубами (бурильными и обсадными) обуславливается малыми диаметрами скважин, весьма малыми кольцевыми зазорами между трубами и стенками скважины и ограниченными техническими средствами для ликвидации аварий в скважинах малых диаметров.

Прижоги и прихваты алмазных коронок в скважинах являются, как правило, следствием одного из наиболее серьезных нарушений в технологии алмазного бурения — несоблюдения режима промывки. Аварии типа прижога приводят к полной потере алмазных коронок (рис. 81).



Рис. 81. Вид остатков алмазной коронки после прижога на забое скважины.

На долю прижогов алмазных коронок в среднем приходится до 30% всех аварий с алмазным породоразрушающим инструментом в скважине. Имеются организации, в которых аварии с алмазным инструментом типа «прижог» являются наиболее распространенной, специфической для алмазного бурения аварией [70]. Зарубежные данные свидетельствуют, что 60% изношенного алмазного породоразрушающего инструмента — это результат прижога [9].

Прижог алмазной коронки на забое может иметь место в случаях резкого уменьшения или полного прекращения поступления промывочной жидкости для охлаждения коронки, что может быть результатом плохой работы насоса или потери жидкости через неплотно свинченные резьбовые соединения в бурильной колонне по пути движения жидкости от насоса до забоя. При бурении алмазными скважинами глубиной 700—1000 м коронками диаметром 46—59 мм и бурильными трубами диаметром 42—50 мм давление жидкости может достигать порядка 30—50 кгс/см² и выше. Поэтому при сборке снаряда нужно особенно тщательно свинчивать соединения и переходники в составе снаряда, обеспечивая полную герметичность в резьбовых соединениях. Насос должен быть хорошо проверен перед началом работ.

Прижог коронки при высоких частотах вращения бурового снаряда и высоких осевых нагрузках может произойти практически мгновенно.

Если замечено уменьшение подачи промывочной жидкости в скважину и затрудненное вращение снаряда, то это означает, что коронка может быть прижжена к забою и следует немедленно поднять снаряд. В случае спекания коронки с забоем и невозможности подъема снаряда обычным способом следует попытаться оторвать коронку от забоя, используя усилие, развивае-

мое гидравлической системой станка. Если этого усилия недостаточно, необходимо оторвать снаряд от прижатой коронки с помощью гидравлического домкрата, а оставшуюся на забое коронку разбурить твердосплавной фрезой. Однако применение домкратов может быть рекомендовано только в тех случаях, когда есть уверенность, что наиболее слабые звенья в колонне (обычно резьбовые соединения) выдержат нагрузки более высокие, чем это требуется для отрыва снаряда от прижатой коронки.

Так, для отрыва колонковой трубы от прижатой коронки требуется приложить усилие, т.е. для труб диаметром 73 мм — 39, диаметром 57 мм — 30, диаметром 44 мм — 23 (из расчета предела прочности материала труб на растяжение 70 кгс/мм²). Возможные в колонне бурильных труб слабые звенья разрываются при следующих нагрузках, т.е. шпнели из стали марки 40Х (в основании резьбы) диаметром 50 мм — 75, диаметром 42 мм — 50, диаметром 33,5 мм — 34; резьбовые концы бурильных труб шпнельного соединения (в основании резьбы) диаметром 50 мм — 43, диаметром 42 мм — 37, диаметром 33,5 мм — 19 [51]. Если указанные условия прочности бурильной колонны не обеспечены, то следует развернуть снаряд левым инструментом, а оставшуюся на забое коронку разбурить.

С целью контроля за работой алмазной коронки на забое и предупреждения ее прижога следует (при электроприводе) пользоваться показаниями амперметра, включенного в сеть этого привода. Возрастание силы электрического тока указывает на нарушение режима работы коронки и дает возможность бурильщику либо увеличить

подачу промывочной жидкости, либо поднять снаряд над забоем и выяснить причину изменения режима.

Учитывая сложность ликвидации последствий прижогов алмазных коронок, затраты большого количества времени на эти работы и потери алмазного сырья, П. Н. Курочкин и другие¹ разработали устройство, предотвращающее прижог алмазных коронок.

В основу устройства положен принцип отключения вращающейся бурильной колонны от колонкового набора при уменьшении количества промывочной жидкости ниже минимума установленной нормы. Устройство (рис. 82) просто по конструкции и может быть изготовлено непосредственно в геологоразведочных партиях и экспедициях. Оно

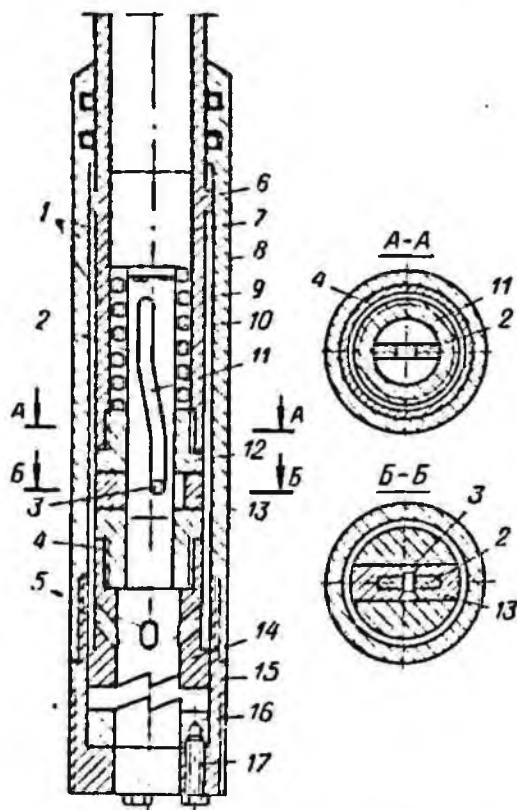


Рис. 82. Устройство для предотвращения прижогов алмазных коронок.

¹ Курочкин Л. Н., Горин В. Н., Блинов Г. А. Предохранительное соединение. — Авт. свидетельство № 274032. Бюл. «Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки», 1970, № 21.

состоит из корпуса 8 с внутренним упором 4 и переходника 15, имеющего наружную резьбу для соединения с буровым снарядом (на схеме не показан). Внутри корпуса концентрически установлена труба 9, соединяющаяся в верхней части с колонной бурильных труб и снабженная четырьмя рядами окон 1 и буртиком 6. Внутри трубы 9 расположен поршень 7, опирающийся на пружину 10 и жестко связанный со штоком 2, имеющим фигурный вырез 11. К трубе 9 на резьбе присоединен ниппель 12 с центральным отверстием для штока 2 и поперечным сквозным каналом, в котором размещается запорная планка 13 с пальцем 3, проходящим через фигурный вырез штока 2. К ниппелю 12 на резьбе присоединена верхняя храповая полумуфта 14 с окнами 5 для прохода промывочной жидкости. Нижняя полумуфта 16 размещена внутри переходника 15 и прикреплена к нему болтами 17.

Противоприжоговое устройство работает следующим образом. Под действием подаваемой в скважину промывочной жидкости поршень 7 вместе со штоком 2 перемещается вниз, открывая верхние два окна 1. Сечение этих окон рассчитано на минимально допустимый расход промывочной жидкости. По мере увеличения количества промывочной жидкости поршень продолжает опускаться, открывая третье окно. В это время палец 3 запорной планки 13, скользя по фигурному вырезу 11 штока 2 (участок А—Б), перемещает запорную планку 13, выдвигая ее в радиальном направлении из поперечного канала в ниппеле 12. В крайнем нижнем положении поршня открывается четвертый ряд окон 1, рассчитанных на пропуск максимального количества промывочной жидкости, которая проходит в буровой снаряд через окно 5.

В выдвинутом положении запорная планка 13 входит в зацепление

с упором 4 и крутящий момент с трубы 9 через ниппель 12, запорную планку 13 и упор 4 передается на корпус 8, переходник 15 и буровой снаряд. При уменьшении количества промывочной жидкости до минимально допустимого (или при полном прекращении ее подачи) поршень 7 под действием пружины 10 перемещается в верхнее положение и с помощью штока 2 и пальца 3 выводит запорную планку 13 из зацепления с упором 4. После этого труба 9 с ниппелем 12 и верхней храповой полумуфтой 14 будет свободно вращаться относительно корпуса 8 и вращение бурового снаряда прекратится. В этом положении зубцы верхней полумуфты 14 начнут проскальзывать по зубцам неподвижной нижней полумуфты 16, подавая звуковой сигнал, свидетельствующий о недостаточном количестве жидкости в скважине.

Обрыв секторов матриц может возникнуть в результате многих причин: при работе коронкой с матрицей, не соответствующей твердости пород; при сильных вибрациях снаряда; в случаях отрыва керна большого диаметра в очень твердых породах с помощью заклиночного материала; некачественного спекания матрицы с корпусом коронки и пр.

В практике алмазного бурения извлечение обломков матриц из скважины производят с помощью специальных ловушек [86].

Ловушка секторов матриц (ЛСМ), разработанная ВИТР, показана на рис. 83. Она состоит из корпуса 1, эксцентрично расположенной трубки-канала 3, внутренней камеры 4 и твердосплавной коронки 6, предназначенной для разбуривания керна и разрушения металла, находящегося на забое скважины. На наружной поверхности коронки имеется продольный паз для прохода обломков металла и восходящего потока промывочной

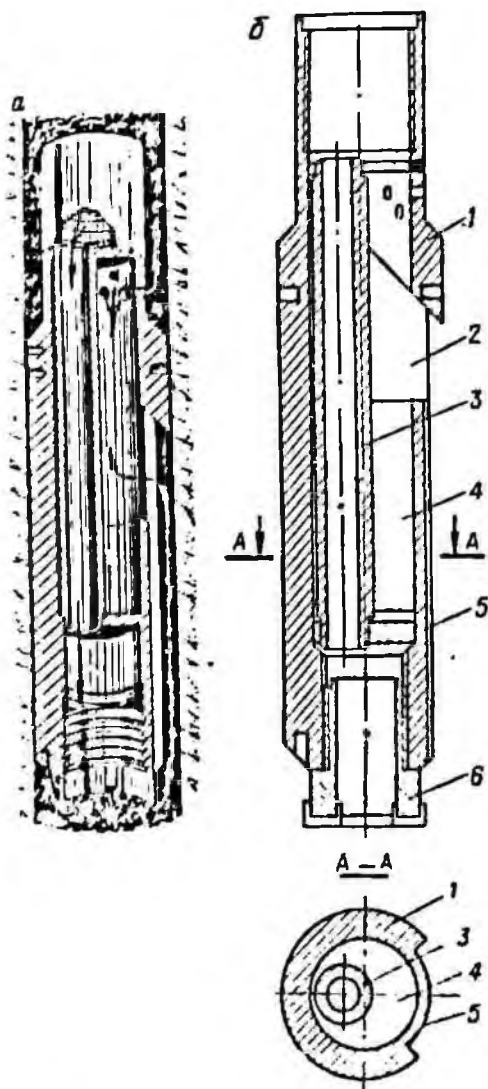


Рис. 53. Ловушка секторов матриц ЛСМ.

а — в скважине; б — конструкция: 1 — корпус; 2 — боковое окно, 3 — внутренняя трубка; 4 — внутренняя камера; 5 — паз в корпусе; 6 — специальная твердосплавная коронка.

жидкости. Выпуск резцов из тела коронки должен быть в пределах 1,0—2,5 мм. Основные параметры ловушки приведены в табл. 70.

Проверив исправность коронки и чистоту кармана, опускают ловушку на бурильных трубах. Подход к забою осуществляют с вращением снаряда и промывкой. Промывочная жидкость, подаваемая насосом в скважину, проходит по трубке 3, омывает забой скважины и поднимает частицы металла и разрушенной матрицы. Вследствие изменения направления восходящего потока промывочной жидкости и уменьшения его скорости при проходе через паз 5 корпуса частицы металла и матрицы падают в карман 4 ловушки. Ловушка позволяет очищать забой скважины от частиц металла размером до 20—30 мм.

При работе ловушки на забое рекомендуется соблюдать следующий режим: вращение снаряда на первой скорости бурового станка, нагрузка на коронку 300—400 кгс, количество промывочной жидкости 70—120 л/мин. Время работы ловушки на забое 10—15 мин.

Обрывы алмазных коронок и расширителей ликвидируются с помощью метчиков, опускаемых на бурильных трубах. Если в оставшемся на забое алмазном расширителе (коронке) имеется керн и метчик не может войти внутрь расшири-

Таблица 70

Техническая характеристика ловушек ЛСМ

Показатели	ЛСМ-46	ЛСМ-59	ЛСМ-76
Наружный диаметр, мм:			
ловушки	45	58	75
коронки	28	38,5	55
Внутренний диаметр коронки, мм	12	19	27
Присоединительная резьба к колонковой трубе по ГОСТ 6238—52, мм	Ø 44 внутренняя	Ø 57 внутренняя	Ø 57 наружная
Длина, мм	320	345	355
Масса, кг	3,0	4,15	6,1

теля, то для ловли расширителя и коронки применяют комбинированный метчик-коронку. Сочетание в одной конструкции метчика и твердосплавной коронки позволяет одновременно разбурить керн и соединить расширитель с метчиком.

Метчик-коронка (рис. 84) конструкции ВИТР состоит из двух частей: укороченного метчика 1 и твердосплавной коронки 2. Выпуск резцов из тела коронки не менее 1,5 мм. Основные параметры метчиков коронок приведены в табл. 71 [86].

Метчик-коронку, соединенную с колонковой трубой, опускают в скважину на бурильных трубах и разбуривают керн внутри оставленной в скважине коронки (расширителя). По мере разбуривания керна метчик соприкасается с оставленной коронкой, захватывает ее и поднимает из скважины. При работе рекомендуется соблюдать следующий режим: вращение снаряда на первой скорости бурового станка, нагрузка на метчик 250—300 кгс, количество промывочной жидкости 20—30 л/мин.

Обрыв обсадных и колонковых труб ликвидируют с помощью метчиков или гидравлических труболочек. Метчики менее удобны в работе по следующим причинам: для вворачивания метчика в трубу нужно приложить большие усилия, а это

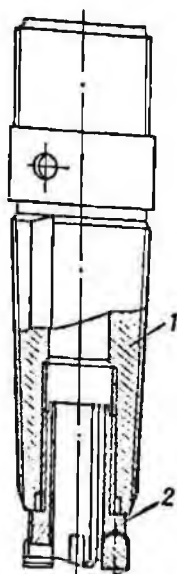


Рис. 84. Метчик-коронка МК.

приводит к раздутию и разрыву верхнего конца обсадной или колонковой трубы; кроме того, метчиком нельзя захватить трубу в любом месте по ее длине.

Гидравлическая самоосвобождающаяся труболочка лишена этих недостатков. Она может захватить трубу в любом месте по ее длине и для закрепления в трубах не требует вращения.

Гидравлические труболочки типа ТГ-59 и ТГ-76 (табл. 72) предназначены для извлечения из скважины колонковых и обсадных труб или предварительно отрезанных их частей [86].

Техническая характеристика метчиков-коронок МК

Показатели	МК-46	МК-59	МК-76	
Наружный диаметр, мм:				
	корпуса метчика	44	57	73
	коронки	28	38,5	55
Внутренний диаметр коронки, мм		12	18,5	27
		Ø 44	Ø 57	Ø 73
Присоединительная резьба к колонковой трубе по ГОСТ 6238—52 (пилпельного соединения), мм			190	200
Длина, мм	165,5	2,85	4,60	
Масса, кг	1,45			

Гидравлическая труболочка (рис. 85) состоит из стального корпуса 9, поршня 2, возвратной пружины 4, плашек 10 и клипа с направляющим наконечником 11 в нижней части корпуса. Захватывающие плашки подвешены на тягах. Вращение труболочки в скважине недопустимо.

Принцип действия труболочки заключается в следующем. По пазам конической поверхности расширяющегося клина скользят плаш-

ки с поперечной насечкой до соприкосновения с внутренней поверхностью трубы. Движение плашек по конической поверхности клина обеспечивается гидравлическим давлением жидкости на поршень в корпусе труболочки, прокачиваемой насосом через бурильные трубы, на которых опускается труболочка. По снятии давления и опускании снаряда вниз на 200—300 мм плашки освобождаются пружиной в исходное положение, после чего трубо-

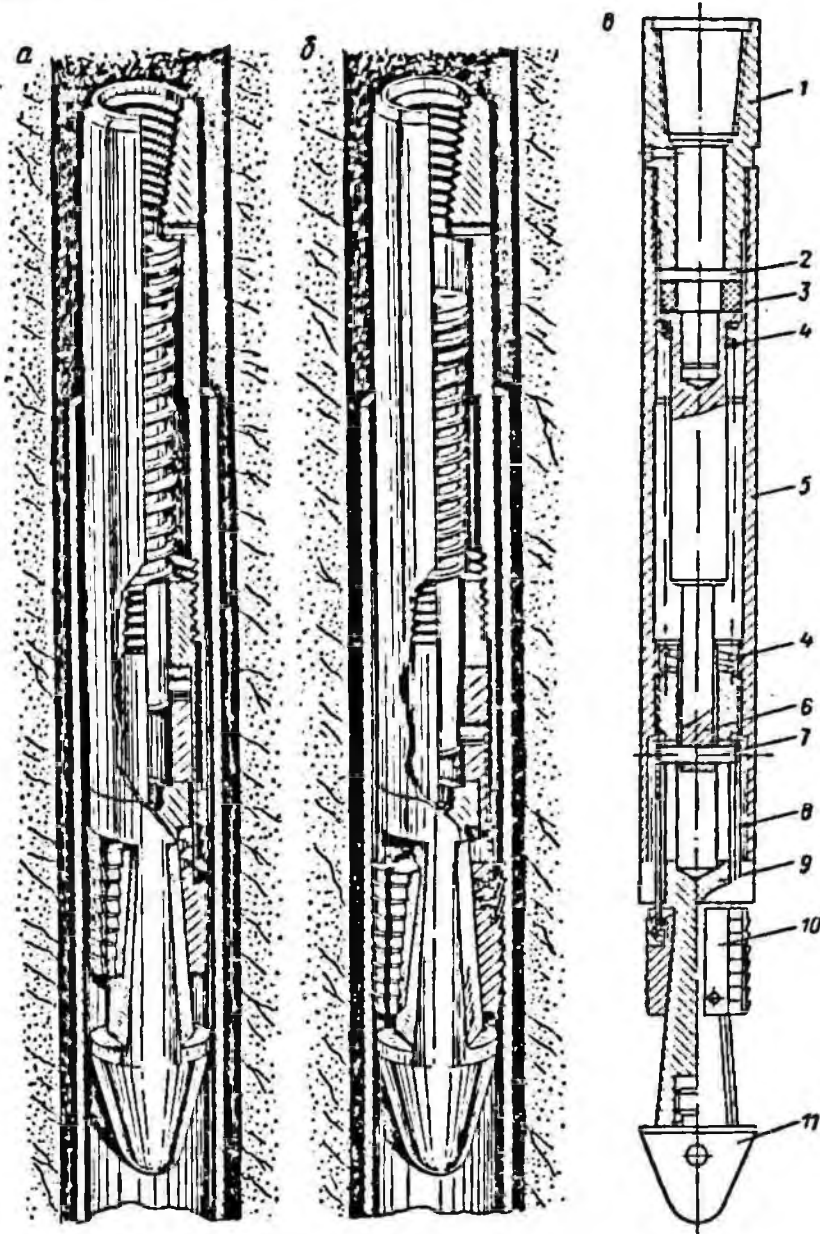


Рис. 85. Гидравлическая труболочка ТГ.

а — в скважине; б — с захваченной обсадной трубой; в — конструкция: 1 — переходник для соединения с колонной бурильных труб, 2, 3 — поршень с пятой, 4 — пружина, 5 — цилиндр, 6 — шток, 7 — палец, 8 — тяги, 9 — корпус, 10 — плашки, 11 — направляющий наконечник.

Таблица 72

Техническая характеристика труболовок ТГ

Показатели	ТГ-59		ТГ-76	
Наружный диаметр, мм	47		63	
Диаметр захватываемой трубы, мм:	57		73	
	наружный	49,5	наружный	65,5
внутренний	10	внутренний	15	
Допустимое усилие при извлечении трубы, тс	5		5	
Минимальное рабочее давление, кгс/см ²	По ГОСТ 8467—57		По ГОСТ 7918—75	
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб диаметром 50 мм	605		690	
Длина, мм	6,5		12,1	
Масса, кг				

Таблица 73

Техническая характеристика труборезов ТРГ

Показатели	ТРГ-46		ТРГ-59		ТРГ-76		ТРГ-93		ТРГ-112	
Наружный диаметр, мм	36		47		63		77		95	
Диаметр разрезаемой трубы, мм:	44		57		73		89		108	
	наружный	37	наружный	49,5	наружный	65,5	наружный	81	наружный	99,5
внутренний	5	внутренний	5	внутренний	5	внутренний	5	внутренний	5	
Минимальное рабочее давление, кгс/см ²	Ø 33,5		Ø 42		Ø 50		Ø 50		Ø 50	
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	по ГОСТ 8467—57		по ГОСТ 8467—57		по ГОСТ 8467—57		по ГОСТ 7918—75		по ГОСТ 7918—75	
Длина, мм	300		330		430		465		520	
Масса, кг	2,9		3,5		6,0		10,5		21,75	

ловка может быть свободно извлечена из скважины.

В случае невозможности подъема колонны обсадных труб целиком прибегают к извлечению их отдельными звеньями. Для этого опускают в скважину гидравлический труборез, обрезают трубы и затем с помощью труболовки извлекают их из скважины.

Гидравлические труборезы поршневого типа имеют несколько типовых размеров: ТРГ-46, ТРГ-59, ТРГ-76, ТРГ-93, ТРГ-112; их основные параметры приведены в табл. 73 [60, 86].

Устройство гидравлического трубореза показано на рис. 86. В корпусе 2 установлен шток-поршень 6

с пятой 4 и резиновым уплотнением 5. Поршень имеет сквозной канал для прохода промывочной жидкости, закрываемый шариком 3. На штоке установлена цилиндрическая пружина 7, поджимающая снизу поршень.

Труборез, после тщательного осмотра и проверки его исправности, без шарика опускается в скважину на бурильных трубах и заводится в разрезаемую трубу. После этого запускается насос. При появлении промывочной жидкости в устье скважины циркуляцию ее прекращают, сбрасывают шарик в бурильную колонну и снова включают в работу буровой насос. Под дав-

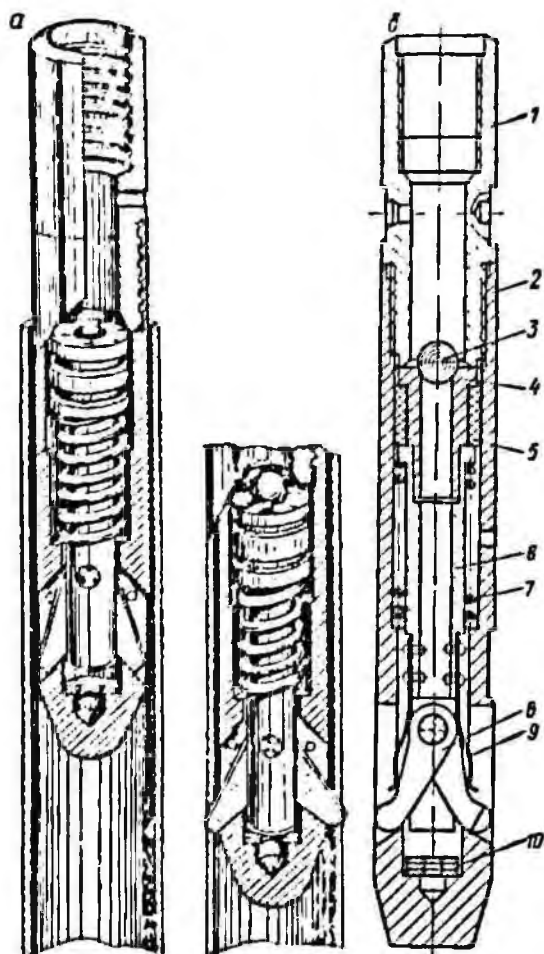


Рис. 80. Гидравлический труборез ТРГ.
 а — с резцами, выдвинутыми в рабочее положение; б — конструкция: 1 — переходник, 2 — корпус, 3 — шарик, 4 — плата, 5 — резиновое кольцо, 6 — поршень со штоком, 7 — пружина, 8 — резцы, 9 — плоские пружины, 10 — прокладки для регулировки выхода резцов.

лением промывочной жидкости поршень опускается вниз, преодолевая сопротивление пружины 7. Движение поршня через шток передается резцам, которые выдвигаются из корпуса. Резание трубы производится при вращении трубореза на первой скорости станка при давлении жидкости около 10 кгс/см². На отрезание трубы затрачивается около 5—10 мин. После отрезания трубы и снятия давления жидкости шток-поршень возвращается пружиной 7 в исходное положение, резцы входят внутрь корпуса и труборез может быть свободно поднят из скважины.

При необходимости отрезания колонковой трубы нужно вначале отвернуть левым метчиком переходник с колонковой трубы на буровую колонну и поднять его из скважины, затем очистить трубу от керна и опустить труборез.

Резцы изготавливают из закаленной быстрорежущей стали марки Р18. Труборез считается исправным и готовым к работе, если при давлении на поршень в 5 кгс/см² резцы свободно выходят из пазов корпуса, а при снятии нагрузки возвращаются в исходное положение.

Труболочки и труборезы, входящие в комплект снарядов для бу-

Таблица 74

Техническая характеристика труболочек, входящих в комплект ССК

Показатели	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, мм	43,5	58,5
Внутренний диаметр извлекаемых труб, мм:		
буровых	45,4	60,4
колонковых	45	60
Минимальное рабочее давление, кгс/см ²	5	5
Допустимое усилие захвата, тс	7	7
Присоединительная резьба к колонне буровых труб, мм	∅ 42	∅ 50
Длина, мм	535	690
Масса, кг	6	11,7

Таблица 75

Техническая характеристика гидравлических
труборезов, входящих в комплект ССК

Показатели	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, мм		
Диаметр разрезаемых труб, мм: (наружный/внутренний):	43,5	58,5
Бурильных колонковых	55/45,4 56/45	70/60,4 73/60
Рабочее давление жидкости, кгс/см ²	7—15	7—15
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	Ø 42	Ø 50
Длина, мм	343	430
Масса, кг	3,4	6,0

рения со съёмными керноприемниками, конструктивно выполнены аналогично описанному выше и отличаются только отдельными показателями (табл. 74 и 75) [31, 41].

Труборезы-труболовки комбинированные предназначены для отрезания и извлечения из скважин колонковых или обсадных труб за один спуско-подъем. Труборезы-труболовки разработаны трех типоразмеров: ТТ-59, ТТ-76 и ТТ-93 (табл. 76) [1].

ТТ-76(93) (рис. 87) состоит из двух частей: трубореза и труболовки, жестко соединенных друг с другом и имеющих общий сквозной канал для прохода промывочной жидкости.

Труборез состоит из корпуса 3, поршня 6 с запрессованной втулкой и уплотнительными кольцами, пружины 7, резцов 4, плоских пружин 5, утапливающих резцы, винта 2 для регулировки выхода резцов, наконечника 1.

Труболовка состоит из вала 12 для соединения ТТ через переходник с бурильной колонной, корпуса 8, поршня 9, клапана 11, плашек 10 для захватывания аварийных труб.

ТТ спускают на бурильной колонне внутрь аварийной колонковой (или обсадной) трубы, оставляя запас хода вниз не менее 500 мм. Приводят в действие труболовку, создавая давление буровым насо-

Таблица 76

Техническая характеристика комбинированных
труборезов-труболовок ТТ [1]

Показатели	ТТ-59	ТТ-76	ТТ-93
Наружный диаметр, мм	46	62	73
Давление промывочной жидкости при резании, кгс/см ²	12—20	12—20	12—20
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	Ø 42 по ГОСТ 8467—57	Ø 42 по ГОСТ	Ø 50 7909—56
Длина, мм	720	800	900
Масса, кг	7,4	12	25

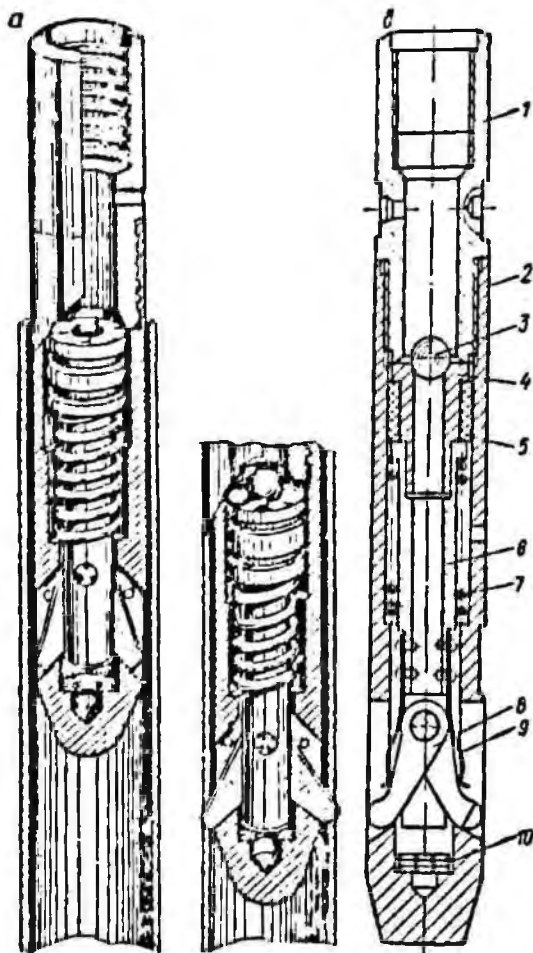


Рис. 80. Гидравлический труборез ТРГ.
 а — с резцами, выдвинутыми в рабочее положение; б — конструкция: 1 — переходник, 2 — корпус, 3 — шарик, 4 — пята, 5 — резиновое кольцо, 6 — поршень со штоком, 7 — пружина, 8 — резцы, 9 — плоские пружины, 10 — прокладки для регулировки выхода резцов.

лением промывочной жидкости поршень опускается вниз, преодолевая сопротивление пружины 7. Движение поршня через шток передается резцам, которые выдвигаются из корпуса. Резание трубы производится при вращении трубореза на первой скорости станка при давлении жидкости около 10 кгс/см². На отрезание трубы затрачивается около 5—10 мин. После отрезания трубы и снятия давления жидкости шток-поршень возвращается пружиной 7 в исходное положение, резцы входят внутрь корпуса и труборез может быть свободно поднят из скважины.

При необходимости отрезания колонковой трубы нужно вначале отвернуть левым метчиком переходник с колонковой трубы на бурильную колонну и поднять его из скважины, затем очистить трубу от керна и опустить труборез.

Резцы изготавливают из закаленной быстрорежущей стали марки Р18. Труборез считается исправным и готовым к работе, если при давлении на поршень в 5 кгс/см² резцы свободно выходят из пазов корпуса, а при снятии нагрузки возвращаются в исходное положение.

Труболочки и труборезы, входящие в комплект снарядов для бу-

Таблица 74

Техническая характеристика труболочек, входящих в комплект ССК

Показатели	ССК-53	ССК-76
Наружный диаметр, мм	43,5	58,5
Внутренний диаметр извлекаемых труб, мм:		
бурильных	45,4	60,4
колонковых	45	60
Минимальное рабочее давление, кгс/см ²	5	5
Допустимое усилие захвата, тс	7	7
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	Ø 42	Ø 50
Длина, мм	535	690
Масса, кг	6	11,7

Таблица 75

Техническая характеристика гидравлических
труборезов, входящих в комплект ССК

Показатели	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, мм		
Диаметр разрезаемых труб, мм: (наружный/внутренний):	43,5	58,5
Бурильных колонковых	55/45,4 56/45	70/60,4 73/60
Рабочее давление жидкости, кгс/см ²	7—15	7—15
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	Ø 42	Ø 50
Длина, мм	343	430
Масса, кг	3,4	6,0

рения со съёмными керноприемниками, конструктивно выполнены аналогично описанному выше и отличаются только отдельными показателями (табл. 74 и 75) [31, 41].

Труборезы-труболовки комбинированные предназначены для отрезания и извлечения из скважин колонковых или обсадных труб за один спуско-подъем. Труборезы-труболовки разработаны трех типоразмеров: ТТ-59, ТТ-76 и ТТ-93 (табл. 76) [1].

ТТ-76(93) (рис. 87) состоит из двух частей: трубореза и труболовки, жестко соединенных друг с другом и имеющих общий сквозной канал для прохода промывочной жидкости.

Труборез состоит из корпуса 3, поршня 6 с запрессованной втулкой и уплотнительными кольцами, пружины 7, резцов 4, плоских пружин 5, утапливающих резцы, винта 2 для регулировки выхода резцов, наконечника 1.

Труболовка состоит из вала 12 для соединения ТТ через переходник с бурильной колонной, корпуса 8, поршня 9, клапана 11, плашек 10 для захватывания аварийных труб.

ТТ спускают на бурильной колонне внутрь аварийной колонковой (или обсадной) трубы, оставляя запас хода вниз не менее 500 мм. Приводят в действие труболовку, создавая давление буровым насо-

Таблица 76

Техническая характеристика комбинированных
труборезов-труболовок ТТ [1]

Показатели	ТТ-59	ТТ-76	ТТ-93
Наружный диаметр, мм	46	62	73
Давление промывочной жидкости при резании, кгс/см ²	12—20	12—20	12—20
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	Ø 42 по ГОСТ 8467—57	Ø 42 по ГОСТ	Ø 50 7909—56
Длина, мм	720	800	900
Масса, кг	7,4	12	25

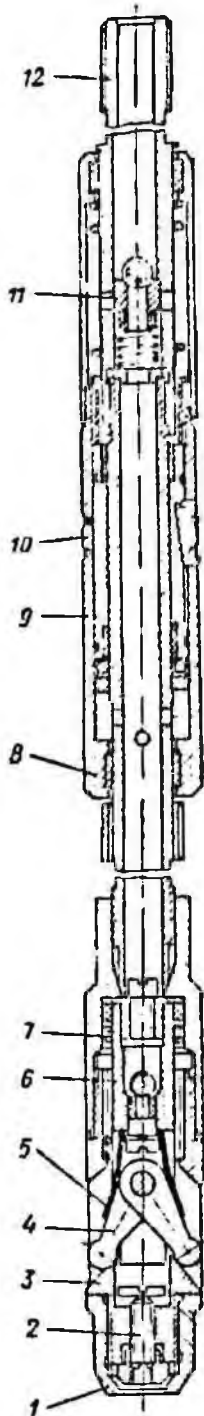


Рис. 87. Комбинированный труборез-труболовка ТТ-76(93).

сом 6—8 кгс/см² в полости вала 12. Включают гидравлическую систему станка и пытаются извлечь трубу. Если это не удастся, то ее разрезают. Для этого увеличивают давление жидкости до 12—20 кгс/см², под действием которого поршень 6

трубореза, сжимая пружину, выдвигает резцы 4 в рабочее положение. Аварийную трубу разрезают при минимальной частоте вращения снаряда в течение 5—10 мин.

Перед каждым спуском ТТ-76(93) в скважину необходимо проверить работу устройства на поверхности, подключив его к напорной системе бурового насоса. При давлении жидкости на манометре 5—6 кгс/см² плашки должны выдвигаться, а при давлении 10—12 кгс/см² должны выдвинуться резцы трубореза до размера 76(93) мм.

Фрезерные коронки предназначены для разрушения оставленных в скважине алмазных коронок, мелких металлических предметов и выпускаются трех типоразмеров: ФК-46, ФК-59 и ФК-76 (табл. 77). Фрезерная коронка (рис. 88) представляет собой утолщенное короночное кольцо с впаянными в него резцами из твердого сплава ВК-8. На короночном кольце имеются пазы для прохода промывочной жидкости.

Перед спуском фрезерной коронки в скважину необходимо проверить состояние резцов и выход их из короночного кольца (не менее 1—1,5 мм). Снаряд для ликвидации аварий собирают в следующем порядке: фрезерная коронка, корот-

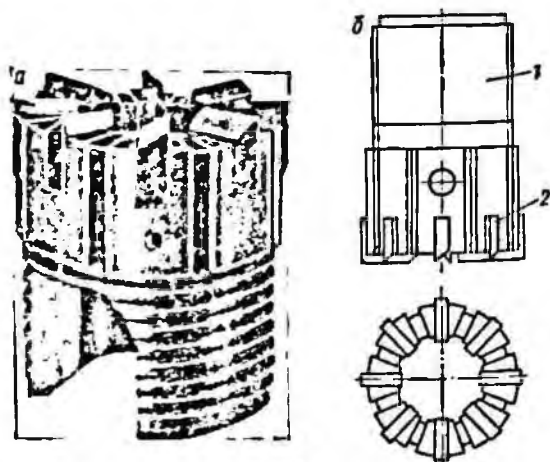


Рис. 88. Фрезерная коронка ФК.

а — общий вид; б — конструкция: 1 — корпус, 2 — твердосплавные резцы.

кая колонковая труба (500—1000 мм), переходник и шламовая труба.

Снаряд спускают в скважину на бурильной колонне. Последние 15—20 см спуск производят с вращением и подачей промывочной жидкости. Разбуривание оставленного в скважине предмета ведут на минимальной скорости вращения при осевой нагрузке 300—500 кгс, количество подаваемой жидкости такое же, как и при бурении алмазной коронкой. После разрушения оставшегося предмета скважину необходимо промыть [86].

Таблица 77

Фрезеры с направлением предназначены для разрушения колонкового набора (с керном) или его частей, оставшихся в скважине, если их невозможно извлечь ловильным инструментом. Фрезеры с направлением разработаны трех типоразмеров: ФН-46, ФН-59 и ФН-76 (табл. 78). Направление не допускает забуривания фрезера в стенку скважины и образования «перьев» при разрушении трубы [1].

Фрезер с направлением (рис. 89) состоит из направляющей 1 и фрезерной 3 коронок, трубы 2, соединяющей обе коронки, муфты 4, пе-

Техническая характеристика фрезерных коронок ФК

Показатели	ФК-46	ФК-59	ФК-76
Диаметр, мм:			
наружный	45	58	75
внутренний	21,4	30,4	39,4
Присоединительная резьба к колонковой трубе по ГОСТ 6238—52, мм	Ø 44	Ø 57	Ø 73
Длина, мм	70	72	76
Масса, кг	0,6	0,94	1,64

реходника 5. Переходник служит для присоединения фрезера к колонне бурильных труб (ФН-46, 59) и шламовой трубе (ФН-76).

Перед спуском фрезера с направлением в скважину необходимо проверить состояние резцов и выход их (не менее 1—1,5 мм) из ко-

роночного кольца. Фрезер спускают в скважину на бурильной колонне. Последние 15—20 см спуск производят с вращением и подачей промывочной жидкости. Разбуривание колонкового набора ведут при минимальной скорости станка, осевой нагрузке 200—400 кгс и расходе

Таблица 78

Техническая характеристика фрезеров ФН

Показатели	ФН-46	ФН-59	ФН-76
Наружный диаметр, мм:			
фрезерной коронки	45	58	75
направляющей коронки	28	41	58
центрирующего пояса	36	48	64
Присоединительная резьба к колонне бурильных труб, мм	Ø 42 по ГОСТ	Ø 50 8467—57	Ø 50 по ГОСТ 7909—56
Длина, мм	370	385	390
Масса, кг	2,9	4,5	8,8

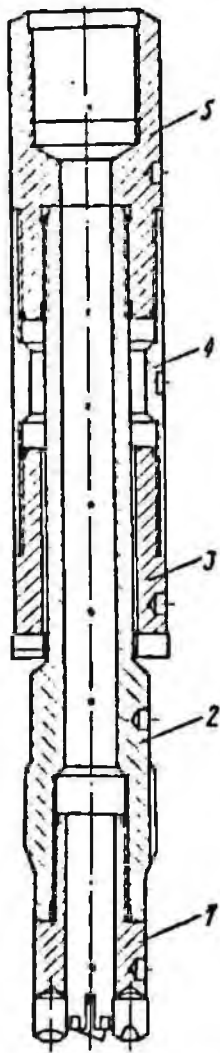


Рис. 80. Фрезер с направлением ФН.

промывочной жидкости не менее 40—50 л/мин. По окончании работ фрезер с направлением разбирают, промывают и осматривают. Изношенные фрезерные коронки заменяют новыми.

Магнитные ловушки предназначены для улавливания и извлечения мелких металлических предметов, находящихся на забое скважины. Магнитные ловушки разработаны четырех типоразмеров: ЛМ-46, ЛМ-59, ЛМ-76 и ЛМ-93 (табл. 79).

Ловушка обеспечивает надежный захват и извлечение магнитом на поверхность мелких металлических предметов с забоя скважины, обладает достаточной прочностью для

разрушения обломков керна, обеспечивает проход промывочной жидкости через корпус без значительных гидравлических сопротивлений.

Магнитные ловушки ЛМ-46, ЛМ-59 (рис. 90, а) и ЛМ-76, ЛМ-93 (рис. 90, б) состоят из постоянного магнита 5, кольца 4, прокладки 3, шарика 2, корпуса переходника 1, ниппеля 6 [для ЛМ-76 (93)] и фрезерной коронки 7. Магнит в полевых условиях разбирать не следует.

В ЛМ-46(59) постоянный магнит состоит из полюса-наконечника, стакана, магнитного кольца и магнитопровода. В ЛМ-76(93) магнит состоит из винта, двух полюсов-наконечников, стакана, магнитного кольца и магнитопровода. На магнитный конус намотан провод, концы которого выведены через отверстия в магнитопроводе, загнуты в петли-клеммы, которые надеты на винт и зажаты гайкой. Алюминиевый стакан служит каркасом для компоновки деталей магнита и их изоляции от ниппеля и корпуса.

Перед каждым спуском ловушки в скважину рекомендуется:

- проверить состояние фрезерной коронки и выход (не менее 1—1,5 мм) резцов из короночного кольца;

- очистить рабочую поверхность магнита от смазки и грязи;

- проверить подъемную силу магнитной системы.

Ловушку спускают в скважину на бурильной колонне. Не доходя до забоя несколько метров, включают промывку и с вращением ставят снаряд на забой. Продолжительность вращения ловушки на забое с минимальной скоростью 5—10 мин, осевая нагрузка 100—200 кгс, расход промывочной жидкости 20—30 л/мин.

Перед подъемом снаряда в бурильные трубы следует бросить шарик. Подъем снаряда необходимо производить без рывков и ударов. По окончании работ ловушку очищают и осматривают.

Таблица 79

Техническая характеристика магнитных ловушек ЛМ [60]

Показатели	ЛМ-46	ЛМ-59	ЛМ-76	ЛМ-93
Диаметр, мм	44	57	73	89
Масса металла, поднимаемого магнитом, кг:				
куска стали	0,2	0,8	1,5	3,0
стружки или мелких обломков	0,05	0,15	0,30	0,50
Масса контрольного груза со шлифованной поверхностью контакта, поднимаемого магнитом без встряхивания, кг	2	3,2	6,4	12,0
Материал магнита	Сплав ЮНДК 24Б, ГОСТ 9575—60			
Присоединительная резьба, мм:				
к колонне буровых труб (верхняя)	Ø 42 по ГОСТ 8467—57	Ø 50	Ø 50	
к коронке или фрезеру (нижняя)	Ø 44	Ø 57	Ø 73	Ø 89
Длина, мм	115	115	165	170
Масса, кг	0,74	1,50	3,51	6,00

На поверхности магнитов не должно быть:

— сквозных трещин в осевом и радиальном направлениях;

— сколов на шлифованных поверхностях площадью более 25% от площади этих поверхностей.

Во избежание размагничивания ловушки не рекомендуется хранить около источников тепла и в зоне действия электромагнитного поля, подвергать воздействию вибрации. Ловушки следует предохранять от воздействия атмосферных осадков, пыли и других вредных примесей [60].

При обрыве кабеля (например, при геофизических скважинных исследованиях) оставшаяся в скважине часть кабеля извлекается с помощью приспособления ПЛК, разработанного в двух типоразмерах: ПЛК-59 и ПЛК-76 (табл. 80).

В конструкции ПЛК-59 (76) (рис. 91) на переходник 1 навинчен цилиндр 3, в который через ниппель 6 ввинчен ерш 8. Внутри цилиндра находится поршень 2 с двумя уплотнительными резиновыми кольцами. Поршень 2 через шток 5 соединен с зажимом 7. На шток 5 надеты две шайбы и пружина 4 для удержания зажима в крайнем верхнем положении.

Перед спуском в скважину ПЛК следует проверить его работу. Для этого его надо присоединить к бу-

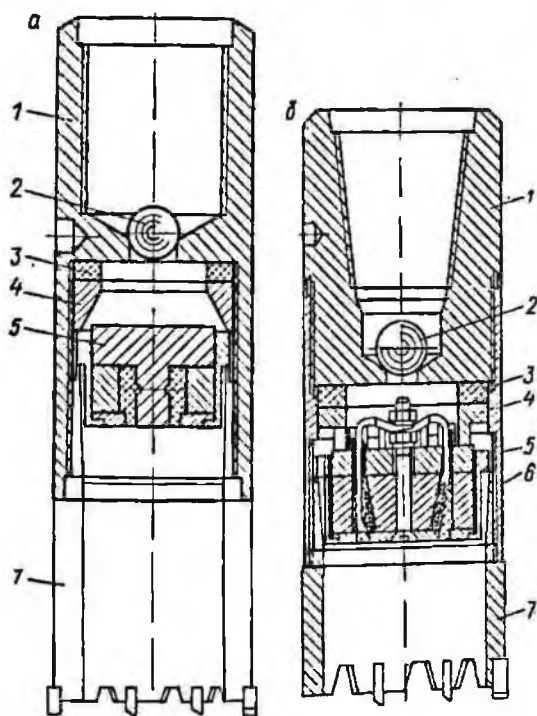


Рис. 90. Магнитные ловушки.

ровому насосу. При давлении 5—10 кгс/см² шток должен двигаться свободно, а пружина — возвращать его в исходное положение.

ПЛК на бурильной колонне спускают в скважину до соприкоснове-

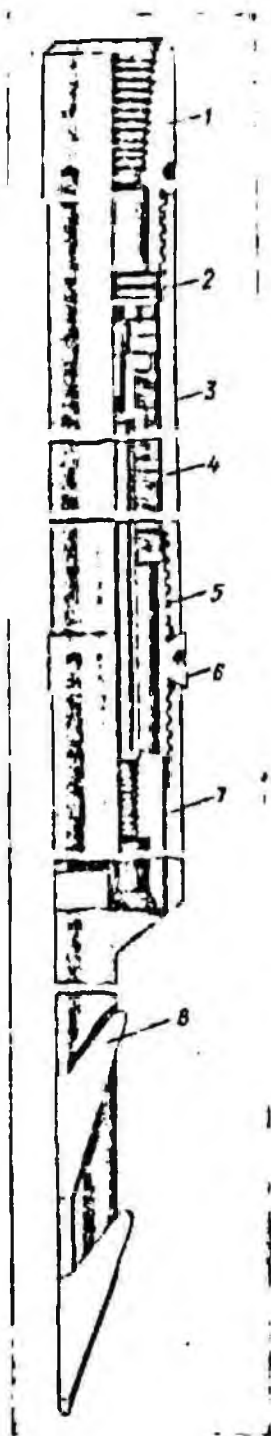


Рис. 91. Приспособление ПЛК для ловли и извлечения оборванного кабеля.

Таблица 80

Техническая характеристика приспособлений для ловли кабеля

Показатели		ПЛК-59	ПЛК-76
Наружный диаметр, мм		57	73
Давление промывочной жидкости, кгс/см ²		10	10
Длина, мм		1140	1140
Масса, кг		12	17,3

Примечание. Присоединительная резьба к колонне бурильных труб диаметром 50 мм по ГОСТ 7918—73.

ния с кабелем. Расхаживанием с проворотом следует добиться захвата кабеля ершами 8, после чего включить буровой насос. Под действием давления промывочной жидкости поршень 2, сжимая пружину 4, давит на шток 5, выдвигающий зажим 7, который обеспечивает надежное удержание кабеля, захваченного ершами 8. Инструмент с кабелем извлекают на поверхность.

Ловильные гладкие и граненые пики (табл. 81) предназначены для ликвидации обрывов бурильных труб. Гладкие пики применяют при извлечении колонны или предварительно отрезанных ее частей; с помощью граненых пик возможно отворачивать колонны труб с последующим извлечением по частям.

Керноподъемники предназначены для извлечения на поверхность оставленного в скважине керна. В зависимости от степени трещиноватости и раздробленности пород керна устанавливают различные кернозахватные устройства. Керноподъемник состоит из колонковой трубы, переходника и башмачной коронки с различными кернорвальными устройствами. Техническая характеристика керноподъемников приведена в табл. 82. При оставлении в скважине керна сильно раздробленных и трещиноватых

Таблица 81

Техническая характеристика ловильных пик

Показатели	К комплекту	
	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, мм	49	65
Внутренний диаметр извлекаемых труб, мм	42—48	52—64
Максимально допустимое усилие за- давливания, тс	10	10
Присоединительная резьба (правая и левая) к колонне бурильных труб по ГОСТ 8467—57, мм	Ø 42	Ø 50
Длина, мм	500	525
Масса, кг	4	7

Таблица 82

Техническая характеристика керноподъемников

Показатели	К комплекту	
	ССК-59	ССК-76
Наружный диаметр, мм	58	75
Диаметр извлекаемого керна, мм	35,4	46
Присоединительная резьба к колон- ковой трубе по ГОСТ 6238—52, мм	Ø 57	Ø 73
Длина, мм	3150	3160
Масса, кг	16,5	23,5

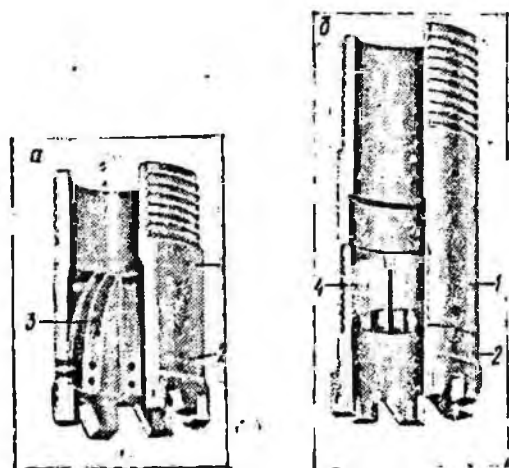


Рис. 92. Керноподъемники.

a — с пластинчатыми пружинами; *b* — с рвательным кольцом.
1 — корпус; 2 — твердосплавная коронка; 3 — пластинчатые пружины; 4 — рвательное кольцо.

пород необходимо в керноподъемник устанавливать кернорватель с пластинчатыми пружинами (рис. 92, *a*); для захвата керна монолитных пород в керноподъемник устанавливают кернорватель с кольцевой пружиной (рис. 92, *b*).

Ловильные пики и керноподъемники входят в комплект ССК [1, 60, 86].

§ 2. ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ В МЕРЗЛЫХ ТОЛЩАХ ГОРНЫХ ПОРОД

Из перечня известных и сопровождающих проведение скважин осложнений в настоящем разделе рассмотрены наиболее серьезные и наименее управляемые, а именно:

осложнения, возникающие в процессе бурения мерзлых пород.

Специфичными для условий бурения в среде с постоянной отрицательной температурой осложнениями являются:

1) обвалы пород со стенок скважины в случае разрушения (растепления) ствола;

2) частичное или полное поглощение промывочной жидкости порами и трещинами в породах сухой мерзлоты или породами, имеющими отрицательную температуру, но вся влага в которых находится в жидкой фазе;

3) примерзание бурильных, колонковых и обсадных труб к стенкам скважины в случаях оставления жидкости в стволе без движения, например при авариях с буровым снарядом;

4) замерзание жидкости в скважине;

5) образование «сальников» на бурильных трубах при выделении льда (шуги) в скважине;

6) смятие обсадных труб;

7) произвольное опускание обсадных труб в скважину;

8) схватывание (а только смерзание с течением времени) цемента или другой смеси для тампонирувания в среде с постоянной отрицательной температурой.

На практике нередко наблюдается одновременное возникновение ряда перечисленных выше осложнений в одной и той же скважине, например, при авариях с буровым снарядом, когда скважина остается в покое длительное время, происходит замерзание жидкости в стволе или, наоборот, при появлении льда (шуги) в стволе возможно зашламование бурового снаряда. Вот почему требуется постоянный контроль параметров промывочной жидкости, особенно ее температурного режима в процессе бурения скважины.

Перечисленные выше осложнения являются весьма «устойчивыми» и

крайне редко, и притом с большими затратами времени и средств, поддаются устранению или частичному исправлению. Поэтому на практике имеют место случаи вынужденного прекращения бурения и преждевременного закрытия скважин при возникновении тяжелых, неликвидируемых осложнений.

Первопричинами возникновения указанных выше осложнений являются: неправильное оборудование устья скважины, несоблюдение основных правил температурного режима промывки, неудовлетворительная установка направления и кондуктора в скважине и применение неправильных методов и приемов для устранения начавшихся осложнений вследствие недостаточных знаний буровым персоналом специфики поведения мерзлоты при выполнении различных технологических операций в скважине.

Сползание и обвалы пород со стенок скважины происходят из-за нарушения температурного режима ее промывки. В толщах сплошной мерзлоты процесс растепления приводит, как правило, лишь к сползанию пород со стенок скважины; в случае же чередования пород с разными температурами или пород трещиноватых растепление мерзлоты часто приводит к обвалу значительных объемов пород.

Признаками начавшегося осложнения в скважине являются резкое увеличение шлама в растворе, периодические затруднения вращения снаряда и быстрое ухудшение качественной характеристики промывочной жидкости. Для ликвидации начавшегося осложнения следует немедленно увеличить промывку и продолжать ее до полного выравнивания температурного режима в скважине. С этой целью должен быть использован только качественный раствор из запасной емкости. Если этого не сделать, что осложнение неизбежно перейдет в аварию — прихват колонковой трубы шламом.

Потери промывочной жидкости при бурении в толщах мерзлых пород могут иметь место в следующих случаях:

— при частичном или полном поглощении промывочной жидкости свободными от льда трещинами и порами сухой мерзлоты, т. е. такой породой, которая подвергалась охлаждению (замораживанию) при наличии незначительного количества влаги или при полном ее отсутствии в порах породы;

— при частичном или полном поглощении промывочной жидкости породами (главным образом песками), имеющими отрицательную температуру, но вся влага в которых находится в жидкой фазе (минерализованная вода). В таких случаях влага в порах и трещинах породы замерзает при более низкой температуре, чем температура толщи мерзлых пород. Мерзлые породы с влагой в жидкой фазе при обработке их промывочной жидкостью ведут себя так же, как и породы с положительной температурой, т. е. они могут быть размыты в процессе бурения и могут в известных случаях поглощать промывочную жидкость;

— при частичном или полном поглощении промывочной жидкости в закарстованных толщах, пересеченных скважиной; как правило, в этих зонах наблюдается полный уход промывочной жидкости.

Ликвидация частичного или полного поглощения промывочной жидкости производится путем увеличения ее вязкости, если бурение проводилось с промывкой глинистым раствором, за счет добавления свежего раствора. Если это мероприятие не дает положительного результата, то следует применить быстрогустеющие и быстросхватывающиеся смеси или высококачественный тампонажный цемент. В тех случаях, когда бурение производится с промывкой соленой водой, погло-

щение жидкости ликвидируется с помощью тампонажного цемента.

Рекомендуется также следующий состав быстрогустеющей смеси, давшей на практике положительные результаты: тампонажного цемента марки 400—1000 кг; глинистого раствора плотностью $1,20 \text{ г/см}^3$ — 500 л; жидкого стекла (40° Боме) — 45 л; каустической соды плотностью $1,30 \text{ г/см}^3$ — 90 л и воды — 100 л. Смесь этого состава схватывается и нормально твердеет в процессе длительного охлаждения при устойчивой отрицательной температуре без заметного увеличения объема. Примерзание бурильных, колонковых и обсадных труб к стенкам скважины может произойти либо при опускании их в состоянии сильного охлаждения в зимний период, либо в результате искривления скважины, когда колонна труб плотно примыкает боковой поверхностью к мерзлым стенкам и остается продолжительное время в полном покое. Опыт работы показывает, что в начальный период замерзания жидкости колонна прихватывается породой в отдельных точках (перемычки льда) и только в течение последующего времени происходит процесс полного замерзания затрубного пространства (колонна обсадных труб) или ствола скважины (колонна бурильных труб). Для освобождения примерзших труб следует производить энергичную промывку скважины жидкостью, применяемой при бурении (вода или глинистый раствор), с содержанием поваренной соли 8—10% (по массе от работающей жидкости). Струя соленой жидкости с отрицательной температурой, поднимаясь со значительной скоростью в затрубном пространстве, успешно размывает начавшие образовываться перемычки льда.

Замерзание ствола скважины может иметь место только в результате пренебрежительного отношения к температуре промывочной

жидкости, отсутствия контроля тепловой характеристики ствола, особенно в процессе ликвидации аварии, когда жидкость в скважине может находиться длительное время без движения. Замерзание ствола, свободного от инструмента, влечет за собой потерю времени и средств на повторное разбуривание скважины. Если же в скважине замерзает и рабочий инструмент, то освобождение его, связанное с периодическим обуриванием, отвертывание и извлечение по частям выливается уже в тяжелый вид затяжной аварии. При этом нужно иметь в виду, что практически затруднения в регулировании теплового режима скважины могут вызывать серьезные дополнительные осложнения по причине растепления мерзлых стенок ствола.

Образование глинисто-песчаных сальников на бурильных трубах имеет место в результате работы с глинистым раствором низкого качества. Практикой бурения установлено, что с понижением температуры промывочной жидкости и выпадением льда (шуги) в скважине наступает благоприятный момент для свертывания коллоидных глинистых частиц и резкого увеличения фильтрации, вследствие чего образование сальников происходит весьма быстро. Пересечение скважиной горизонтов ангидрита, гипса, каменной соли и т. п. ухудшает качество глинистого раствора и еще более способствует образованию плотных сальников. Поэтому основным мероприятием, предупреждающим образование сальников, является строгое соблюдение качественной и тепловой характеристики глинистого раствора. Указанием на образование сальников служит затруднение вращения бурильных труб, особенно в зоне искривления скважины, затяжки при подъеме, резкое ухудшение качества глинистого раствора. Разработку сальников следует проводить с расхаживанием



Рис. 93. Смятие обсадной трубы.

инструмента на небольшом интервале с увеличенной частотой вращения и промывкой жидкостью с содержанием поваренной соли до 10% (по массе). Подъем каждой свечи бурильных труб рекомендуется выполнять с обязательным расхаживанием и вращением инструмента.

Смятие труб (рис. 93) вследствие перехода влаги (воды) из жидкой фазы в твердую (лед) и резкого увеличения ее объема в затрубном пространстве (или в стволе скважины) является наиболее тяжелым видом осложнения, имеющим широкое распространение. Смятие труб препятствует дальнейшему бурению и качественному исследованию скважины, поэтому разработка мер, предупреждающих смятие труб, является важным звеном в технологии бурения скважин в мерзлых породах.

Исправление смятия обсадных труб обычными методами, принятыми в практике бурения, например, работа оправками, не всегда дает положительные результаты вследствие того, что пространство за тру-

бами в зоне смятия оказывается заполненным льдом. Растепление льда за трубами и последующее исправление смятого участка с помощью оправок возможно лишь в отдельных случаях при небольшом смятии колонны.

Бурение и испытание скважины в выправленной от смятия колонне представляет большие трудности, так как зона нарушения прочности металла труб является слабым местом в колонне и легко подвергается повторному смятию, как правило, уже с разрывом сплошности металла.

Явления смятия труб отмечены во многих скважинах, пробуренных в толще мерзлых пород, при этом в ряде скважин имеет место смятие одной и той же колонны в нескольких интервалах скважины. Напри-

мер, в Нордвикском районе в скв. 1 одна и та же колонна оказалась смятой на глубинах 108; 201 и 220,5 м; в скв. 2 — на глубине 119; 135; 163 и 168,9 м; в скв. 7 — на глубине 31 и 115 м.

Произвольное опускание колонны обсадных труб имеет место в тех случаях, когда башмак колонны остановлен в «рыхлых» мерзлых породах, способных к быстрому разрушению при обработке их промывочной жидкостью, например в песках или на линзе льда. Для предупреждения свободного опускания труб нужно избегать остановки башмака колонны в породах, насыщенных льдом, особенно в песках и песчанистых глинах. Кроме того, следует надежно закреплять верхний конец колонны в устье скважины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аварийный буровой инструмент* (руководство по эксплуатации). Л., 1973. 26 с. (ВИТР). Авт.: И. Н. Бухарев, Б. И. Варжель, Б. Г. Дасев и др.
2. *Бакуль В. И.* Советским синтетическим алмазам — семь лет. — «Синтетические алмазы», 1969, № 1, с. 3—7.
3. *Барон Л. И.* Коэффициенты крепости горных пород. М., «Наука», 1972. 176 с.
4. *Барон Л. И., Личели Г. П.* Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. М., «Недра», 1966. 210 с.
5. *Баюнчиков В. А., Блинов Г. А., Корнилов И. И.* Новые алмазные коронки для бурения горных пород средней твердости. — «Разведка и охрана недр», 1975, № 7, с. 27—31.
6. *Блинов Г. А., Пономарев П. П.* Новые алмазные коронки для бурения трещиноватых пород. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 3, с. 32—35.
7. *Блинов Г. А., Сасонкин Г. А.* Разработка ежегодных норм расхода алмазов при бурении геологоразведочных скважин для производственных организаций. Л., 1968. 14 с. (ВИТР).
8. *Блинов Г. А., Головин О. С., Плавский Д. И.* Система рациональной обработки алмазных коронок (методические указания). Л., 1968. 34 с. (ВИТР).
9. *Блинов Г. А., Курочкин П. Н., Горин В. И.* Устройство для предупреждения прижогов алмазных коронок. — «Методика и техника разведки», 1973, № 88, с. 50—52. (ВИТР).
10. *Блинов Г. А., Курочкин П. Н., Суманев И. И.* Антивибрационные средства для алмазного геологоразведочного бурения. Л., «Недра», 1974. 120 с.
11. *Борисович В. Т., Комаров М. А.* Определение буримости горных пород для совершенствования нормирования разведочного бурения. — «Изв. вузов. Геология и разведка», 1973, № 5, с. 145—150.
12. *Бочаров А. И., Асеева И. Г.* Безопасное проведение работ при колонковом бурении (инструктивная карта). Л., 1974. 32 с. (ВИТР).
13. *Бурдун Г. Д.* Справочник по международной системе единиц. М., Изд-во стандартов, 1972. 232 с.
14. *Бутковская Э. М., Грацианская Л. Н., Карпушин С. С.* Методические указания по профилактике вибрационной болезни бурльщиков. Л., 1969. 30 с. (НИИ гигиены труда и профзаболеваний).
15. *Бухарев Н. Н., Коломийцева Т. А., Онищин В. П.* Конструктивные особенности бурового инструмента ССК-59 и ССК-76. — «Методика и техника разведки», 1975, № 100, с. 15—17. (ВИТР).
16. *Витторф М. В., Быкова Н. В.* Новое в определении буримости горных пород. — «Методика и техника разведки», 1967, № 58, с. 68—70. (ВИТР).
17. *Власюк В. И., Суклета А. К.* Опыт бурения восстающих скважин при разведке сложных месторождений. — «Экспресс-информация. Сер. Техника и технология геол. развед. работ», 1973, № 17—18, с. 1—13. (ВИЭМС).
18. *Воздвиженский Б. И., Мельничук И. П., Пешалов Ю. А.* Физико-механические свойства горных пород и влияние их на эффективность бурения. М., «Недра», 1973. 240 с.
19. *Временная инструкция по алмазному бурению.* Л., «Недра», 1969. 144 с. Авт.: Г. А. Блинов, А. Л. Николас, П. П. Пономарев и др.
20. *Временные нормы времени на бурение разведочных скважин алмазными коронками.* М., 1971. 18 с. (ВИЭМС). Авт.: М. Г. Кривенко, С. Ф. Буриков, Н. М. Евтеева и др.
21. *Выбор минимальных диаметров керна, допустимых для опробования разных видов твердых полезных ископаемых.* Л., 1973. 90 с. (ВИТР). Авт.: В. Г. Соловьев, Ю. Л. Михалкевич, Г. Г. Пежемский и др.
22. *Гордиевский Э. Н.* Краткое руководство для бурового мастера механического колонкового бурения. М., «Недра», 1970. 175 с.
23. *Двойные колонковые трубы для алмазного бурения* (руководство по эксплуатации). Л., 1969. 40 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, В. П. Онищин, Т. А. Коломийцева и др.
24. *Дворов Н. М.* Глубинное тепло Земли. М., «Наука», 1972. 208 с.
25. *Зайонц О. Л., Комар В. Я., Арцимович Г. В.* Опыт скоростной проходки скважин алмазными коронками. Киев, «Техника», 1973. 36 с.
26. *Илларионова Т. М.* Бурение скважин с обратной эрлифтной промывкой в осложненных условиях (методические рекомендации). Л., 1973. 49 с. (ВИТР).
27. *Инструктивные указания по отбору керна при колонковом бурении геологоразведочных скважин.* Л., «Недра», 1970. 44 с. Авт.: И. А. Уткин, А. П. Руденко, В. И. Титенков, Ю. А. Яковлев.
28. *Инструктивные указания по рациональной обработке алмазного породоразрушающего инструмента.* Л., 1972. 28 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, О. С. Головин, В. И. Васильев, Д. Н. Плавский.
29. *Инструктивные указания по составлению норм возврата алмазов из отрабо-*

танного бурового инструмента. Л., 1969. 14 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, О. С. Головин, А. А. Андреева и др.

30. Инструкция по отбору, документации, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керпа скважин колонкового разведочного бурения. М., 1973. 24 с. (Мингео СССР).

31. Исаев М. И., Оницин В. П. Бурение скважин со съемными керноприемниками. Л., «Недра», 1975. 128 с.

32. Исаев М. И., Пономарев П. В. Основы прогрессивной технологии алмазного бурения геологоразведочных скважин. М., «Недра», 1975. 287 с.

33. Исследования прочности и деформируемости горных пород. М., «Наука», 1973. 207 с. Авт.: А. И. Берон, Е. С. Ватолин, М. И. Койфман и др.

34. Казанцев М. И. Кернометрия. Изд. 2-е. Алма-Ата, 1971. 184 с. (КазИМС).

35. Карюк Г. Г. Инструмент из синтетических алмазов для обработки строительных материалов и конструкций. — «Синтетические алмазы», 1969, № 1, с. 58—63.

36. Касаточкин А. В., Сладков В. И. Алмазные долота для бурения разведочных скважин на твердые полезные ископаемые. — «Обзор», 1968, сер. 11, № 32. 36 с. (ВИЭМС).

37. Кичигин К. М. Опыт внедрения кернометрии на Урале. — «Разведка и охрана недр», 1970, № 2, с. 30—34.

38. Козловский Е. А. Совершенствование техники и технологии разведочного бурения в производственных условиях. М., 1969. 167 с. (Мингео СССР).

39. Козловский Е. А. Новая техника и технология разведочного бурения. М., «Недра», 1972. 216 с.

40. Козловский Е. А. Экспериментально-теоретические исследования и разработка основных вопросов оптимизации процесса разведочного бурения. Автореф. дис. М., 1972. 44 с.

41. Комплекс технических средств для алмазного бурения скважин снарядами со съемными керноприемниками ССК-59 (руководство по эксплуатации). Л., 1975. 54 с. (ВИТР). Авт.: Н. Н. Бухарев, И. М. Гинзбург, М. И. Исаев и др.

42. Копылов В. Е. Исследование перспективной технологии структурно-поискового алмазного бурения и процесса гашения вибраций бурильных труб. — Автореф. дис. Баку, 1972. 32 с.

43. Копылов В. Е., Чистякова Ю. А., Мухин Э. М. Вибрации при алмазном бурении. М., «Недра», 1967. 128 с.

44. Кудряшов Б. Б., Яковлев А. М. Новая технология бурения скважин в мерзлых породах. Л., «Недра», 1973. 168 с.

45. Кузнецов Г. Н., Будько М. Н. Оценка влияния трещиноватости пород на их устойчивость в горных выработках ме-

тодом моделирования. Л., 1964. 190 с. (ВНИМИ).

46. Куличихин Н. И., Бондаренко В. С. Классификация горных пород для технологического нормирования. М., «Недра», 1970. 142 с.

47. Курочкин П. Н., Блинов Г. А. Измеритель диаметров коронок (проспект). Л., 1974. 2 с. (ВИТР).

48. Ломтадзе В. Д. Методы лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород. Л., «Недра», 1972. 312 с.

49. Любимов Н. И. Принципы классификации и эффективного разрушения горных пород при разведочном бурении. М., «Недра», 1967. 317 с.

50. Марамзин А. В. Бурение скважин в многолетней мерзлоте. Л., Госоптехиздат, 1963. 287 с.

51. Марамзин А. В. Бурение геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые. Л., «Недра», 1969. 344 с.

52. Марамзин А. В., Рызанов А. А. Бурение разведочных скважин в районах распространения многолетнемерзлых пород. М., «Недра», 1971. 148 с.

53. Мельник Э. М. Тампонажное устройство ТУ-7 (проспект). М., «Недра», 1973. 4 с.

54. Мероприятия по повышению экономической эффективности использования алмазов при геологоразведочном бурении. Л., 1968. 12 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, Г. А. Сасонкин, О. С. Головин, Ю. А. Оношко

55. Методические указания по применению новой смазочной добавки СГ к промывочной жидкости. Киев, «Реклама», 1971. 16 с. Авт.: О. Л. Зайонц, М. Ш. Кендис, В. А. Комар и др.

56. Мишкевич Г. И. Его величество алмаз. Л., «Машиностроение», 1972. 152 с.

57. Нормирование расхода и возврата алмазов при геологоразведочном бурении (инструктивные материалы). Л., 1970. 28 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, А. А. Андреева, О. С. Головин и др.

58. Нормирование расхода, возврата и производственных запасов алмазного породоразрушающего инструмента. Л., 1972. 58 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, О. В. Иванов, В. И. Тихомиров и др.

59. Однослойные алмазные коронки диаметром 112 мм. — «Экспресс-информация», 1971, сер. 11, вып. 144. 8 с. (ВИЭМС). Авт.: Г. А. Блинов, В. А. Баюничков, А. Л. Николас и др.

60. Оницин В. П., Бухарев Н. Н., Варжель Б. И. Инструмент для алмазного бурения. Л., «Недра», 1975. 104 с.

61. Основные направления в разработке комплекса нового алмазного породоразрушающего инструмента. — «Методика и техника разведки», 1973, № 88, с. 5—16. (ВИТР). Авт.: В. А. Баюничков, Г. А. Блинов, М. И. Исаев и др.

62. Основные направления в разработке отечественных алмазных коронок для съемных керноприемников. — «Методика и техника разведки», 1975, № 10, с. 11—14. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, Е. Н. Второв, М. Д. Дроздков, В. И. Михайлова.
63. Перфокартная информационно-поисковая система учета работы алмазных буровых коронок (инструктивные указания). Л., 1970. 36 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, И. Б. Васильева, Г. А. Кондрашкова и др.
64. Петрукович С. В. Кернорватели (проспект). М., «Недра», 1970. 2 с.
65. Породоразрушающий инструмент для алмазного бурения. Л., «Недра», 1969. 130 с. Авт.: Г. А. Блинов, А. Л. Николас, П. П. Пономарев и др.
66. Потемкин Г. А. Вибрационная защита и проблемы стандартизации. М., Изд-во стандартов, 1969. 200 с.
67. Правила безопасности при геологоразведочных работах. М., «Недра», 1972. 240 с.
68. Применение кернорвателей при алмазном бурении. Л., 1968. 16 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, Ю. И. Волков, В. П. Опищин, Ю. А. Оношко.
69. Применение эмульсионных промывочных жидкостей при алмазном бурении (практические рекомендации). Л., 1970. 18 с. (ВИТР). Авт.: М. И. Исаев, П. Н. Курочкин, В. И. Горин и др.
70. Прокофьев В. А., Лебедев В. Н., Каролинский В. А. Опыт алмазного бурения. Л., «Недра», 1971. 114 с.
71. Разработка норм переходящих производственных запасов алмазного породоразрушающего инструмента (методические указания для производственных геологических организаций). Л., 1970. 30 с. (ВИТР). Авт.: О. В. Иванов, Г. А. Блинов, Т. А. Абасова, Ю. А. Оношко.
72. Расколин М. К. Ликвидация осложнений в геологоразведочных скважинах электрохимическим методом тампонирувания. Л., «Недра», 1975. 35 с.
73. Рац М. В., Чернышев С. Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. М., «Недра», 1970. 250 с.
74. Руденко А. И. Методические рекомендации по ликвидации поглощений промывочной жидкости. Под ред. Г. А. Блинова. Л., 1975. 26 с. (ВИТР).
75. Руководство по алмазному колонковому бурению. Л., «Недра», 1970. 152 с. Авт.: Г. А. Блинов, О. С. Головкин, Ю. А. Оношко и др.
76. Руководство по применению эмульсионных промывочных жидкостей при алмазном бурении. Л., 1975. 41 с. (ВИТР). Авт.: В. И. Горин, В. Д. Васильев, Т. М. Штарнонова и др.
77. Румшицкий Л. З. Элементы теории вероятностей. М., Физматгиз, 1963. 155 с.
78. Сачивко В. П., Марвин М. А., Поляков В. М. Оценка эффективности и выбор оптимальных средств виброгашения (обзор). М., 1972. 16 с. (ВИЭМС).
79. Специализированные двойные колонковые трубы ТДН-76-0 и ТДН-76-4 (руководство по эксплуатации). Л., 1972. 22 с. (ВИТР). Авт.: Н. Н. Бухарев, Б. Н. Варжель, Б. Г. Даев и др.
80. Справочник горного мастера геологоразведочных партий. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Недра», 1973. 368 с. Авт.: Ш. Б. Багдасаров, А. О. Верчеба, Н. И. Куличихин и др.
81. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента. Киев, «Техника», 1971. 208 с. Авт.: В. Н. Бакуль, И. П. Захаренко, Я. А. Кункин, М. З. Мильштейн.
82. Справочник по алмазному бурению геологоразведочных скважин. Л., «Недра», 1975. 296 с. Авт.: Г. А. Блинов, В. И. Васильев, О. С. Головкин и др.
83. Сулакшин С. С. Современные способы и средства отбора проб полезных ископаемых. М., «Недра», 1970. 248 с.
84. Съемные керноприемники ССК-59. — «Разведка и охрана недр», 1975, № 3, с. 30—35. Авт.: Г. К. Волосюк, М. И. Исаев, Н. Н. Бухарев и др.
85. Техника геологоразведочного бурения. Термины и определения. ГОСТ 16275—70. М., Изд-во стандартов, 1970. 27 с.
86. Технологический вспомогательный и аварийный инструмент для алмазного бурения. Л., 1969. 26 с. (ВИТР). Авт.: Г. А. Блинов, В. П. Опищин, Ю. А. Оношко, А. С. Калинин.
87. Технология и техника разведочного бурения. М., «Недра», 1973. 496 с. Авт.: Ф. А. Шамшев, С. Н. Тараканов, Б. Б. Кудряшев и др.
88. Толстых Г. И. Ультразвуковой способ приготовления эмульсионных промывочных жидкостей и результаты их применения. — «Экспресс-информация. Сер. Техника и технология геол. развед. работ», 1972, № 3, с. 9—20. (ВИЭМС).
89. Установки для колонкового геологоразведочного бурения на твердые полезные ископаемые. ГОСТ 7959—74. М., Изд-во стандартов, 1970. 10 с.
90. Чучелин Л. Д. Временная инструкция по проведению ликвидационного тампонирувания геологоразведочных скважин в Западном Донбассе. Киев, 1973. 39 с. (Мянгео УССР).
91. Швецов П. Ф. Вводные главы к основам геокриологии. М., Изд-во АН СССР, 1955. 111 с. (Мат-лы к основам учения о мерзлых зонах земной коры, вып. 1).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Глава I. Горные породы, их свойства и буримость алмазами	8
§ 1. Общая характеристика	—
§ 2. Физико-механические свойства	9
§ 3. Буримость горных пород алмазами	16
Глава II. Конструкции скважин	21
Глава III. Алмазный породоразрушающий инструмент	27
§ 1. Алмазы и сверхтвердые истирающие материалы	—
§ 2. Алмазные коронки	38
§ 3. Алмазные долота	51
§ 4. Алмазные расшпрителы	53
§ 5. Буровые коронки из синтетических алмазов и сверхтвердых материалов	57
§ 6. Комплекс нового алмазного породоразрушающего инструмента	62
Глава IV. Технологические приемы и режимы бурения	69
§ 1. Основные правила эксплуатации алмазного породоразрушающего инструмента	—
§ 2. Режимы бурения алмазными коронками	75
§ 3. Режимы бурения алмазными долотами	80
§ 4. Технологические приемы предупреждения и гашения вибраций бурильной колонны	81
Глава V. Основы рациональной отработки алмазного породоразрушающего инструмента	93
§ 1. Система рациональной отработки коронок	—
§ 2. Анализ работоспособности алмазных коронок с помощью информационно-поисковой системы (ИПС)	107
Глава VI. Особенности алмазного бурения в сложных условиях	113
§ 1. Бурение трещиноватых горных пород	—
§ 2. Бурение в толщах каменноугольных месторождений	115
§ 3. Бурение с продувкой воздухом	123
§ 4. Бурение из подземных горных выработок	129
§ 5. Бурение в породах с постоянной отрицательной температурой	137
Глава VII. Алмазное бурение с применением снарядов со съёмными керноприемниками	148
§ 1. Особенности буровых станков и специальные лебедки для подъема керноприемников	—
§ 2. Технологический и вспомогательный инструмент	152
§ 3. Породоразрушающий инструмент для ССК	160
Глава VIII. Отбор и хранение керна	164
§ 1. Применение кернорвательных устройств	165
§ 2. Применение двойных колонковых труб	169
§ 3. Бурение с внутренней циркуляцией жидкости в скважине	182
§ 4. Кернометрия	190
§ 5. Отбор и хранение керна	194

<i>Глава IX.</i> Промывка и тампонирование скважин198
§ 1. Эмульсионные промывочные жидкости199
§ 2. Промывочные жидкости при бурении в осложненных условиях	209
§ 3. Тампонирование скважин212
<i>Глава X.</i> Аварии и осложнения224
§ 1. Типичные аварии и инструмент для их ликвидации	—
§ 2. Осложнения при бурении в мерзлых толщах горных пород239
Список литературы244

ИБ № 1466

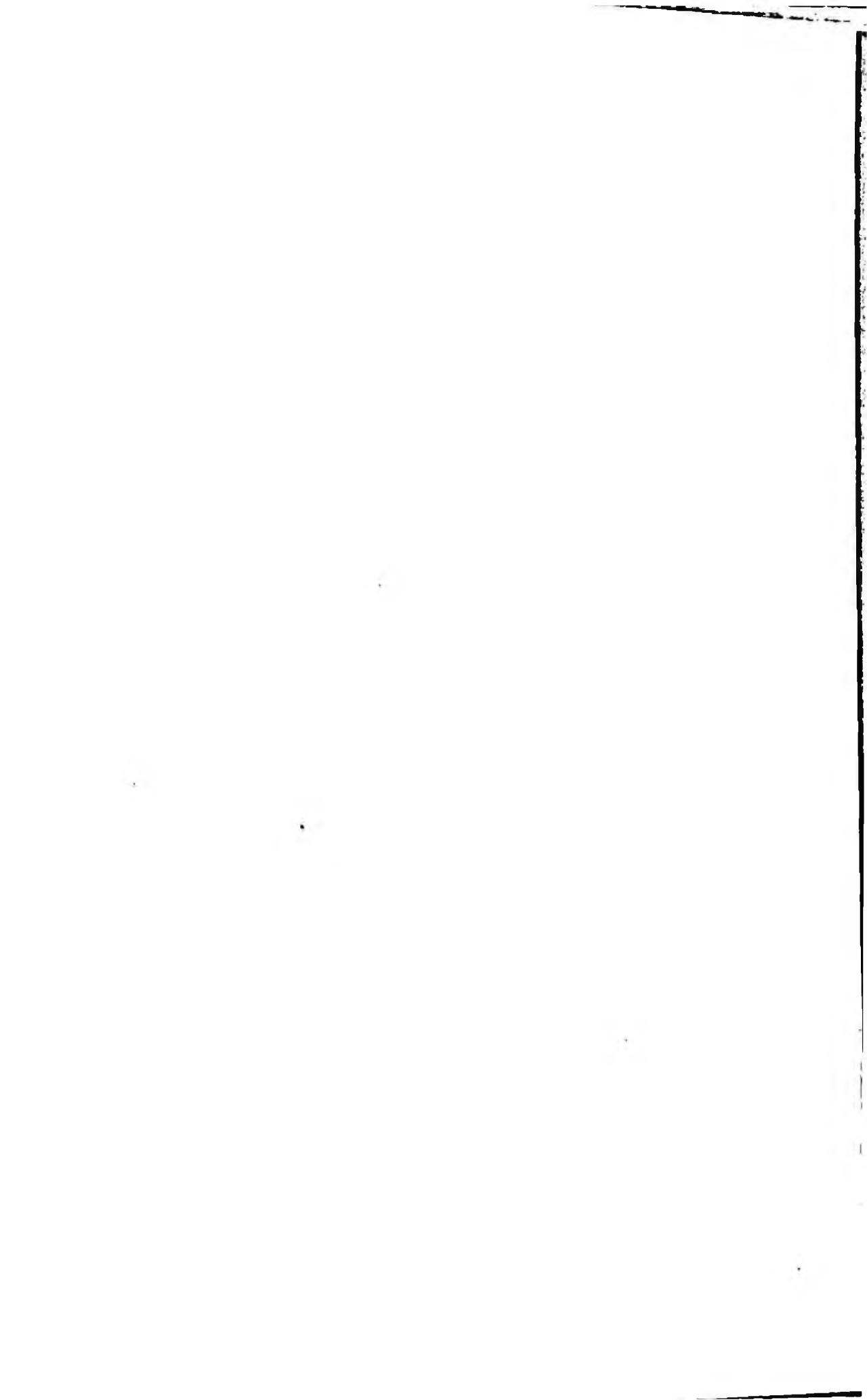
*Александр Васильевич МАРМЗИН,
Геннадий Александрович БЛИНОВ*

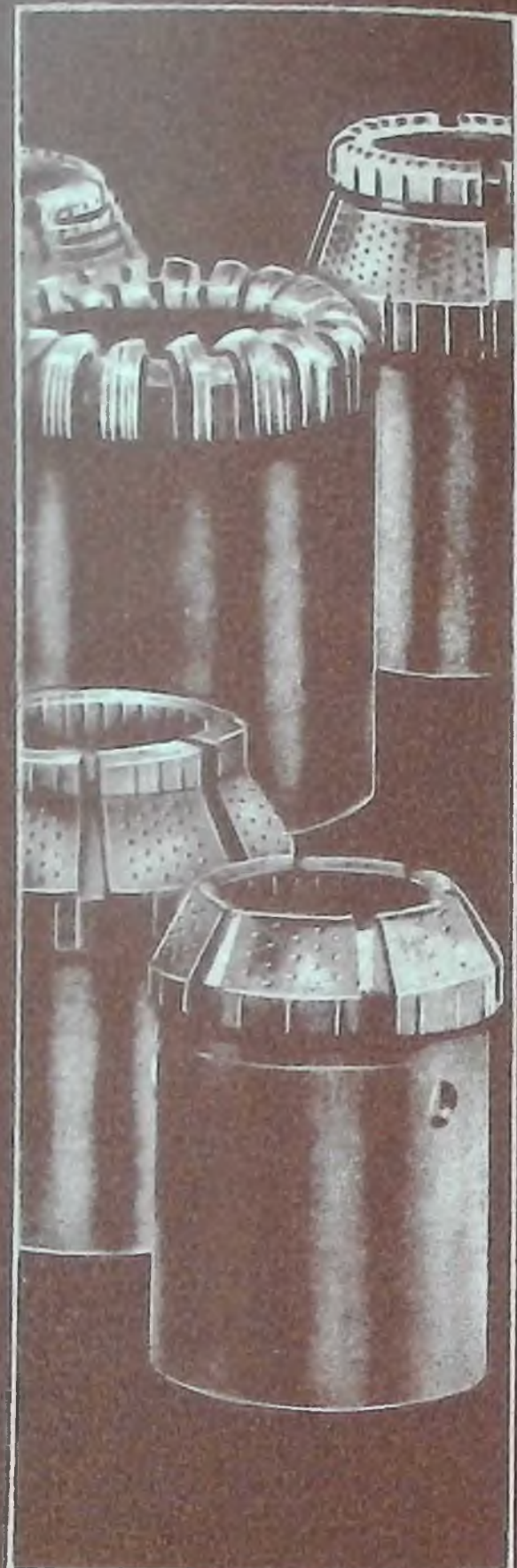
**АЛМАЗНОЕ
БУРЕНИЕ
НА ТВЕРДЫЕ
ПОЛЕЗНЫЕ
ИСКОПАЕМЫЕ**

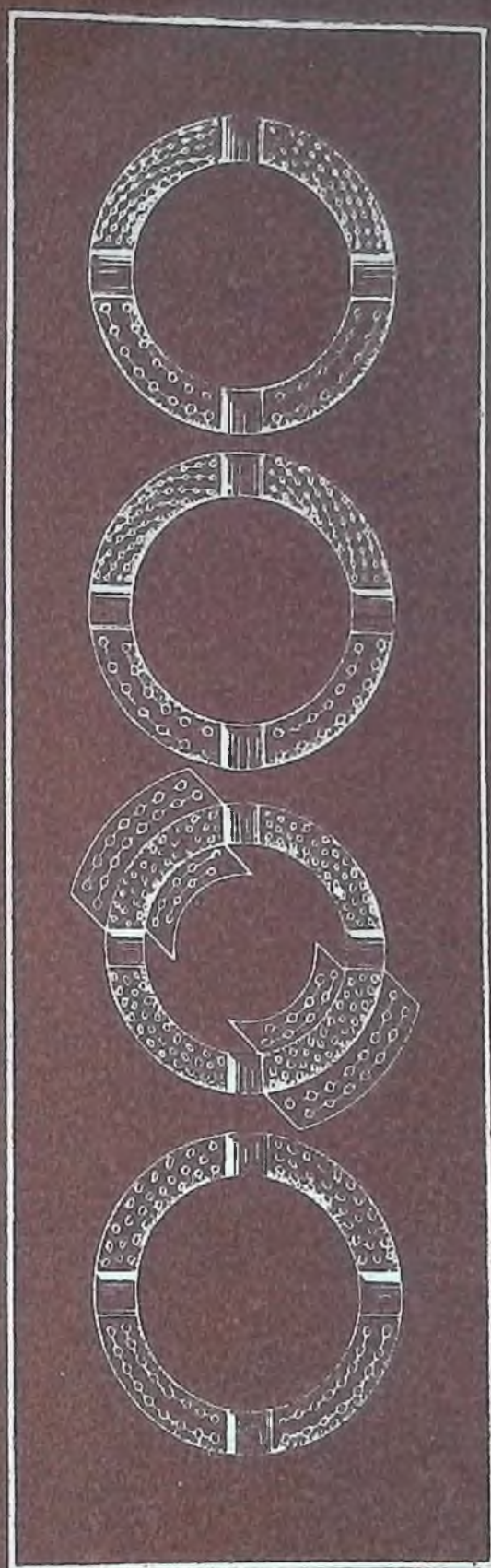
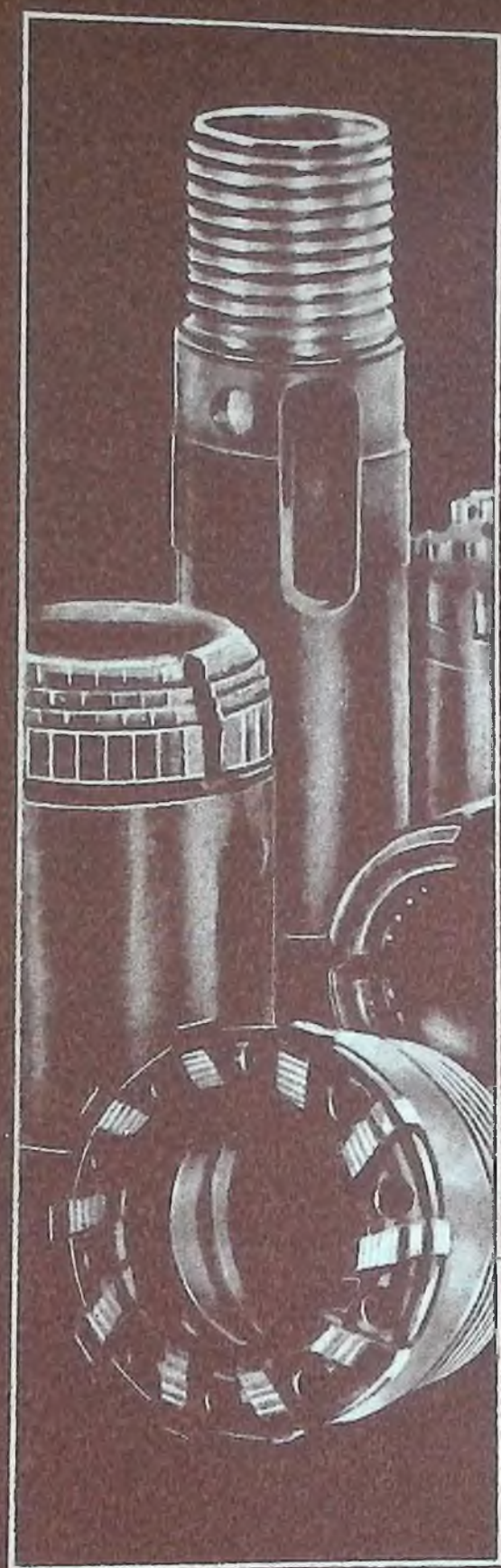
Технология работ

Редактор издательства В. И. Невельштейн. Переплет и форзац художника
А. И. Бородинна. Техн. редактор А. Б. Яшуржнская. Корректор М. И. Витис.
Сдано в набор 29/III 1977 г. Подписано в печать 26/IX 1977 г. М-44021.
Формат 70X100^{1/16}. Бумага тип. № 1. Печ. л. 15,5. Усл. л. 20,15. Уч.-изд. л. 19,80.
Тираж 3800 экз. Заказ 1064/297. Цена 1 р. 30 к.

Типография № 2 Ленинпридата. 192104, Ленинград, Литейный пр., 55.







Гр. 30 к.

НЕДРА