

622.24

с 56

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
БУРЕНИЯ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ
СКВАЖИН**

**А. А. ПИТАДЕ,
В. А. ЯРОШЕНКО,
А. Н. БОРЬКИН,
О. В. ИВАНОВ**

Книга должна быть возвращена не
позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдач _____

21337
Литаве Я.
Шелестова-
Буренин Ген
П. П.

77 2005

622,21
С 56

А. А. Пятаде, В. А. Ярошенко, А. Н. Борькин,
О. В. Иванов

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
БУРЕНИЯ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ
СКВАЖИН**

ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
ИИГЭР
Инв. № 21337



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НЕ Д Р А“
МОСКВА 1970

Совершенствование бурения геологоразведочных скважин. ПИТАДЕ А. А., ЯРОШЕНКО В. А., БОРЬКИН А. Н., ИВАНОВ О. В. М., «Недра», 1970. 128 стр.

В книге дано обоснование целесообразности бурения скважин малого диаметра, приведены рациональные конструкции скважин. Описан новый породоразрушающий инструмент и оптимальные режимы его применения. Изложен передовой опыт эксплуатации и пути усовершенствования бурового оборудования, инструмента, контрольно-измерительной аппаратуры.

Рассмотрены также формы обмена передовым опытом среди геологоразведочных экспедиций, как одного из важнейших элементов научной организации труда в геологоразведочной службе.

Книга рассчитана на широкий круг работников, проводящих бурение геологоразведочных скважин. Таблиц 35, иллюстраций 30.

ВВЕДЕНИЕ

Очень сложные геолого-технические условия бурения разведочных скважин в Криворожском бассейне заставляют настойчиво совершенствовать технологию их проходки.

Бурение скважин глубиной 2500—3000 м в крепчайших породах требует особого внимания.

Проходку таких скважин нельзя вести на основании опыта бурения мелких скважин.

Авторы поставили перед собой задачу изложить некоторый опыт применения новых технических средств при бурении глубоких скважин Криворожского бассейна.

Породы, в которых, как правило, приходится бурить скважины, представляют собой крепчайшие, полосчатые роговики и джеспилиты с интенсивной трещиноватостью. Они имеют в общем моноклиньяльное крутое (а иногда до вертикального) падение.

Железородные зоны приурочены к разрушенным и выщелоченным участкам указанных пород.

Такая обстановка приводит к значительным зенитным искривлениям, а следовательно, азимутальным отклонениям скважин, управление которыми далеко несовершенно.

Трещиноватость вызывает появление зон поглощения промывочной жидкости, наблюдаемых на всех глубинах, достигнутых при бурении скважин в настоящее время. В связи с трещиноватостью пород приходится постоянно изыскивать технические средства повышения выхода керна.

В книге уделено значительное внимание вопросу совершенствования мелкоалмазного бурения, как технологическому принципу, способному решить успешное проведение глубоких скважин.

Переход на обратную промывку в допустимых условиях решил вопрос выхода керна в трещиноватых и выщелоченных зонах. Установлено, что при обратной промывке уменьшается интенсивность зенитного искривления.

С применением эжекторных колонковых снарядов (ЭКС) дробового бурения, предложенных КАЗИМС, оказалось возможным успешно получать керн при разбуривании крепкой руды. Некоторые усовершенствования этого снаряда позволили проплатить

подсыпку дроби в процессе рейса. Намечены также пути создания нового типа векторного колошчатого снаряда.

Успешно решен вопрос комплектации бурильных колонн. В результате подбора частей соединительного замка бурильной свечи и муфт с трубой в соответствии с характеристикой выполненной резьбы существенно сократились поломка резьб, соединений и обрывы буровой колонны.

Начато применение керноскопии, что успешно решает установление структуры участка по данным керна при геологосъемочных и поисковых работах и существенно помогает при решении причин азимутального отклонения скважины.

Для обработки проб внедрена установка по обработке геологических проб (УОГП), созданная ВИТР. Ее применение облегчает труд рабочих и исключает пылеобразование при сокращении проб.

Необходимо совершенствовать мелкоалмазное бурение, так как при бурении алмазными коронками уменьшатся резкие отклонения скважины от проектных направлений.

АЛМАЗНОЕ БУРЕНИЕ

Алмазное бурение в условиях бассейна применялось еще в 1920—1930 гг. Однако этот способ в то время не нашел широкого применения.

Наличие сырьевой отечественной базы для алмазного бурения создало предпосылки для успешного внедрения этого способа бурения в важнейших регионах Советского Союза.

За 1960—1965 гг. объем алмазного бурения в стране возрос в 18 раз и достиг 970 тыс. м. За это время производительность алмазного бурения возросла с 165,2 до 220 м/ст.-мес., т. е. на 37%.

Новые попытки применить алмазные коронки в условиях Криворожского бассейна были сделаны в 1959—1960 гг. При этом проходка на коронку А, диаметром 59 мм составила:

В породах IX категории	7,05 м
» » X »	5,30 *
» » XI »	2,80 *

Затраты на 1 м бурения мелкоалмазными коронками оказались на 27 руб. больше по сравнению с затратами при дробовом бурении.

Изучение характера износа отработанных коронок, а также особенностей физико-механических свойств горных пород бассейна позволило сделать вывод, что для бурения железистых пород типа роговиков и джесплитов необходимо применять импрегнированные алмазные коронки. Таких коронок отечественная промышленность не выпускала.

С 1960 г. ВИТР совместно с работниками треста Кривбасгеология проводил разработку технологии алмазного бурения в Криворожском железорудном бассейне. Работы проводились в четыре этапа.

Первый этап — организация бурения серийно выпускаемыми коронками и разработка предварительных рекомендаций по конструкциям алмазных коронок, эффективных в условиях бассейна.

Второй этап — отработка уточненных рекомендаций по типам алмазных коронок, рациональных в условиях бассейна, и разработка предварительных рекомендаций по технологии бурения.

Третий этап — экспериментальная проверка правильности сделанных выводов по конструкциям алмазных коронок для различных

участков, уточнение рекомендаций по технологии алмазного бурения, подготовка технических условий на опытную серию алмазных коронок и разработка проекта временной инструкции по технологии алмазного бурения.

Четвертый этап — внедрение алмазного бурения в бассейне и составление фундаментальной инструкции по технологии алмазного бурения.

В 1960—1963 гг. были закончены первые три этапа. Было установлено, что однослойные и многослойные стандартные алмазные коронки можно применять в условиях бассейна лишь в ограниченных масштабах и только для бурения сравнительно мягких пород. В результате проведения лабораторных и производственных исследований были разработаны первые отечественные конструкции импрегнированных алмазных коронок, получившие наименования ИМВ-1 и ИМВ-2.

В 1964 г. начал четвертый этап внедрения алмазного бурения в бассейне. Этап характеризуется широким развитием алмазного бурения, связанного с проходкой основных разновидностей горных пород района.

Кроме ВИТРа, разработкой конструкций алмазных коронок для условий бассейна занимается с 1964 г. Украинский институт синтетических и сверхтвердых материалов и инструмента (ИСМ).

В 1967 г. для разработки комплексной технологии алмазного бурения бассейна была привлечена Днепропетровская экспедиция Всесоюзного института минерального сырья.

Физико-механические свойства горных пород Криворожского бассейна

Физико-механические свойства горных пород бассейна исследовались в работах ряда ученых: Э. К. Фукс, Г. В. Тохтуев, Ю. Г. Гершойг, В. В. Червяцкий, Ю. Ю. Юрк и другие. Новые исследования по установлению механических характеристик для оценки сопротивления пород разрушению алмазными коронками были проведены ВИТРОм.

В лабораторных условиях были изучены различные физико-механические свойства горных пород. При применении трехфакторного дисперсионного анализа было установлено, что наибольшее и достоверное влияние на глубину борозды разрушения горных пород единичными кристаллами алмазов и механическую скорость бурения импрегнированными коронками оказывает твердость P_{111} горных пород, установленная методом вдавливания штампа с плоским основанием (метод проф. Л. А. Шрейнера). Коэффициент пластичности и модуль упругости оказывают на эти показатели значительно меньшее влияние.

Это позволило использовать твердость горных пород для механической характеристики, оценивающей сопротивление горных пород

Буримость и физико-механические свойства горных пород Криворожского бассейна

Типа горных пород	Наименование горных пород	Физико-механические свойства					Технические показатели бурения	
		$P_{ш}^I$ кг/мл ²	K	$E \times 10^{-4}$ кг/см ²	A_S кг·м/см ²	$A_{ш}^I$ кг·м/см ²	механическая скорость бурения, см/мин	технологическая проходка за рейс, м
I	Роговики: карбонатно-магнетитовые с прослоями сланца, магнетито-силикатно-карбонатные, магнетито-карбонатно-силикатные . . .	199; 288;	1,70; 1,50;	0,50; 2,75;	2,2; 3,2;	3,9; 7,5;	0,50—0,57	1,61—2,67
		377	1,30	5,00	4,2	11,1		
II	Роговики: магнетито-гематитовые, гематито-магнетитовые, магнетитовые с гематитом, карбонатно-магнетитовые, силикатно-карбонатно-магнетитовые, безрудные XI категории по буримости . . .	443; 528;	1,35; 1,48;	4,0; 5,5;	4,2; 4,8;	21,4; 25,9;	0,45—0,56	1,05—1,75
		583	1,61	7,0	5,4	30,9		
III	Роговики маргитовые XI—XII категории по буримости	743; 785;	1,15; 1,21;	6,0; 9,0;	7,8; 9,5;	29,4; 34,4;	0,35—0,45	0,70—0,80
		827	1,27	12,0	11,2	39,5		
IV	Роговики и докембрилы: маргито-гематитовые и гематито-маргитовые XII категории по буримости	910; 1065;	1,00; 1,05;	10,0; 15,50;	16,7; 20,1;	58,2; 83,0;	0,20—0,35	0,56—0,67
		1220	1,10	21,00	23,5	107,8		

разрушению алмазными коронками и при разработке конструктивных параметров алмазных коронок и параметров режимов бурения.

При изучении механических свойств горных пород бассейна по методу проф. Л. А. Шрейнера (площадь штампа 0,95—1,5 мм²) определялись: твердость, коэффициент пластичности, модуль упругости, удельная контактная работа разрушения, удельная объемная работа разрушения, а также параметры лунок разрушения: объем и диаметр.

Горные породы по техническим показателям бурения (механической скорости, проходке за рейс) и механическим свойствам (твердости $P_{ш}$, коэффициенту пластичности K , модулю упругости E , удельной контактной работе разрушения $A_{с}$, удельной объемной работе разрушения $A_{в}$) на основе примененя критерия Пирсона были разбиты на четыре группы.

В табл. 1 приведены физико-механические свойства горных пород.

Установлено, что большинство роговиков и джеспилитов имеет невысокий коэффициент пластичности ($1 \leq K \leq 3$). Ряд вариации величины коэффициента пластичности для отдельных групп достигал 15%, а в среднем составлял 10%.

С увеличением твердости горных пород коэффициент пластичности, как правило, уменьшается, а модуль упругости возрастает.

Исследования показали, что рациональные параметры алмазных коронок и режимов бурения в значительной мере зависят от абразивных свойств горных пород.

Абразивные свойства горных пород оценивались величиной коэффициента K_a (табл. 2), представляющего собой отношение изношенного объема алмаза к работе износа.

Таблица 2

Абразивные свойства горных пород

Наименование горных пород	$P_{ш}$, кг/мм ²	$K_a \cdot 10^3$, см ³ /кг·м
Сланцы амфиболо-хлоритовые . . .	446	2,2
Роговик гематито-магнетитовый . . .	604	3,2
Роговик безрудный	768	3,7
Роговик гематито-мартитовый . . .	1090	9,2

Величину K_a определяют по формуле*

$$K_a \approx \frac{(q_1 - q_2) \mu}{FS\gamma},$$

где K_a — коэффициент абразивности горных пород в см³/кг·м; q_1 ; q_2 — вес алмаза (30—40 алмазов на карат) до и после работы

* Так как износ алмазов зависит также от твердости породы, качества алмазов и трещиноватости породы, то формулу необходимо в дальнейшем уточнить.

в m ; γ — объемный вес алмаза в g/cm^3 ; F — тангенциальное усилие на алмазе в $\kappa\Gamma$; S — путь, пройденный алмазом, в m ; μ — коэффициент трения алмаза по горной породе.

Потеря веса алмаза определялась в ВИТР на электронных весах фирмы «Сатэрс вёрк».

Тангенциальное усилие на алмазе и коэффициент трения определялись на специально изготовленном стенде с применением методов тензометрии.

Если принять абразивность мрамора по отношению к износу алмаза за единицу, то абразивность исследованных горных пород составят:

Слапек амфиболо-хлоритовый	7
Роговик магнетитовый	31
Роговик гематито-мартитовый	73

Иная картина была обнаружена при изучении влияния абразивности роговиков и джеспиллитов на износ алмазосодержащей матрицы.

Если материал матрицы коронки при работе трения A $\kappa\Gamma \cdot m$ износился на V cm^3 , то износостойкость импрегнированных коронок можно оценить коэффициентом ω_a . Обозначим отношение V к A через ω_a . Тогда

$$\omega_a = \frac{V}{A} \text{ см}^3 / \kappa\Gamma \cdot m,$$

здесь $V = Fh$ — объемный износ матрицы, где F — площадь торца коронки в cm^2 ; h — высота рабочей части матрицы в cm .

Работа трения A за время t равна

$$A = \mu PS,$$

где μ — коэффициент трения, P — осевая нагрузка на коронку в $\kappa\Gamma$, S — путь трения в m .

Путь трения равен

$$S = 2\pi rnt,$$

где r — средний радиус коронки в m ; n — скорость вращения коронки в $об/мин$; t — время работы коронки на забое в $мин$.

Отсюда работа трения равна

$$A = \mu P 2\pi rnt.$$

Подставляя в формулу для ω_a полученные выражения V и A , имеем:

$$\omega_a = \frac{Fh}{\mu P 2\pi rnt}.$$

Для характеристики единого процесса износа и трения умножаем левую и правую части выражения на μ .

Тогда:

$$\begin{aligned} \text{но } \mu\omega_a &= \frac{Fh}{2\pi rnt}, \\ n &= \frac{W}{\pi D}, \end{aligned}$$

где D — средний диаметр коронки в м; W — окружная скорость вращения коронки в м/мин.

Следовательно,

$$\omega_{аб} = \mu \omega_a = \frac{Fh}{WPl}.$$

Вычисления $\omega_{аб}$ для ряда горных пород бассейна показали, что такие наиболее твердые горные породы, как джеспилиты гематито-мартитового состава, являются наименее абразивными (табл. 3)

Таблица 3
Абразивность горных пород Криворожского бассейна

Наименование горных пород	$P_{ш}$, кг/мм ²	$\omega_{аб}$, см ² /кг·м
Джеспилит гематито-мартитовый	955	$70 \cdot 10^{-9}$
Роговик безрудный с прослоями сланца . . .	510	$80 \cdot 10^{-9}$
» гематито-магнетитовый	690	$119 \cdot 10^{-9}$
» амфиболо-магнетитовый	550	$124 \cdot 10^{-9}$
» магнетито-карбонатно-силикатный	410	$164 \cdot 10^{-9}$

Малоабразивными породами являются также безрудные роговики с прослоями сланцев.

Остальные разновидности горных пород бассейна (роговиков и джеспилитов) можно отнести к среднеабразивным горным породам

Зависимость рациональных параметров алмазных импрегнированных коронок от физико-механических свойств горных пород

Для установления рациональных параметров алмазных коронок (твердости матрицы, качества алмазов, насыщенности алмазами объемного слоя, зернистости алмазов) и режимов бурения производились лабораторные исследования и опытное бурение в производственных условиях.

Дисперсионным анализом установлено, что из всех исследованных технологических факторов наибольшее влияние на механическую скорость бурения оказывает твердость матриц (16,2%), на величину проходки за рейс — зернистость объемных алмазов (11%), на износ коронок по высоте матриц на 1 м бурения — твердость матриц (14%).

Все факторы, оказывающие существенное влияние на показатели бурения, было решено дополнительно исследовать.

При изучении влияния прочности и абразивности горных пород на рациональную величину твердости матриц импрегнированных коронок определялись: твердость горных пород $P_{ш}$ и коэффициент абразивности $\omega_{аб}$.

Это позволило рекомендовать для горных пород Криворожского бассейна четыре типа матриц (табл. 4).

Таблица 4

Рациональные твердости матриц импрегнированных коронок

Группа горных пород	Горные породы		
	малоабразивные	абразивные	иссыма абразивные
I	20—25	30—35	50—55
II	20—25	30—35	50—55
III	20—25	30—35	50—55
IV	10—15	50—55	50—55

Таблица 5

Области применения алмазов различного качества

Группа горных пород	Качество объемных алмазов
I	Дробленые
II	Дробленые
III	Целые II сорта
IV	Целые I сорта

Влияние качества алмазов на технические показатели исследовалось подробно. Большинство исследователей отмечает, что применение алмазов плохого качества ухудшает технические показатели бурения.

Алмазные импрегнированные коронки, отработанные в 1960—1963 гг., были армированы объемными алмазами различного качества.

Было установлено, что применение алмазов второго сорта вместо первого уменьшает механическую скорость бурения в среднем на 11—18%, а проходку на коронку на 40—50%. С увеличением твердости горных пород разница в величинах механических скоростей бурения и в расходах алмазов на 1 м проходки возрастает.

В результате анализа технических показателей и себестоимости 1 м бурения коронками, армированными алмазами различного качества, были установлены области применения этих алмазов (табл. 5).

Исследования процесса разрушения горных пород алмазами различной формы, проведенные в лабораторных условиях ВИТРа, показали, что область применения оваллизованных алмазов ограничена хрупкими и малоэластичными горными породами. Чем больше оваллизован алмаз, тем хуже он работает в высокопластичных горных породах.

Скорость проходки и стойкость коронок зависят от степени перекрытия торца коронки алмазами, от количества этих перекрытий, а также от количества алмазов, находящихся на одной окружности.

В результате обработки на одном из месторождений бассейна 170 опытных алмазных импрегнированных коронок, армированных различным количеством алмазов, была установлена зависимость рациональной насыщенности алмазами матрицы коронки диаметром 59 мм от прочности горных пород (табл. 6).

Таблица 6

Рациональная насыщенность импрегнированных коронок объемными алмазами зернистостью 200—400 алмазов на карат

Группа горных пород	Вес объемных алмазов, карат
I	7,76—8,80
II	7,76—8,80
III	9,50—10,50
IV	10,50—12,50

Таблица 7

Рациональная зернистость объемных алмазов

Группа горных пород	Зернистость алмазов, на 1 карат
I	30—120
II	120—300
III	300—400
IV	400 и более

При применении алмазов другой зернистости вес объемных алмазов корректируется по следующей формуле:

$$Q_2 = \frac{135Q_1}{D_2 d_2^2},$$

где Q_1 — вес объемных алмазов из табл. 6; d_2 — диаметр алмаза применяемой зернистости в мм; D_2 — зернистость применяемых алмазов на 1 карат.

Для коронок диаметром 76 и 46 мм рациональное количество объемных алмазов должно изменяться пропорционально увеличению или уменьшению площади торца коронки.

Лабораторными исследованиями было установлено, а производственными испытаниями импрегнированных коронок в условиях бассейна подтверждено, что объем разрушенной горной породы за один оборот коронки зависит от зернистости объемных алмазов, а рациональная величина зернистости должна применяться в соответствии с твердостью горных пород. Рациональная зернистость объемных алмазов для горных пород I—IV групп приведена в табл. 7.

При исследовании износа импрегнированных коронок по боковым поверхностям матриц установлено, что их нормальная обработка до полного износа матричного слоя обеспечивается при зернистости подрезных алмазов не более 30—40 алмазов на 1 карат и весе алмазов 2,6—3,0 карат (коронки диаметров 59 мм).

Подрезные алмазы должны располагаться в два ряда с выпуском 0,10—0,15 мм.

При применении коронок других диаметров количество алмазов должно быть изменено соответственно увеличению или уменьшению диаметров коронок.

Рациональные режимы бурения горных пород бассейна

Однофакторным и многофакторным дисперсионным анализом было установлено, что наиболее существенное влияние на технические показатели оказывают:

на механическую скорость бурения — скорость вращения снаряда (22%);

на величину проходки за рейс и износ коронок по высоте матриц — нагрузка на коронку (соответственно 18 и 21%).

Трехфакторным дисперсионным анализом установлено, что совместное изменение скорости вращения снаряда и нагрузки на коронку оказывает дополнительное влияние на механическую скорость бурения (17,5%); это свидетельствует о том, что каждому значению скорости вращения соответствует вполне определенное единственное рациональное значение нагрузки, обеспечивающее максимум механической скорости бурения.

Степень влияния того или иного параметра режима бурения на технические показатели во многом зависит от механических свойств горных пород. Так, при бурении наиболее твердых горных пород IV группы наибольшее влияние на величину механической скорости бурения оказывает не скорость вращения снаряда (11%), а удельная нагрузка на коронку (37%).

Количество промывочной жидкости в данном случае оказывает большее влияние (21%) на величину механической скорости бурения, чем скорость вращения снаряда (11%). Возможно, что с применением коронок с более мягкой матрицей порядок этих цифр изменится.

Осевая нагрузка на коронку

В результате исследования процесса разрушения горных пород единичным кристаллом алмаза (зернистостью 30—40 алмазов на 1 карат) было установлено, что при увеличении осевой нагрузки на алмаз от 1 до 20 кг глубина внедрения алмаза изменяется скачкообразно, т. е. сравнительно быстрое, резкое погружение алмаза с возрастанием площади контакта сменяется медленным и плавным (рис. 1).

При возрастании нагрузки на алмаз зона объемного разрушения увеличивается, глубина разрушения горной породы сначала плавно возрастает, затем постепенно сменяется интенсивным ростом, переходящим в объемное разрушение горной породы по всей поверхности контакта алмаза.

С помощью скоростной киносъемки (камера СКС-4М) было установлено, что при движении алмаза разрушение горной породы происходит перед ним, под ним и у боковых его сторон. Процесс разрушения зависит от осевой нагрузки на алмаз, от тангенциального усилия и силы трения.

Изучение кинограмм показало, что каждый алмаз в коронке можно рассматривать как единичный резец, движущийся с определенной окружной скоростью. Поскольку осевая нагрузка прикладывается к движущемуся алмазу, то можно считать, что в каждой данной точке статическая нагрузка прикладывается к породе в течение долей миллисекунды. При движении алмаза образуется

борозда разрушения, ширина которой всегда превышает величину внедрившейся части алмаза.

Алмаз во время движения по окружности внедряется в горную породу на некоторую глубину, при этом частицам породы алмазом сообщается скорость, направленная нормально к проекции поверхности алмаза на вертикальную плоскость, расположенную перпендикулярно к направлению движения алмаза. В результате возникновения нормальных и касательных напряжений образуются трещины и разрушается горная порода.

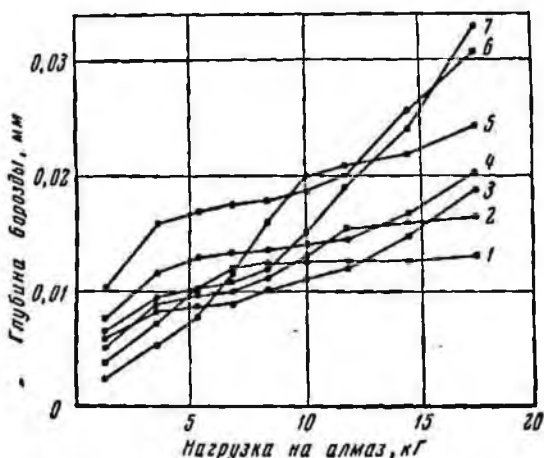


Рис. 1. Зависимость глубины борозды разрушения от нагрузки на алмаз.

Горные породы: 1 — гематито-магнетитовый роговик, 2 — гематито-маритовый роговик, 3 — магнетитовый роговик, 4 — карбонатно-магнетито-силикатный роговик, 5 — магнетитовый роговик со сланцевыми прослойками, 6 — сланец серпичто-хлоритовый, 7 — биотитовый сланец.

Возможно, что на процесс разрушения большое влияние оказывает температура, возникающая в результате трения алмаза по горной породе.

Результаты лабораторных исследований подтвердились в процессе испытаний опытных импрегнированных коронок. При бурении этими коронками определялись величины осевых нагрузок, обеспечивающие наиболее высокие технические показатели: механические скорости бурения, проходка за рейс и расход алмазов.

Математическая обработка опытных данных позволила установить наличие тесной корреляционной связи между механической скоростью бурения и нагрузкой на коронку (корреляционное отношение равно 0,65). Зависимость имеет следующий вид:

$$\lg v = aP^2 + bP + c \quad (20 < P < 150),$$

где v — механическая скорость бурения в см/мин; P — удельная нагрузка на 1 см² площади торца коронки в кг; a, b, c — эмпирические коэффициенты, зависящие от условий эксперимента.

Велocities нагрузок на коронки диаметром 59 мм приведены в табл. 8.

Таблица 8

Осевые нагрузки на импрегнированные коронки диаметром 59 мм в кг

Группа горных пород	Скорость вращения коронки, об/мин			
	71—102	153—182	237—277	470—490
I	500—600	600—700	700—800	800—950
II	600—700	700—800	800—900	900—1100
III	750—800	800—900	950—1100	1100—1200
IV	1000—1100	1200—1300	1300—1400	1500—1600

Скорость вращения снаряда

Скорость вращения снаряда также влияет на технические показатели бурения.

Исследованиями установлено, что характер изменения механической скорости бурения от скорости вращения коронки зависит от свойств горных пород.

При бурении горных пород I и II категорий ($P_{ш} < 600$ кг/мм²) увеличение скорости вращения снаряда от 71 до 490 об/мин, т. е. в 4,9 раза, сопровождалось ростом величины механической скорости бурения от 0,35 до 1,20 м/ч, т. е. в 3,5 раза. Причем при увеличении скорости вращения от 71 до 277 об/мин изменение $v = f(n)$ имеет линейный характер, при дальнейшем увеличении скорости вращения наблюдается незначительное наращивание темпа роста величины механической скорости бурения (табл. 9).

Таблица 9

Изменение механической скорости бурения в м/ч импрегнированными коронками ИМВ2-59 в зависимости от увеличения скорости вращения снаряда

Группа горных пород	Скорость вращения коронки, об/мин			
	71—102	153—182	237—277	470—490
II	0,35	0,48	0,65	1,20
III	0,30	0,40	0,52	0,62
IV	0,19	0,29	0,39	0,35

При бурении более твердых горных пород III группы характер поведения $v = f(n)$ несколько изменяется. При увеличении скорости

вращения снаряда от 237—277 до 470—490 об/мин рост механической скорости бурения начинает замедляться — темп роста скорости вращения заметно превышает темп роста скорости проходки (см. табл. 9).

При бурении весьма твердых горных пород IV группы линейный характер изменения $v = f(n)$ наблюдается только при увеличении скорости вращения от 71—102 до 237—277 об/мин; при дальнейшем увеличении скорости вращения v начинает медленно падать. Изучение характера износа коронок показало, что идентичный линейный характер поведения $v = f(n)$ в пределах изменения от 71—102 до 237—277 об/мин объясняется нормальной работой коронок: торцовые алмазы обнажаются своевременно, темп износа матрицы несколько опережает темп износа алмазов.

При бурении горных пород различных групп на четвертой скорости буровых станков типа ЗИФ характер износа импрегнированных алмазных коронок зависит от твердости пород.

1. При бурении горных пород II группы торцовые алмазы хорошо обнажены, темп износа коронки по высоте матрицы возрастает (табл. 10).

Таблица 10

Расход алмазов на 1 м бурения импрегнированными
коронками типа ИМВ2-59, карат

Группа горных пород	Скорость вращения снаряда, об/мин			
	71—102	153—182	237—272	470—490
II	1,001	0,661	0,587	0,780
III	1,300	1,043	1,061	1,399
IV	2,210	1,422	1,909	2,460

2. При бурении горных пород III группы происходит частичный скол торцовых алмазов, темп износа алмазов начинает опережать темп износа матрицы.

При бурении на большой скорости горных пород IV группы происходит массовый скол торцовых алмазов.

Анализ зависимости расхода алмазов на 1 м бурения от скорости вращения снаряда показывает, что она имеет минимумы при бурении горных пород различной твердости.

Минимальный расход алмазов на 1 м бурения получен при следующих скоростях вращения:

Горные породы II группы	—272 об/мин
» III »	—237 »
» IV »	—182 »

С увеличением твердости горных пород минимальный расход алмазов на 1 м бурения наблюдается при меньшей скорости вращения.

Большие расходы алмазов при бурении железистых роговиков и джеспилитов на сравнительно невысоких скоростях вращения снаряда, наблюдаемые при проходке не только горных пород Криво-рожского бассейна, но и других районов страны, позволяют выдвинуть следующую гипотезу: с увеличением скорости вращения снаряда повышается температура на контакте алмазов с горной породой. Роговики и джеспилиты содержат большее количество Fe, поэтому происходит диссоциация кристаллической решетки и атом углерода диффундирует в горную породу.

Характер износа импрегнированных коронок влияет на величину проходки за рейс. При нормальном обнажении торцовых алмазов проходка за рейс возрастает при увеличении скорости вращения снаряда (горные породы II группы). Полирование матриц коронок, уменьшение механической скорости бурения, происходящее при увеличении скорости вращения, неизбежно приводят к уменьшению проходки за рейс (горные породы III и IV групп).

Максимальная проходка за рейс была получена при следующей скорости вращения снаряда:

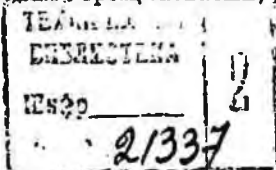
Горные породы	II группы	470—490 об/мин
»	» III	300 »
»	» IV	170 »

Произведенный анализ технико-экономических показателей бурения при разной скорости вращения позволил установить рациональную скорость вращения снаряда для коронок ИМВ1 и ИМВ2 (табл. 11).

Таблица 11

Группа горных пород	Рекомендуемая скорость вращения, об/мин	Технические показатели		
		механическая скорость бурения, м/ч	проходка за рейс, м	расход алмазов на 1 м бурения, карат
II	470—490	1,20—1,40	2,30—2,90	0,63—0,78
III	237—470	0,50—0,70	1,30—1,76	1,00—1,40
IV	153—237	0,27—0,35	0,75—1,05	1,25—1,65

В табл. 11 приведены два значения скорости вращения снаряда: максимальное рекомендуется для бурения монолитных горных пород, минимальное — для бурения трещиноватых, абразивных горных пород.



Количество промывочной жидкости

Подаваемая в скважину промывочная жидкость очищает забой от разрушенной горной породы, выносит шлам на поверхность, охлаждает коронку, служит смазкой для бурильной колонны, а также выполняет ряд других функций, существенно влияющих на технические показатели.

При бурении алмазными коронками подаваемая в скважину промывочная жидкость выполняет еще одну важную функцию: регулированием количества подаваемой промывочной жидкости достигается своевременный вынос материала матрицы коронки и обнажение новых торцовых алмазов.

Режим промывки при бурении импрегнированными коронками существенно отличается от режима промывки при бурении однослойными алмазными коронками. При бурении импрегнированными коронками вынос шлама на забое в течение некоторого промежутка времени обязательно. Только в этом случае матрица коронки предохранена от заполирования, а темп выноса материала матрицы опережает темп выноса алмазов. При бурении однослойными алмазными коронками необходимо прежде всего обеспечить мгновенный вынос шлама.

Так, при бурении горных пород II группы увеличение количества промывочной жидкости (воды) от 2,3 до 8,0 л/мин на 1 см² площади торца коронки, вследствие более быстрой очистки забоя от шлама, ведет к увеличению механической скорости бурения и проходки за рейс.

При бурении более твердых горных пород III группы увеличение количества промывочной жидкости от 2,5 до 5,0 л/мин на 1 см² площади торца коронки ведет к возрастанию механической скорости бурения, увеличению проходки за рейс и уменьшению износа коронки по высоте матрицы на 1 м бурения, что объясняется лучшей очисткой забоя от шлама. При дальнейшем увеличении количества промывочной жидкости время пребывания шлама на забое резко сокращается, что ведет к снижению механической скорости бурения и, как следствие, к увеличению износа коронки по высоте матрицы на 1 м бурения.

При бурении самых твердых горных пород IV группы коронками ИМВ1, ИМВ2, ИМВ3 полирование матрицы происходит уже через 1—2 ч. Увеличение количества промывочной жидкости от 1 до 2,5 л/мин на 1 см² площади торца коронки приводит к увеличению механической скорости бурения и уменьшению износа коронок. Проходка за рейс при этом остается довольно постоянной. Дальнейшее увеличение количества промывочной жидкости приводит к резкому уменьшению механической скорости бурения, проходки за рейс и возрастанию износа коронок.

В результате анализа технико-экономических показателей бурения импрегнированными коронками было установлено рациональное количество промывочной жидкости, подаваемой в скважину.

Группы горных пород:

II	55—70 л/мин
III	50—55 »
IV	30—50 »

Эти данные приведены для коронок диаметром 59 мм, для коронок других диаметров указанное количество изменяется пропорционально изменению площади торца коронки.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ

Наибольший эффект от алмазного бурения может быть получен при четком выполнении ряда специфических технологических приемов и применении соответствующего технологического инструмента. Рассмотрим основные технологические приемы, оказывающие существенное влияние на эффективность алмазного бурения.

Выбор оборудования и инструмента

Буровой агрегат

Внедрение алмазного бурения в Криворожском бассейне в настоящее время проводится на базе станочного парка и оборудования, предназначенного для дробового бурения. Буровые станки типа ЗИФ имеют большой вес и низкие скорости вращения. Применение четвертой скорости на этих станках дает прирост производительности в среднем на 30—50%.

К настоящему времени приняты к серийному производству буровые станки СБА-500 на глубину бурения алмазными коронками 600 м (ВИТР-600) и СБА-800 (ВИТР-1200) на глубину бурения 1200 м, которые близки между собой по конструктивному решению. Их особенности: широкая скоростная характеристика, автоматический перехват, автоматическое закрепление станков на раме, лучшее отношение веса к приводной мощности, лучшая транспортабельность.

Станки оснащены следующей контрольно-измерительной аппаратурой: указателем давления, манометром, киловаттметром.

Кроме того, КБ ВИТР передало для серийного производства станок ВИТР-2000, для бурения глубоких скважин (до 2000 м) и станок ВИТР-300 для бурения скважин на глубину 300 м в труднодоступных и горных районах.

Применение новых буровых станков позволит резко увеличить производительность алмазного бурения.

Бурильная колонна

Алмазное бурение наибольший эффект дает при применении высоких скоростей вращения. Это возможно только при наличии бурильных труб высокой прочности.

В Криворожском бассейне алмазное бурение в настоящее время ведется на меньших скоростях вращения, чем за рубежом.

Бурильная колонна при алмазном бурении должна быть гладкоствольной, соосной и прямолинейной.

При алмазном бурении применяются шпильно-замковые и муфтово-замковые соединения бурильных труб. Во всех случаях желательно применение шпильно-замковых соединений, уменьшающих вредное влияние вибрации.

Для уменьшения износа соединений бурильных труб и уменьшения вибрации ВИТР рекомендует применять шпильки-стабили-

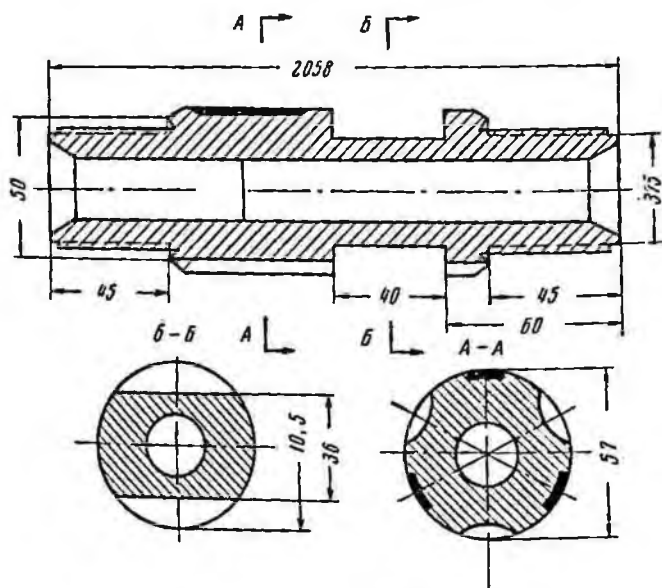


Рис. 2. Шпилька-стабилизатор.

заторы (рис. 2). Испытание колонны бурильных труб с шпильками-стабилизаторами, проведенное в условиях Ленинской ГРП в 1966 г., показало их положительные качества, однако стойкость их поверхности, армированной рэлитом, недостаточна.

В настоящее время ВИТРОм разрабатываются конструкции специальных гладкоствольных бурильных труб для алмазного бу-

Колошковый снаряд

Стандартные колошковые трубы в настоящее время не удовлетворяют в полной мере требованиям алмазного бурения. Поэтому

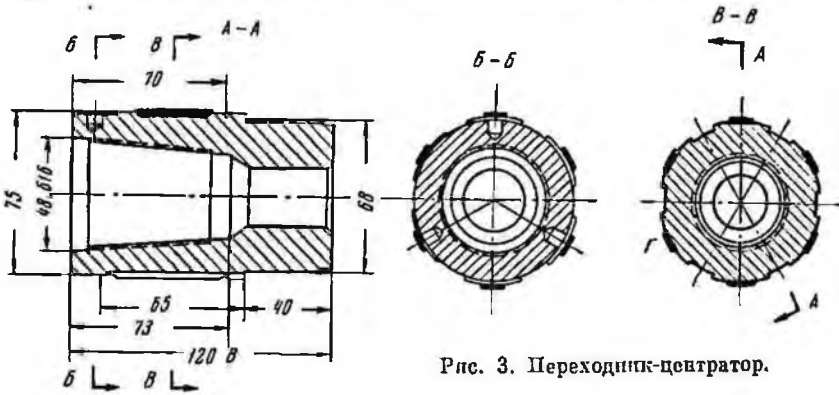


Рис. 3. Переходник-центратор.

следует рекомендовать (особенно при бурении с высокими скоростями и большими осевыми нагрузками) колошковые трубы, изготовленные из вишпельного полуфабриката.

Для улучшения работы алмазной коронки на забое в отдельных случаях в партиях греста применяют переходники-центраторы конструкции ВИТР (рис. 3). Применение таких переходников уменьшает вредное влияние вибрации и увеличивает стойкость алмазных коронок.

Кернорвательные устройства

При применении кернорвательных устройств (рис. 4) достигается значительная экономия времени в результате:

а) исключения операций по засышке заключенного материала в колонну бурильных труб и досыпки его до забоя;

б) отсутствия необходимости слива промывочной жидкости из поднятых свечей бурильных труб перед постановкой их на подсвечник;

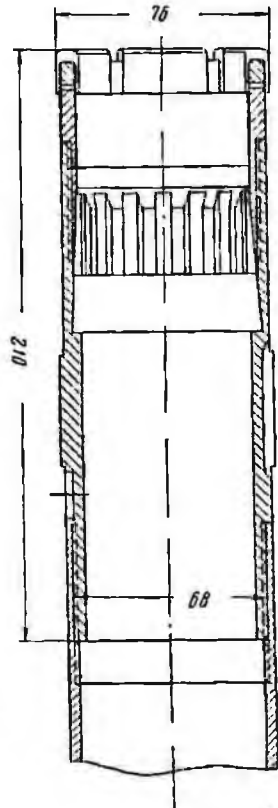


Рис. 4. Кернорвательное устройство конструкции ВИТР.

в) исключения необходимости приготовления заклиночного материала, а также отсутствия холостых рейсов за оставленным на забое керном.

В 1966 г. в партиях треста были испытаны кернорвательные устройства К-76 и К-59 конструкции ВИТР.

Алмазные коронки

В условиях Криворожского бассейна применяют три типа алмазных коронок: однослойные, многослойные и импрегнированные.

В табл. 12 приведены показатели бурения горных пород верхней свиты алмазными коронками.

Таблица 12

Технические показатели бурения алмазными коронками горных пород верхней свиты

Тип коронок	№ скважины	Наименование горных пород	Технические показатели		
			проходна на коронку, м	проходна за рейс, м	механическая скорость бурения, м/ч
AK1-76 AK3-76	12 793 12 791	Сланцы углистые Кварциты IX категории по буримости	20,68	2,44	0,74
AKO3-76 AKB-76			17,10	2,90	0,97
			20,86	1,96	1,20
			13,50	2,90	1,25
AK3-76 AK1-76 AKB-76	12 436	Песчаники кварцево-бититовые, сланцы битито-кварцевые, породы кварцево-карбонатная, X категория по буримости	6,32	2,0—3,0	0,43
			10,10	2,0—3,0	0,46
			9,08	2,0—3,0	0,49
AK3-76 ЗАП-281-76 AKB-76	13 225	Песчаник кварцево-бититовый мелкозернистый, X категория по буримости	6,90	3,00	0,63
			5,92	3,00	0,48
			7,30	1,79	0,45

При бурении безрудных роговиков с прослоями сланцев, т. е. горных пород X категории, в одних случаях наиболее эффективно применение однослойных коронок, в других случаях — многослойных и импрегнированных коронок (табл. 13). Возможно, что решающую роль в данном случае играет абразивность горных пород.

Бурение неокисленных железистых горных пород II, IV категорий железистых горизонтов: роговиков магнетитовых, силикатно-магнетитовых, карбонатно-силикатно-магнетитовых, гематито-магнетитовых и других пород XI категории — весьма эффективно произ-

Таблица 13

**Технические показатели бурения безрудных роговиков
с прослоями сланцев**

Тип коронки	№ скважины	Проходка на коронку, м	Проходка за рейс, м	Механическая скорость бурения, м/ч
МВ1-76	12 777	4,55	1,52	0,60
АК1-76	12 785	1,30	1,30	0,72
АК3-76		2,70	2,00	0,50
АКВ-76		5,30	2,88	0,70
ИМВ1-76	12 806	4,80	3,47	0,57
ИМВ2-76		4,25	2,90	0,59
ИМВ3-76		6,00	2,63	0,64
ИМВ2-59		12,00	2,98	0,55

водится импрегированными алмазными коронками. Наиболее применительны в этих условиях коронки с твердой матрицей типа ИМВ2 (табл. 14).

Таблица 14

**Технические показатели бурения горных пород
II и IV категорий железистых горизонтов**

№ скважины	Тип коронки	Проходка на коронку, м	Проходка за рейс, м	Механическая скорость бурения, м/ч
13 238	АКВ-76	9,20	2,80	0,64
	КАИ-76	13,20	2,74	0,52
	ИМВ2-76	13,80	2,77	0,60
	ИМВ2-59	12,80	2,95	0,43
12 458	ИМВ2-93	4,31	2,06	0,55
	ИМВ2-76	10,50	2,63	0,64
	ИМВ3-76	1,04	1,04	0,32
	ИМВ1-76	3,60	2,15	0,44
	АК1-76	3,56	3,51	0,60
	КАИ-76	2,46	2,17	0,33

Бурение магнетитовых кварцитов XI категории производится импрегированными коронками типа ИМВ2 (табл. 15).

Наибольшие трудности представляет бурение окисленных горных пород IV, VI категорий: железистых горизонтов, представленных маритовыми, гематито-маритовыми и гетито-гематито-маритовыми роговиками и джеспилитами.

Проходка твердых окисленных горных пород связана с большими затратами времени и алмазов (табл. 16).

В настоящее время трудно рекомендовать эффективный тип алмазной коронки для бурения таких горных пород. Работу по созданию таких коронок ведут ВИТР МГ СССР и ИСМ Госплана УССР.

Таблица 1

Технические показатели бурения магнетитовых кварцитов

№ скважины	Тип коронок	Проходна на коронку, м	Проходна за рейс, м	Механическая скорость бурения, м/ч
12 876	ИМВ2-76	8,5	2,43	0,82
12 878	АК1-76	9,3	2,57	0,78
12 881	АК3-76	13,0	2,45	0,72
12 882	ИМВ3-76	5,7	2,20	0,50
12 884	МВ2-76	8,5	1,66	1,00
12 895	ИМВ2-59	16,7	2,42	0,68
12 895	ИМВ3-59	11,9	2,53	0,68
12 896				

Таблица 16

Технические показатели бурения окисленных роговиков и джеспилитов XI—XII категорий по буримости

№ скважины	Тип коронок	Проходна на коронку, м	Проходна за рейс, м	Механическая скорость бурения, м/ч
11 665	ИМВ2-76	2,72	1,66	0,17
11 730	АК3-76	3,79	1,10	0,21
11 250б	ИМВ2-76	5,40	1,17	0,28
	ИМВ3-76	4,12	1,16	0,28
	КАИ-76	3,50	1,55	0,30
12 820	ИМВ2-76	4,45	1,66	0,30
12 826	ИМВ3-76	1,04	1,29	0,28

Конструкция скважины алмазного бурения

Выбор обсадных труб

Методика разведки рудных залежей Криворожского бассейна и густота разведочной сети находятся в строгом соответствии с морфологией и размерами рудных тел. Скважины размещаются в разведочных профилях, располагаемых вкрест простирания рудных залежей и вмещающих пород.

Разведочные скважины в зависимости от их глубины делятся на три больших группы: глубиной до 500, до 1000 и более 1000 м.

Конструкция скважины при алмазном бурении зависит, с одной стороны, от характера проходных горных пород, с другой стороны, определяются конечным диаметром буровой коронки, обеспечивающим необходимую достоверность опробования.

В 1962 г. ВИТР провел работу по определению диаметра керна, обеспечивающего достаточную степень точности при опробовании месторождений. В результате исследований было установлено, что бурение мелкоалмазными коронками диаметром 59 мм дает необходимую степень точности. Поэтому диаметр коронок 59 мм можно принять в качестве конечного. С технологической точки зрения диаметр коронок 59 мм обеспечивает высокие технические показатели. Однако в настоящее время промышленностью не выпускаются инклинометры для замеров азимутальных искривлений скважин такого диаметра в магнитных средах. Поэтому бурение коронок диаметром 59 мм в бассейне производится лишь эпизодически при проходке мелких скважин. Кроме того, ликвидировать аварии в скважинах диаметром 59 мм очень трудно из-за отсутствия аварийного инструмента.

Обычно верхнюю часть разреза, до входа в плотные, монолитные горные породы, проходят твердосплавными коронками или шарошечными долотами, а остальную часть разреза бурят алмазными коронками диаметром 76 или 59 мм.

При бурении скважин глубиной до 500 м четвертичные и третичные отложения проходят твердосплавными 118-мм коронками и крепят 108-мм трубами на сварке. Выветрелые породы проходятся шарошечными долотами или твердосплавными коронками диаметром 91 мм и крепятся 89-мм трубами.

Применение для этой цели 73-мм труб оказалось малоэффективным: они быстро разгерметизировались, протирались. Дальнейшее бурение производится коронками диаметром 59 или 76 мм.

При бурении скважин глубиной до 1000 м четвертичные отложения проходят твердосплавными 152-мм коронками и крепятся 146-мм трубами. Зону выветривания проходят шарошечными долотами диаметром 112 мм и обсаживают 108-мм трубами. Дальнейшее бурение производится коронками диаметром 76 или 59 мм.

При бурении скважин глубиной свыше 1000 м их конструкция значительно усложняется. Появляется необходимость проходки и крепления нескольких неустойчивых зон.

Примером такой конструкции скважин может быть скв. 12458 проектной глубиной до 1300 м.

Скважину проходили:

До глубины	128 м	— зубчатой коронкой	диаметром	190 мм
»	»	150	» — шарошечным долотом	190 мм
»	»	322	» —	» 145 »
»	»	500	» —	» 132 »
»	»	565	» — алмазными коронками	диаметром 93 мм
»	»	1100	» —	» » 76 »

При алмазном бурении конструкция скважин должна удовлетворять следующим требованиям:

1) зазор между стенками скважин (обсадными трубами) и бурильными трубами должен быть 3—5 мм. Такой зазор дает возможность бурить без вибрации на больших скоростях;

2) трубы обсадной колонны должны быть соединены способом «труба в трубу» с помощью левой резьбы;

3) соединение обсадных труб должно производиться при помощи сварки;

4) башмак колонны труб должен быть зацементирован.

Наиболее удовлетворяют этим требованиям обсадные трубы, разработанные ВИТР (рис. 5), которые изготовлены по более точной технологии, имеют стенки толщиной 5,5 мм и допускают соединения «труба в трубу». Вес 1 м такой трубы 9,16 кг.

В 1967 г. опытными трубами были обсажены три скважины. Испытания прошли вполне успешно. Случаев разгерметизации не наблюдалось.

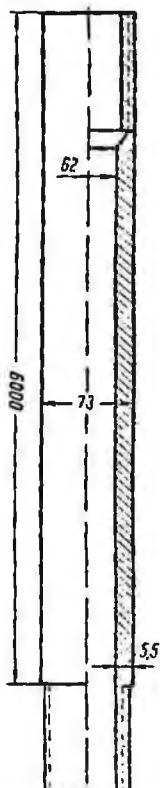


Рис. 5. Обсадная труба.

Подготовительные работы к алмазному бурению

После крепления скважины обсадными трубами необходимо подготовить забой для алмазного бурения. Для уничтожения металла на забое применяют: дробовую коронку со шламовой трубой, твердосплавной фрезер, ловушку секторов матриц (рис. 6).

Наиболее эффективно применение ловушки секторов матриц (ЛСМ), разработанной ВИТР и испытанной в условиях Криворожского бассейна в 1966 г.

Ловушка секторов матриц предназначена для очистки забоя скважины от обломков матрицы алмазной коронки, мелких кусков металла и твердого сплава. Ловушка состоит из корпуса 1 с карманом для сбора вылавливаемых металлических обломков и трубки, проводящей промывочную жидкость из колонны труб к забою мимо кармана. По образующей корпуса сделан паз, по которому промывочная жидкость поднимает обломки металла с забоя к карману. Для разбуривания пеняка керна в нижнюю часть корпуса ввинчивается твердосплавная коронка 2.

Ловушка опускается на забой на колонне бурильных труб и разбуривает коронкой столбик керна (не более 5 см при твердых породах); после этого сплошной струей промывочной жидкости обломки металла загоняются в карман ловушки.

Испытания показали, что ловушка поднимает обломки металла размером от $1 \times 0,5 \times 0,5$ мм до $30 \times 20 \times 9$ мм.

Режим работы ловушки в скважинах Криворожского бассейна

нагрузка на коронку, кг	100—200
скорость вращения снаряда — первая скорость ступок ЗИФ	
количество промывочной жидкости, л/мин	40—80
время работы ловушки на забое после прохождения коронкой уровня забоя, мин	5
общее время ловушки на забое, мин	10—15

Качество очистки забоя при употреблении ЛСМ значительно выше, чем при фрезеровании забоя фрезером.

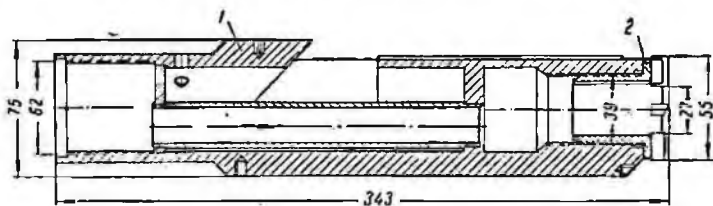


Рис. 6. Ловушка секторов матриц.

Опыт показал, что экономия времени на ликвидацию металла на забое при использовании ЛСМ составляет 5 ч. Разовое применение ловушки вместо твердосплавного фрезера дает экономию при бурении скважин глубиной до 1000 м в размере 34 руб.

Для выравнивания забоя в скважину спускают фрезер, изготовленный из металлической заготовки, армированной восьмигранными твердосплавными резцами. Резцы чеканят в уровень с торцом фрезера.

Подготовка снаряда к спуску в скважину

Навинчивание коронки на колонковую трубу производится специально предназначенными для этого ключами. Чаще всего применяют ключи КБ-12, КБ-13 конструкции ВИТР. Ключ КБ (рис. 7) состоит из опорной скобы с рукояткой 2 и откидной скобы 1 со штифтом 3. При работе с ключом откидная скоба 1 надевается на отворачиваемую деталь, штифт совмещается с отверстием под ключ в детали и нажимом на рукоятку отвинчивают и навинчивают коронки. Эксплуатация ключей КБ в течение 1966—1967 гг. показала, что они удобны и надежны в работе. Случаев деформации коронок ключами не наблюдалось.

Для удобства свинчивания и развинчивания алмазной коронки колонковая труба зажимается с помощью опор (ОКН) конструкции ВИТР (рис. 8).

Опора ОКН представляет собой хомут, состоящий из двух шарнирно скрепленных скоб, с закрепленными в них сменными плашками. Плашки обеспечивают плотный захват колонковой трубы по большой площади соприкосновения. Труба в опоре зажимается

при помощи откидного болта. Каждая опора снабжена плашкой для зажима колопковых труб диаметром 73 и 57 мм.

При использовании опор ОКН случаев деформации колонковых труб не наблюдалось.

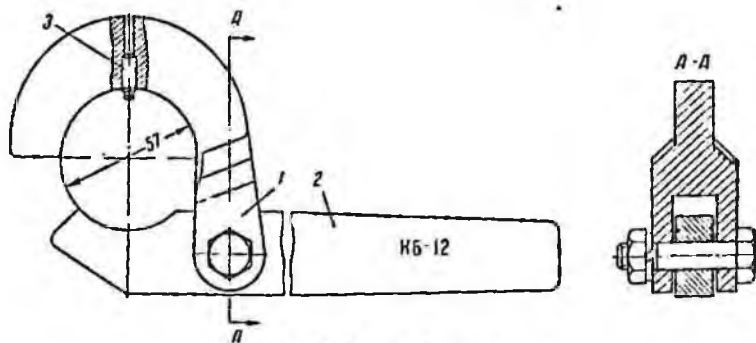


Рис. 7. Буровой ключ.

Первой в скважину спускают алмазную коронку с наибольшим наружным и наименьшим внутренним диаметрами из числа коронок, имеющих на буровой вышке.

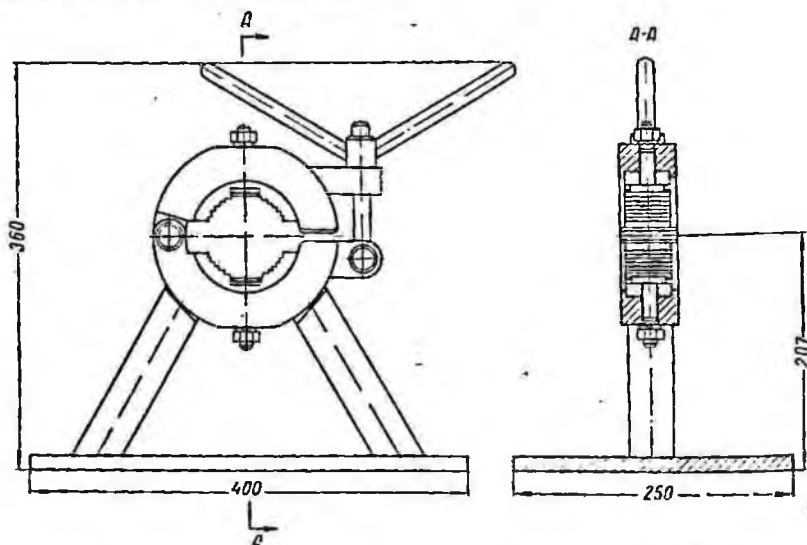


Рис. 8. Опора для свинчивания и развинчивания алмазной коронки.

Возможность спуска новой коронки в скважину обязательно проверяют путем пропуска поднятого керна через коронку. Если керн последнего рейса не проходит через коронку, спуск ее в скважину запрещается.

При наличии на забое керна более 20 см спуск в скважину работоспособной алмазной коронки запрещается. В этом случае допускается спуск сплюснотой обработанной импрегнированной коронки с внутренним диаметром, превышающим диаметр керна, поднятого в последний рейс. Коронка не должна иметь трещин в матрице и должна обеспечить проходку не менее 0,5 м.

Если на забое осталось большое количество керна и геологический персонал не препятствует его уничтожению, то в скважину спускают кернолом шарошечный типа КШ (рис. 9) конструкции ВИТР. Он представляет собой одношарошечное долото с шарошками, армированными твердыми сплавами.

При бурении керноломами применяли следующие режимы бурения: нагрузка 300 кг, скорость вращения — первая скорость станков ЗИФ, количество промывочной жидкости 50 л/мин.

Коронки ИМВ2 поставляются заводом незаточенными. Заточку обычно производят на абразивных камнях — наждаках. Для этого на торец обсадной трубы кладется широкая и достаточно толстая доска, на которой размещается абразивный диск. Заточка производится при режиме:

- а) скорость вращения — первая скорость станков ЗИФ;
- б) осевая нагрузка 100—150 кг;
- в) количество промывочной жидкости 2—5 л/мин.

При применении керноловательного устройства перед спуском обязательно проверяют свободное положение пружины.

Процесс бурения

После постановки снаряда на забой бурят в течение 10—15 мин на пониженных параметрах режима: первая скорость станков типа ЗИФ, нагрузка 200—300 кг, количество промывочной жидкости 40—50 л/мин.

При стабилизации процесса бурения режимные параметры доводятся до рациональных.

Наиболее трудно найти рациональное количество промывочной жидкости. Для этого бурят не менее пяти рейсов на каждом режиме промывки. Сравнение механических скоростей бурения, проходок за рейс и износов коронок для каждого режима промывки позволяет найти оптимальное количество промывочной жидкости.

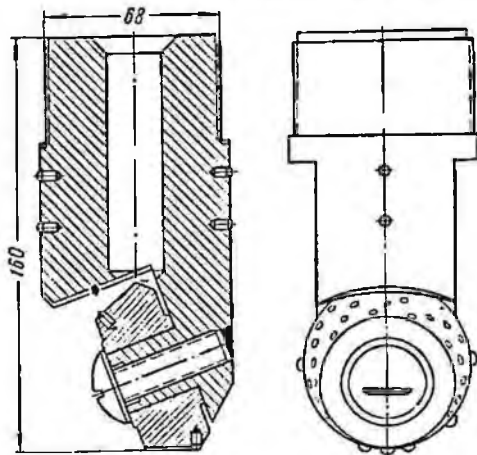


Рис. 9. Кернолом шарошечного типа.

Наименование горных пород	Рекомендуемый тип коронки		
	шифр коронки	верность алмазов на 1 карат	
		объемных	подрезных
Диабазы (категория IX—X)	AK-3	60—90	30—40
Биотитовые гнейсы (категория по буримости VIII—IX)	AK-1 MB-1	20—30	10—20
Филлиты, хлорито-карбонатно-тальковые сланцы, хлорито-биотитовые и хлоритовые сланцы, амфиболовые и слюдисто-амфиболовые сланцы, красные сланцы (категория по буримости VIII—IX)	AK-1	20—30	10—20
Плагиоклазовые (саксаганские) граппы (категория по буримости IX—X)	MB-3 AK-3	60—90	30—40
Микроклин-плагиоклазовые граппы и мигматиты (категория по буримости VIII—IX)	MB-3 AK-3	60—90	30—40
Аркозовые песчаники (категория по буримости VIII—IX)	MB-3	60—90	30—40
Роговик карбонатно-магнетитовый с прослоями амфиболовых сланцев (категория по буримости — X)	ИМВ-2 ИМВ-1	120—150 120—150	30—40 30—40
Роговик мартито-гематитовый и гематитовый:			
а) сильно окисленный и выщелоченный (категория по буримости VIII—IX) (ограниченная длина рейса)	ИМВ-2	300—400	30—40
б) очень твердые (категория по буримости XI—XII)	ИМВ-3	—	—
Роговик безрудный с прослоями сланца (категория по буримости X)	ИМВ-2 ИМВ-1	200—300 120—150	30—40 30—40
Роговик магнетитовый, плотный (категория по буримости XI)	ИМВ-2 ИМВ-1	200—300 300—400	30—40 30—40
Роговик карбонатно-магнетитовый краснополосчатый (категория по буримости XI)	ИМВ-2	200—300	30—40
Роговик магнетито-силикатный (категория по буримости X)	ИМВ-2 ИМВ-1	120—150 120—150	30—40 30—40
Роговик гематито-мартитовый, выщелоченный (категория X—XI)	ИМВ-2	300—400	30—40
Роговик силикатно-карбонатно-магнетитовый (категория XI)	ИМВ-2	200—300	30—40
Роговик гематито-магнетитовый, плотный (категория XI)	ИМВ-2	300—400	30—40

Таблица 17

режимы бурения

Режим бурения			Ожидаемые технические показатели		
скорость вращения сверла, об/мин	осевая нагрузка на коронку, кг	количество промывочной жидкости, л/мин	механическая скорость бурения, м/ч	проходка за рейс, м	проходка на коронку, м
200—400	500—1000	20—25	0,6—1,0	3,0—3,5	30—40
200—500	250—500	35—45	0,8—1,5	3,0—4,0	40—45
200—400	350—500	25—45	0,9—1,7	2,5—3,5	30—40
200—400	400—800	25—35	0,7—0,9	2,0—2,5	25—30
150—250	400—700	25—35	0,8—1,5	2,0—2,5	30—40
300—500	500—1000	25—35	1,0—2,0	3,5—4,0	30—45
120—200	500—600	60—65	0,6—0,72	2,0—2,5	20—30
200—300	700—800	60—70	0,78—0,9	2,0—2,5	20—25
120—200	500—600	60—70	0,60—0,72	2,0—3,0	20,28
200—300	700—800	60—75	0,8—0,9	2,0—3,0	20—25
50—100	600—700	30—40	0,5—0,7	0,5—1,0	20—30
50—100	800—1000	30—40	0,3—0,5	1,5—2,5	10—15
120—200	800—900	40—50	0,55—0,70	2,0—3,0	25—35
200—300	700—1000	45—50	0,60—0,90	2,0—2,5	25—30
120—200	700—800	60—70	0,60—0,80	2,5—3,0	20—30
200—300	700—900	60—80	0,65—0,90	3,0—3,5	20—25
120—200	700—800	45—55	0,40—0,60	2,0—2,5	20—30
200—300	700—900	40—60	0,60—0,80	2,0—2,5	20—25
120—200	800—1000	50—60	0,60—0,70	2,0—2,5	18—25
120—200	800—900	50—55	0,40—0,55	2,0—3,0	20—30
120—200	1000—1200	70—80	0,70—0,90	3,0—3,5	30—35
120—200	800—1000	70—80	0,50—0,90	3,0—3,5	25,30
50—100	900—1200	20—30	0,30—0,40	0,5—1,5	10,15
120—200	1000—1200	35—45	0,35—0,50	2,0—2,5	18—25
120—200	1000—1200	40—45	0,45—0,50	2,0—3,0	20—30
200—300	800—1200	35—45	0,48—0,75	2,0—2,5	20—25

Наименование горных пород	Рекомендуемый тип коронки		
	тип коронки	вершинность алмазов на 1 карат	
		объемных	подрезных
Роговик маритовый (категория XI).	ИМВ-3	—	—
Роговик магнетито-гематитовый	ИМВ-2	200—300	30—40
Маритовые руды:			
а) низкой и средней крепости	ИМВ-2	120—150	30—40
б) очень крепкие	ИМВ-2	300—400	30—40
Красочные и краско-маритовые руды	ИМВ-2	120—150	30—40
Магнетитовые и маритито-магнетитовые руды	ИМВ-2	200—300	30—40

* Ограниченный рейс.

Следует иметь в виду, что при некоторых режимах промывки даже небольшое изменение количества жидкости приводит к резкому изменению технических показателей.

Опыт бурения горных пород в Криворожском бассейне показывает, что основным правилом бурения импрегнированными коронками следует считать поддержание постоянными значения параметров режима, при которых процесс бурения стабилизировался.

При самозаклинке керна, которая отчетливо ощущается по работе снаряда в скважине, резкому понижению величины механической скорости и повышению величины давления на манометре насоса, снаряд поднимается на поверхность. Опыт показывает, что в 70% самозаклинка может быть ликвидирована путем снижения осевой нагрузки до 100—150 кг и применения первой скорости станка в течение 10—15 мин.

Наиболее часто применяемые режимы бурения алмазными коронками диаметром 59 мм и получаемые при этом технические показатели приведены в табл. 17.

При использовании коронок других диаметров необходимо рекомендуемые величины параметров режима бурения умножить на поправочные коэффициенты.

При использовании коронок диаметром 76 мм эти коэффициенты имеют следующие значения:

для скорости вращения снаряда $K_1 = 0,77$;

для осевой нагрузки на коронку $K_2 = 1,38$;

для количества промывочной жидкости $K_3 = 1,38$.

При использовании коронок диаметром 46 мм:

для скорости вращения снаряда $K_1 = 1,28$;

для осевой нагрузки на коронку $K_2 = 0,70$;

для количества промывочной жидкости $K_3 = 0,70$.

Режим бурения			Ожидаемые технические показатели		
скорость вращения шарнира, об/мин	осевая нагрузка на колонку, кг	количество промывочной жидкости, л/мин	механическая скорость бурения, м/ч	проходка за рейс, м	проходка на колонку, м
100—120	1000—1200	30—35	0,35—0,50	1,5—2,0	10—18
120—200	1200—1400	30—35	0,40—0,50	2,0—3,0	18—25
50—100	500—800	20—30	0,5—1,0	0,5—1,5*	20—30
100—200	800—1000	40—50	0,4—0,60	2,0—3,0	20—25
50—100	500—800	20—30	0,5—1,0	0,5—1,5*	20—30
120—200	600—1000	50—60	0,4—0,6	1,5—2,0	20—25

Для некоторых горных пород рекомендованы два типа коронок. При их выборе следует придерживаться следующих правил:

1) коронки ИМВ1 рекомендуются для менее твердых (но абразивных) горных пород, чем породы, в которых применяются коронки ИМВ2;

2) коронки МВ следует применять при бурении более абразивных пород, чем породы, в которых применяются коронки АК;

в) коронки ИМВ3 рекомендуется применять для более твердых и менее абразивных пород, чем породы, в которых применяются коронки ИМВ2.

Для некоторых коронок рекомендованы два режима бурения. Бурение на высоких скоростях вращения следует рекомендовать при проходке малотрещиноватых пород и применении антивибрационных средств.

Для борьбы с вибрациями бурильной колонны применяются следующие мероприятия:

а) буровые станки устанавливают на бетонном фундаменте;

б) использование антивибрационной канфольно-нигрольной смазки бурильных труб;

в) применение эмульсионных антивибрационных промывочных жидкостей.

Антивибрационная смазка бурильных труб готовится из канфоль и нигрола в соотношении 1 : 3. Успешно используется в качестве наполнителя техническая канфоль и гумароковая смола.

Смазку можно нанести вручную или с помощью специальных приспособлений (рис. 10), устанавливаемых на устье скважины, которые обеспечивают равномерное нанесение смазки.

В условиях бассейна были испытаны (впервые в СССР) антивибрационные эмульсионные жидкости на базе кожнастола (эмульсола), а также жидкого мыла.

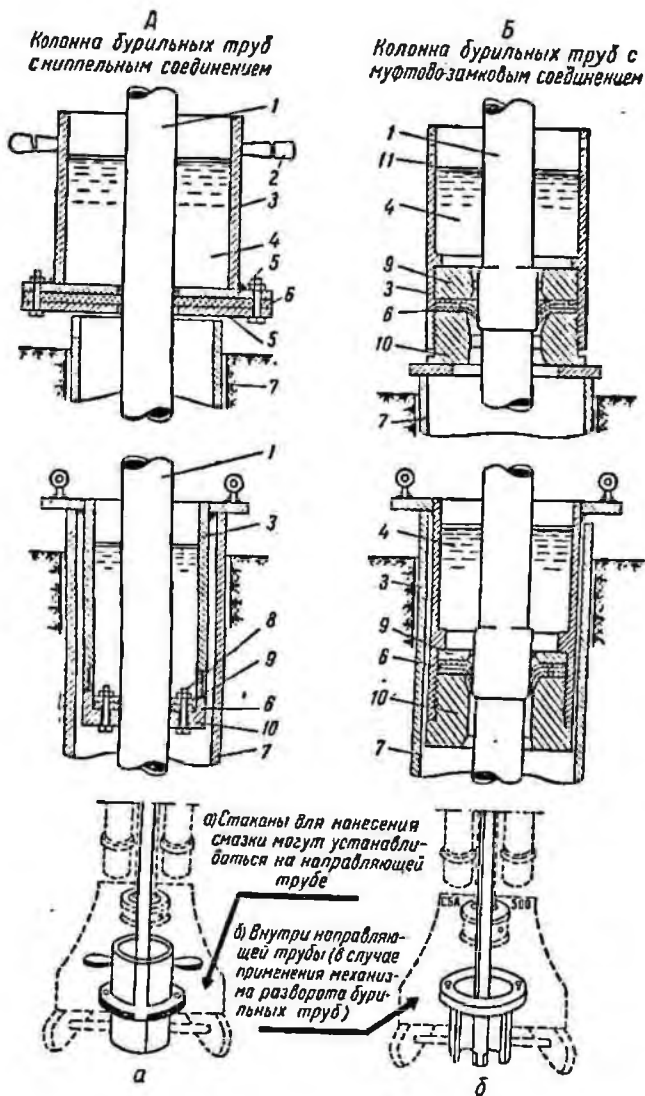


Рис. 10. Типы смазочных устройств.

- 1 — колонна бурильных труб; 2 — рукоятка; 3 — корпус станка;
 4 — смазочная смесь; 5 — фланцы; 6 — резиновые прокладки; 7 —
 направляющая труба; 8 — крепежный болт; 9 — шайба; 10 — буска
 11 — отверстия для валичкового шланга.

Антивибрационный эмульсол был испытан при бурении скв. 12914 в Левинской ГРП, применение его способствовало увеличению стойкости алмазных коронок, увеличению механической скорости бурения и проходки за рейс. В результате уменьшения обрывов бурильных труб время чистого бурения возросло с 43 до 60%.

Мероприятия по обеспечению нормируемого выхода керна

Для повышения выхода керна при бурении по сильно трещиноватым окисленным горным породам или рудам применяются следующие мероприятия:

- 1) специальный технологический режим:
 - а) работа с промывкой глинистым раствором;
 - б) работа на первой скорости вращения шпинделя;
 - в) снижение осевой нагрузки на 50%;
 - г) ограничение интенсивности промывки (в скважину подают минимальное количество промывочной жидкости, обеспечивающей процесс углубления);
- 2) ограничение длины рейса;
- 3) применение двойных колонковых труб.

ДВОЙНЫЕ КОЛОНКОВЫЕ ТРУБЫ ДЛЯ АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ

При алмазном бурении применяют как одинарные, так и двойные колонковые трубы. Применение двойных колонковых труб повышает выход керна и удлиняет рейс. Именно поэтому за рубежом двойные колонковые трубы все более вытесняют одинарные.

В Криворожском бассейне применяют несколько типов двойных колонковых труб.

Двойные колонковые трубы ТДН и ТДВ первого типа (конструкции ВИТР)

Двойные колонковые трубы первого типа предназначены для увеличения длины рейса серийных алмазных коронок при бурении по слаботрещиноватым породам. С применением таких труб увеличивается выход керна на 5—10%. Трубы работают с применением чистой воды.

Трубы первого типа имеют две модификации: ТДВ (рис. 11) и ТДН (рис. 12).

Труба ТДВ имеет внутреннюю вращающуюся колонковую трубу. Внутренняя труба соединена резьбой с переходником. Из полости внутренней трубы имеется отверстие в затрубное пространство, обеспечивающее обратный ток промывочной жидкости во внутренней трубе. Труба снабжена кернорвательным устройством, имеет центрирующий переходник.

Двойная колонковая труба ТДН с невращающейся внутренней колонковой трубой имеет преимущество перед двойной колонковой трубой с вращающейся керноприемной трубой в том, что керн

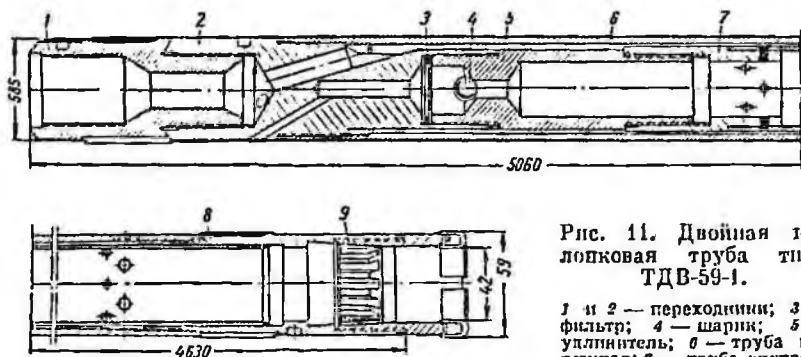


Рис. 11. Двойная колонковая труба типа ТДВ-59-1.

1 и 2 — переходники; 3 — фильтр; 4 — шарик; 5 — удлинитель; 6 — труба наружная; 7 — труба внутренняя; 8 — корпус рвателя; 9 — кольцо рвательное.

не подвергается воздействию центробежных сил. Конструкция трубы видна на рис. 12.

Внутренняя керноприемная труба ТДН-1 подвешена на двух шарикоподшипниках, не защищенных от промывочной жидкости. Для отрыва и удержания керна служит кернорвательное кольцо К-59 или К-76. В качестве промывочной жидкости при бурении с трубами ТДН-1 может применяться только вода.

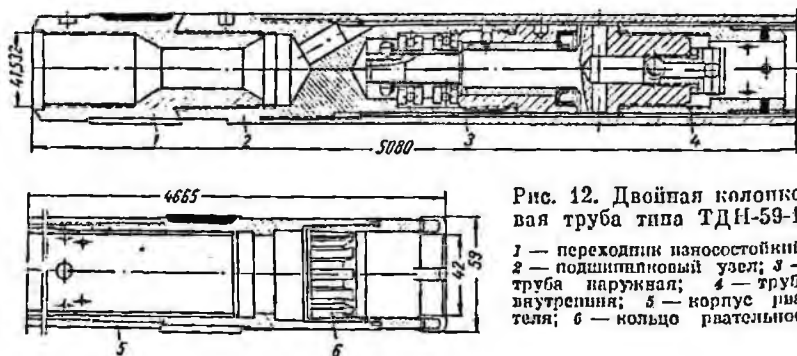


Рис. 12. Двойная колонковая труба типа ТДН-59-1.

1 — переходник на носостойки; 2 — подшипниковый узел; 3 — труба наружная; 4 — труба внутренняя; 5 — корпус рвателя; 6 — кольцо рвательное.

В табл. 18 приведены технические показатели бурения, полученные при применении двойных колонковых труб первого типа.

В результате экономического расчета было установлено, что стоимость 1 м бурения двойными колонковыми трубами ТДВ-59-1 ниже, чем стоимость бурения одинарными трубами, на 13%, а стоимость бурения двойными колонковыми трубами типа ТДН-76-1

Технические показатели бурения двойными колонковыми трубами первого типа

№ скважины	Тип трубы	Прогонка, м	Средняя категория по буримости	Технические показатели			
				механиче- ская про- дукция, м/ч	прогонка за рейс, м	вынос ко- лонны на 1 м бурения, мм	выход керн, %
13238 ЦГРП	ТДВ-59-1 одинарная	57,42	10,5	0,52	2,87	0,139	80
		44,18	10,6	0,34	2,60	0,230	73
Показатели бурения с двойными трубами, %	ТДН-76-1 одинарная	75,67	10,4	0,65	2,70	0,052	100
		12458 ОГРЭ	132,58	10,4	0,86	3,80	0,150
Отношения показателей бурения с двойными трубами к показателям бурения с одинарными трубами, взятым за 100%			—	76	71	346	108

выше, чем стоимость бурения одинарными колонковыми трубами, на 38%. В результате этого трубы ТДВ-59-1 были рекомендованы в серийное производство, а испытание труб ТДН-76-1 отложено.

Двойные колонковые трубы ТДН и ТДВ второго типа (конструкции ВШР)

Двойные колонковые трубы ТДВ второго типа (рис. 13) состоят из паружной и внутренней колонковых труб, навинчиваемых на специальный переходник. Трубы данного типа отличаются от труб

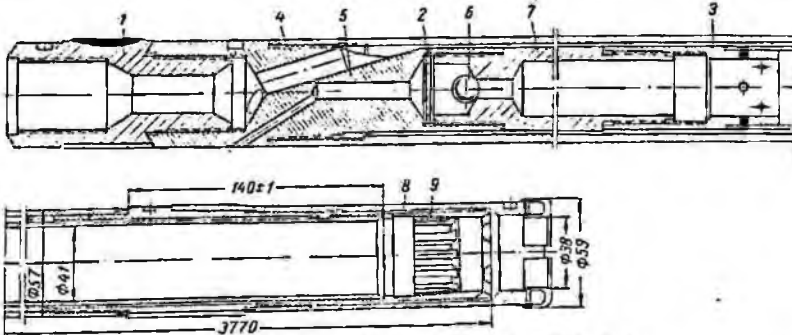


Рис. 13. Двойная колонковая труба ТДВ-59-2.

1 и 5 — переходники; 2 — фильтр; 3 — труба внутренняя; 4 — труба паружная; 6 — шарнир; 7 — удлинитель; 8 — корпус ротора; 9 — кольцо роторное.

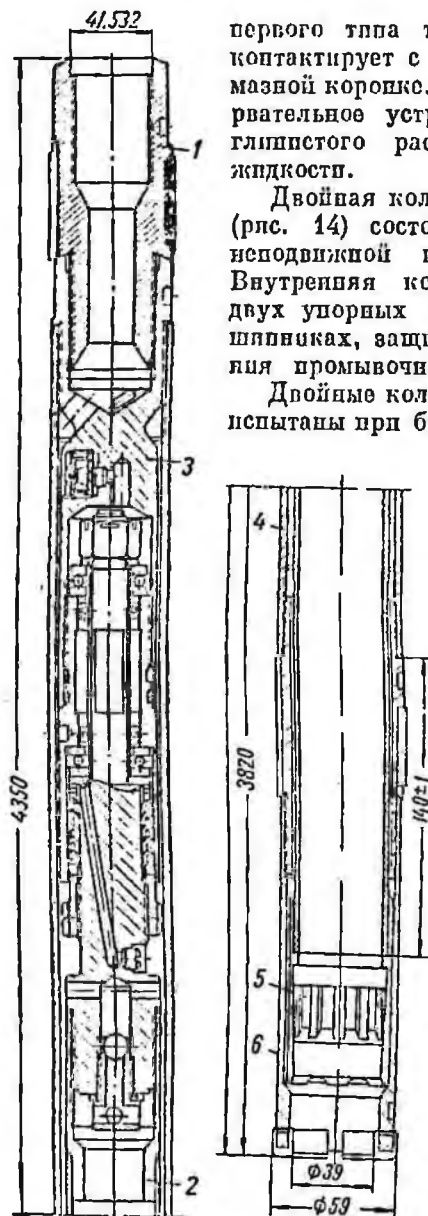


Рис. 14. Двойная колонковая труба типа ТДВ-59-2.

1 — переключник; 2 — труба внутренняя; 3 — узел приемный; 4 — труба наружная; 5 — кольцо рвалательное; 6 — корпус рвалателя

первого типа тем, что промывочная жидкость контактирует с керном только в специальной алмазной коронке. Труба имеет специальное кернорвательное устройство и допускает применение глинистого раствора в качестве промывочной жидкости.

Двойная колонковая труба ТДН второго типа (рис. 14) состоит из подвижной наружной и неподвижной внутренней колонковых труб. Внутренняя колонковая труба подвешена на двух упорных и двух радиальных шарикоподшипниках, защищенных сальниками от попадания промывочной жидкости.

Двойные колонковые трубы второго типа были испытаны при бурении скв. 11230 и обеспечили повышение выхода керна (руды) на 30% по сравнению с одинарными колонковыми трубами.

Двойные колонковые трубы ТДН-4 (конструкции ВИТР)

Двойные колонковые трубы типа ТДН-4 предназначены для повышения выхода керна при бурении по трещиноватым и размываемым породам (рис. 15).

Внутренняя труба подвешена относительно наружной (обе геологоразведочного стандарта) на подшипниковом узле. Диаметр бурения 59 мм. Длина керноприемной части 1,5 или 3,0 м. Коронки специальные алмазные с выводом промывки на забой через отверстия в торце.

Для отрыва и удержания керна служат кернорватели паукового или пружинного типа (в зависимости от пород). Трубы широко применяли при бурении скважин алмазного бурения в Ленинской ГРП и Октябрьской ГРЭ. Результаты бурения этой трубой приведены в табл. 19.

Технические показатели бурения двойной колонковой трубой ТДН-59-4

ГРП	№ скважины	Наименование буримых горных пород	Средний выход керна, %		Прожитки, м
			с одинарными трубами	с двойными трубами	
Ленинская	12884	Разрушенные гнейсы, магнетитовые кварциты IX—XI категории по буримости	30	35	18,00
	12885		52	71	6,20
	12895		60	90	20,62
	12896		11	38	6,22
	12878		42	58	19,93
Октябрьская ГРЭ	12460	Маритовые руды	0	26	6,97

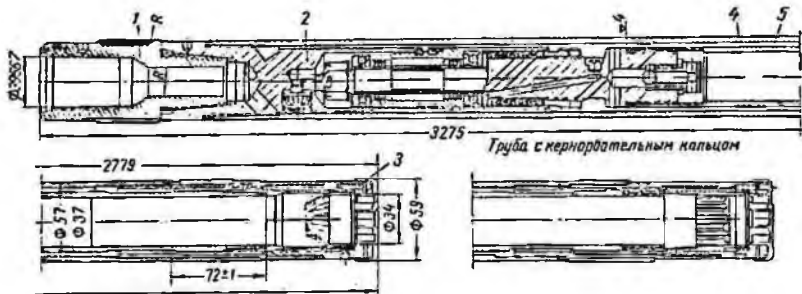


Рис. 15. Двойная колонковая труба типа ТДН-59-4

— переходник; 2 — узел подшипниковый; 3 — роатель; 4 — труба наружная; 5 — труба внутренняя.

Во всех случаях применения труб ТДН-59-4 наблюдалось стабильное повышение выхода керна на 15—25%. Трубы рекомендованы в серийное производство для тех условий, где для достижения норм требуется повышение керна на 20%.

Двойная колонковая труба кремнезучского типа с опережающей внутренней коронкой

Двойные колонковые трубы с опережающей внутренней коронкой применяют в тех случаях, когда другие типы двойных колонковых труб не обеспечивают нормированного выхода керна, т. е. при проходке очень слабых и хрупких горных пород, легко разрывающихся промывочной жидкостью.

При использовании двойных колонковых труб получают высокие механические скорости; проходка за рейс обычно не превышает 20—30 см; расход алмазов выше, чем при обычном бурении.

Однако это единственная конструкция, обеспечивающая получение нормируемого выхода керна при проходке рыхлых руд («спец»).

Технические приемы при алмазном бурении

1. Навививать коронку на колопковую трубу необходимо только специально предназначенными для этого кольцевыми ключами или клещами.

2. Спускаемая в скважину алмазная коронка должна иметь наибольший наружный диаметр и наименьший внутренний диаметр по числу коронок, имеющихся на буровой.

3. При наличии на забое керн размером 20 см спускать в скважину работоспособную алмазную коронку запрещается. Допускается спускать в скважину сильно подработавшую импрегнированную коронку. Коронка, опускаемая в скважину, не должна иметь трещины в матрице и должна обеспечить проходку не менее 0,5 м. При посадке коронки на забой, на котором находится керн длиной 20 см, спуск снаряда прекращается на расстоянии 20—30 см от керна. Посадка коронки на керн производится при минимальных скорости вращения шпинделя и давлении.

4. Если торец коронки в процессе предыдущего рейса заполировался, то коронку перед спуском необходимо заточить. Заточка производится при небольшом осевом давлении (100—150 кг) на первой скорости вращения с подачей насосом промывочной жидкости 15—20 л/мин. Износ коронки при заточке должен быть минимальным (не более 0,02—0,03 мм по высоте рабочего слоя).

5. По мере износа матрицы коронки, проходные сечения промывочных каналов уменьшаются, появляется необходимость углубления их. Углубление промывочных каналов производится наждачным точилом или ножовочными полотнами.

6. Спускать коронку в скважину следует плавно, без рывков.

7. Спуск снаряда прекращается, не доходя до забоя 0,3—0,5 м, затем закрепляется патрон и посадка на забой производится на первой скорости вращения шпинделя с подачей не более 2,0 см/мин и промывочной жидкостью с подачей 100 л/мин.

8. После того как снаряд поставлен на забой, необходимо в течение первых 20 мин бурить на пониженных параметрах режимов бурения: на первой скорости вращения станка, при нагрузке 200—300 кг и подаче промывочной жидкости 40—50 л/мин.

9. После стабилизации процесса бурения плавно довести значение параметров режима бурения до оптимального. При каждом значении нагрузки бурить 10—20 мин до стабилизации процесса бурения.

10. При переключении скорости вращения шпинделя осевая нагрузка должна быть уменьшена до 150—200 кг.

11. Количество промывочной жидкости регулируют таким образом, чтобы шлам не забивал матрицу и обнажал новые острия алмазов

в процессе бурения. Если количество промывочной жидкости, поступающее на забой, чрезмерно, то шлам, уходя из-под торца коронки, не своевременно обнажает новые зерна алмазов, а уже обнаженные алмазы зашлифовываются. Если количество промывочной жидкости недостаточно, то зазоры между керном и внутренней поверхностью матрицы уменьшаются и забиваются шламом, происходит самозаклинка керна. Кроме того, при малом количестве промывки может произойти «прижог» коронки.

12. В процессе бурения запрещается отрывать снаряд от забоя. При отрыве коронки от забоя могут выпасть кусочки керна, которые при постановке коронки на забой выведут матрицу коронки из строя.

13. Перед заклинкой керна необходимо тщательно промыть скважину в течение 10—20 мин до осветления промывочной жидкости; затем засыпать заклинку. Сначала следует засыпать первую порцию более мелкой заклинки 0,5—1,0 мм и прогнать ее промывочной жидкостью до керна, затем засыпать заклиночный материал размером 1—2 мм и прогнать его до керна. В качестве заклиночного материала применяют толстое бутылочное стекло или фарфор. Количество заклинки 100—150 г.

14. При наличии глубоких борозд на торце коронки или сколов матрицы коронка заменяется.

Методика предупреждения искривления скважин

Искривление ствола скважины не только искажает геологические результаты и ведет к невыполнению проектного задания, но и зачастую вызывает затяжные аварии, чрезмерный износ бурового снаряда, затрудняет выполнение спуско-подъемных операций и увеличивает затраты на 1 м бурения.

В условиях Криворожского бассейна допускается zenithное искривление до 3° на 100 м ствола скважины.

Zenithное искривление замеряется обычным прибором с плавиковой кислотой.

Чтобы избежать большого искривления ствола скважины, применяют следующие методы:

а) регулярно, через каждые 25 м углубки, замеряют zenithный угол наклона скважины;

б) буровой станок устанавливают на прочном фундаменте, по универсальному уровню-угломеру УУ-4. Шпindelю станка придают строго требуемое направление;

в) запрещается забуривать скважины неисправным буровым станком, шпindelь которого имеет во втулке большой зазор;

г) забуривают скважину на малых нагрузках с применением ровной штанги, закрепленной в зажимных патронах строго по центру;

д) бурят только прямыми колонковыми трубами;

е) при переходе с большего диаметра бурения на меньший применяют буровой снаряд, состоящий из двух колонковых труб прежнего

и меньшего диаметров, соединенных специальным переходником. Только после углубления скважины на длину нижней колонокковой трубы переходят на бурение обычным колонокковым снарядом меньшего диаметра.

Линейные искривления скважин, буримых коронками диаметром 76 мм, измеряют с помощью чехословацкого гипсостатического инклинометра ИГ-70 диаметром 70 мм.

Линейные искривления скважин, буримых алмазными коронками диаметром 59 мм, не измеряют, так как нет инклинометров такого диаметра (в магнитных средах). Это в значительной мере сдерживает темп внедрения алмазного бурения.

Опыт проходки скважин в Криворожском бассейне показывает, что при алмазном бурении искривления скважин уменьшается в среднем с 2 до 1,3° (на 100 м проходки), что способствует лучшему сохранению проектной плотности сети при подсечении полезного ископаемого.

Эффективность применения алмазного бурения в тресте Кривбасгеология

Экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ от внедрения алмазного бурения определяем по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_c + 0,2\mathcal{E}_k,$$

где \mathcal{E}_c — экономия по стоимости в руб.; \mathcal{E}_k — экономия по капиталовложениям в руб.; 0,2 — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Экономия по стоимости бурения подсчитывали следующим образом.

1. На основании фактических затрат на бурение по статьям: «Заработная плата» — фактическая по скважинам, за вычетом зарплаты за простои и аварии; «Зарплата ИТР» — фактическая по ГРП; «Истирающие материалы» — фактически по скважинам; «Прочие материалы» — фактически по ГРП; «Амортизация» — фактическая по ГРП; «Износ» — фактический по ГРП; «Транспорт» — фактический по ГРП; «Услуги» — фактические по ГРП. Определяли стоимость 1 станко-смены при алмазном и дробовом бурении.

2. Затраты истирающих материалов (алмазов) определялись как на основании полностью изношенных и списанных коронок, так и с учетом не до конца отработанных коронок. При этом расчетную проходку на импрегнированную алмазную коронку определяли по формуле

$$C_k = \frac{4M}{H},$$

где C_k — расчетная проходка на коронку в м; 4 — высота рабочего слоя матрицы в мм; M — проходка коронкой в м; H — износ матрицы на проходку 1 м, мм.

На основании полученной расчетной проходки на коронку и проходки на списанную коронку определяли средневзвешенную (относительно количества коронок) проходку на коронку

$$C_p = \frac{n_1 C_c + n_2 C_k}{n_1 + n_2},$$

где C_p — принимаемая для расчета проходка на коронку в м; C_c — проходка на обработанную (списанную) коронку в м; n_1 — количество обработанных коронок; n_2 — количество не до конца обработанных коронок.

Затраты истирающих алмазов A на 1 станко-смену бурения для каждого типа коронок определяли по формуле

$$A = \frac{P}{P} \Pi,$$

где P — проходка на коронку; Π — стоимость коронки в руб.; P — проходка на 1 станко-смену в м (без учета простоев).

Так как при бурении скважин обычно применяли несколько типов алмазных коронок, то средние затраты истирающих алмазов H_c определялись по формуле:

$$H_c = A_1 K_1 + A_2 K_2 + A_3 K_3 + \dots + A_n K_n,$$

где $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ — затраты истирающих алмазов на 1 станко-смену при бурении первым, вторым, третьим, четвертым, n -м типом коронок; $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ — количество коронок первого, второго, третьего, n -го типа в %.

3. Экономию по стоимости алмазного бурения \mathcal{E}_c определяли по формуле

$$\mathcal{E}_c = \left(\frac{C_d}{n_d} - \frac{C_n}{n_a} \right),$$

где C_a, C_d — стоимость 1 станко-смены алмазного и дробового бурения в руб.; n_d, n_a — проходка на 1 станко-смену (без учета простоев) при дробовом и алмазном бурении; L_a — проходка алмазного бурения в м.

4. Экономию по капиталовложениям определяли по формуле

$$\mathcal{E}_k = \left(\frac{L_a}{H_d \cdot 12} - \frac{L_n}{H_n \cdot 12} \right) B,$$

где H_a, H_d — производительность алмазного и дробового бурения на 1 станко-месяц (без учета простоев); 12 — стоимость бурового агрегата; B — стоимость одной мелкоалмазной коронки.

В табл. 20 дан расчет экономической эффективности алмазного бурения по Криворожскому бассейну в 1966 г.

Себестоимость 1 м бурения алмазными коронками и дробью-сечкой

Наименование организации	Вид бурения	№ скважины	Интервал бурения	Средняя категория буровых пород	Затраты по статьям на 1 станко-смену, руб.										Проходка на 1 станко-смену, м	Станокость 1 м бурения, руб.
					зарплата	материалы		напиво	транспорт	услуги	амортизация	накладные расходы	общие затраты			
						использование	прочие									
Центральная ГРП	Алмазное	12785 12777 12806 13238	0—500	10,4	14,90	16,50	5,07	3,92	4,47	4,76	4,39	9,92	61,93	2,19	29,10	
	Дробовое	12552 12553 12784 12784а	0—500	10,2	12,50	3,45	5,07	3,92	4,47	4,76	4,39	7,10	45,66	1,51	30,40	
	Алмазное	12791 12793	0—300	9,5	13,80	6,99	5,07	3,92	4,47	4,76	4,39	7,96	51,36	2,63	19,60	
	Дробовое	10943 10949 12786 12704 12795 12787	0—300	9,5	13,30	3,92	5,07	3,92	4,47	4,76	4,39	7,30	47,13	1,70	27,90	

Октябрьская ГРЭ	Алмазное	12436	0—1500	10,0	18,70	10,70	7,26	3,55	3,30	2,87	7,28	9,80	63,46	1,66	38,4
	Дробовое	11667		10,2	9,99	1,16	7,26	3,55	3,30	2,87	7,28	6,50	41,91	0,72	58,2
	Алмазное	11665	0—2000	10,5	12,20	10,40	7,26	3,55	3,30	2,87	7,28	8,60	55,46	0,52	107,0
	Дробовое	11660		10,0	12,57	0,63	7,26	3,55	3,30	2,87	7,28	6,85	44,31	0,38	117,0
	Алмазное	12458	0—1500	10,6	18,40	15,20	7,26	3,55	3,30	2,87	7,28	10,60	68,47	1,70	40,1
	Дробовое	12190		10,8	13,90	1,02	7,26	3,55	3,30	2,87	7,28	7,19	46,37	0,62	74,9
Ленинская ГРП	Алмазный	12876	0—500	10,8	17,93	9,90	7,02	4,56	4,24	4,30	6,42	9,99	61,36	2,77	23,4
		12878													
		12881													
		12882													
		12883													
		12884													
	12885														
	12895														
	12896														
	Дробовое	12821	0—500	10,5	12,27	2,75	7,02	4,56	4,24	4,30	6,42	7,60	49,16	1,69	29,20
12825															
12820															
12816															
12817															
12830															
12875															
Алмазное	112506	0—1500	11,0	21,70	18,19	7,02	4,56	4,24	4,30	6,42	12,20	79,31	1,48	53,90	
	11250а														
	11730														
	11140а														
Дробовое	11730	0—2000	10,8	14,10	5,30	7,02	4,56	4,24	4,30	6,42	8,42	54,36	0,46	118,20	
	11140а														
	11140а														
	11140а														
Дробовое	11140а	0—2000	10,8	12,60	0,58	7,02	4,56	4,24	4,30	6,42	7,29	47,01	0,36	130,50	
	11140а														
	11140а														
	11140а														

Задачи по внедрению алмазного бурения в тресте Кривбасгеология в 1968—1970 гг.

Для внедрения алмазного бурения необходимо решить следующие основные задачи:

- а) создать эффективный тип алмазной коронки для бурения малоабразивных роговиков и джесплитов XI—XII категорий по буримости;
- б) разработать эффективный тип мелкоалмазного расширителя для бурения горных пород бассейна;
- в) разработать конструкции двойных колонковых труб, обеспечивающих получение нормируемого выхода керна при бурении окисленных, выветрелых горных пород;
- г) разработать технологию бурения скважин глубиной свыше 1000 м;
- д) разработать инклинометр для замера искривлений скважин, буримых коронками диаметром 59 мм;
- е) создать автоматический регулятор подачи бурового снаряда на забой;
- ж) разработать надежные технические средства борьбы с вибрацией;
- з) применить высокие скорости вращения бурового снаряда.

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛОНКОВЫХ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

Колонковые шарошечные долота относятся к новым техническим средствам ускорения разведки месторождений полезных ископаемых. Особое значение они приобретают при бурении глубоких скважин в связи с возможностью увеличения механической скорости бурения и проходки за рейс при одновременном получении керна. Впервые колонковые четырехшарошечные штыревые долота марки 2КД10-СВ17 диаметром 145 мм с центральным отверстием диаметром 28 мм для прохода керна испытаны в Криворожском бассейне в 1960 г.

Испытание долот производилось в сочетании с эрлифтом, применение которого вызывалось необходимостью улавливания выбуренной породы в виде крупного шлама с помощью местной обратной циркуляции промывочной жидкости.

Учитывая геологические условия применения долот (хорошая изученность толщи, возможность расчленения пород методами геофизики), полученный в данном случае породный материал вполне удовлетворял предъявляемым к нему требованиям.

Наибольшая механическая скорость бурения долотами в породах IX—X категорий (мраморизованных доломитах, сланцах) составляла 1,23 м/ч при проходке за рейс 10,84 м.

Таким образом, испытания подтвердили целесообразность применения колонковых долот. В целях дальнейшего выявления эф-

фektivности шарошечного бурения с отбором керна трест Кривбасгеология произвел в 1966 г. промышленные испытания разрабатанного СКБ МГ СССР колонкового снаряда 5КС-132А в сочетании с колонковым долотом 5ДК-132К с отверстием для прохода керна диаметром 60 мм.

Буровой снаряд состоял из колонкового шестিশарошечного штыревого долота, наружной и внутренней керноприемных труб, переходника под тяжелый нпз.

Промышленные испытания проводились с использованием буровых агрегатов ЗИФ-650А, ЗИФ-1200А, насосов НГР-250/50, 11Гр, бурильных труб диаметром 50 мм и УБТ диаметром 127 мм.

Оценка работы бурового снаряда производилась, исходя из следующих особенностей условий бурения:

1) отработка долот производилась на минимальных режимах, обусловленных отсутствием необходимого тяжелого нпза;

2) испытания долот осуществлялись в крепких и весьма крепких породах VIII—X и XI—XII категорий по буримости (сланцах, мраморизованных доломитах, железистых роговиках, джеспилтах).

Показатели испытаний колонкового шарошечного снаряда сравнивались с показателями дробового и алмазного бурения в одинаковых геологических условиях при режимах бурения, приведенных в табл. 21.

Таблица 21

Тип бурового наконечника	Усилие подачи, кг	Скорость вращения наконечника, об/мин	Количество промывочной жидкости, л/мин
Долото 5ДК-132К	800—2500	128—238	120—180
Дробовая коронка диаметром 130 мм	600—1000	153—238	60—90
Алмазная коронка АК или ПМВ диаметром 76 мм	600—1200	128—153	60—70

Лучшие результаты испытаний долот получены по породам VIII—X категорий (табл. 22). По сравнению с другими породоразрушающими наконечниками проходка на долото увеличилась в 2,5—8 раз, механическая скорость бурения превысила в 2—2,5 раза скорость бурения дробовой коронкой и осталась примерно равной скорости бурения алмазной коронкой, проходка за рейс увеличилась в 2—2,5 раза.

Выход керна по мраморизованным доломитам и амфиболо-блещитовым сланцам достиг 80—96%. Однако при бурении железистых пород типа гетито-гематито-мартитовых роговиков выход керна составил только 35%, а песчанников и хлорито-глинистых сланцев и того меньше.

Тип бурового принадлежности	Категория породы по бурше- ности	Пробурено, м	Расход пано- нечников	Количество рейсов	Проходка, м		Механическая скорость буре- ния, м/ч	Выход керна, %
					за рейс	на пано- нечник		
Долото 5ДК-132К . .	VIII—X	50,0	3	13	4,50	19,70	0,95	10
Дробовая коронка диаметром 130 мм	VIII—X	41,1	16	16	2,40	2,40	0,35	40
Алмазная коронка диаметром 76 мм	VIII—X	414,2	57	205	2,00	7,60	0,92	70
Долото 5ДК-132К . .	IX—X	103,1	14	18	5,70	7,30	0,97	62
Дробовая коронка диаметром 130 мм	IX—X	140,0	66	56	2,50	2,00	0,46	43
Долото 5ДК-132К . .	XI—XII	14,2	9	9	0,65	0,65	0,18	10
Дробовая коронка диаметром 130 мм	XI—XII	4,6	6	6	0,77	0,77	0,17	44

Позкие показатели относительно вышеуказанных получены при бурении долотами весьма крепких пород. В этом случае они остались примерно равными показателям бурения дробовыми коронками.

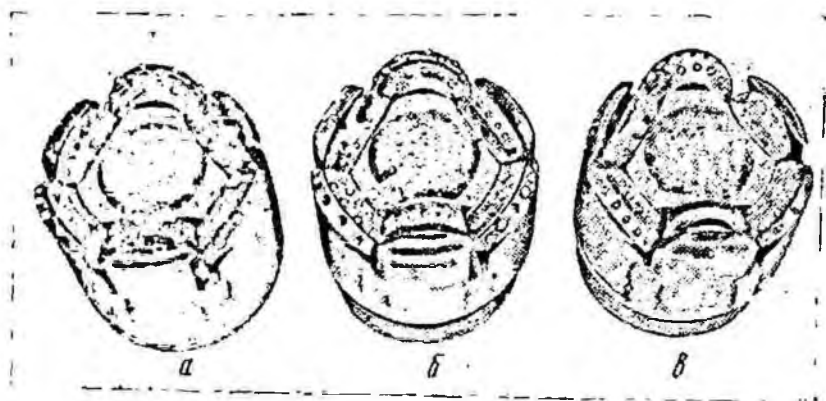


Рис. 16. Характер износа долот.

Характер износа долот в условиях испытаний показан на рис. 16. Наибольшую износостойкость имеют долота в породах VIII—X категорий (рис. 16, а) и очень низкую в породах XI—XII категорий (рис. 16, б, в). На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) наиболее целесообразной областью применения колонкового шарошечного долота 5ДК-132К являются породы до IX категории по буримости включительно;

2) применение колонковых долот в представленной конструкции для бурения в породах XI—XII категорий в связи с низким показателем бурения и высокой стоимостью долот является неэкономичным;

3) очень низкий выход керна по железистым породам свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования колонкового снаряда.

Успешность бурения колонковыми долотами в значительной мере зависит от совершенства применяемых с ними компоновок буровых снарядов. С учетом данных испытаний трестом Кривбассгеология разработаны компоновки снарядов, отличающиеся следующим:

1) возможностью повышения выхода керна путем осуществления призабойной обратной циркуляции промывочной жидкости с помощью эжектора;

2) возможностью создания большой нагрузки на долото благодаря упрочнению резьбовых соединений тяжелого вала;

3) обеспечением простой перестройки колонкового бурового снаряда с эжектором на обычный снаряд с невращающейся в процессе бурения внутренней колонковой трубой.

Неотъемлемой принадлежностью компоновок являются тяжелый вал (рис. 17, а). Последний состоит из секций толстостенных труб 4, высаживаемых с одного конца и соединенных способом «труба в трубу» конической резьбой с профилем по ГОСТ 5286-58. Соединения имеют предохранительные конические шейки. Дополнительное предохранение резьбы от изгибающих нагрузок осуществляется безрезьбовыми муфтами 5, выполненными по диаметру скважины как центраторы. Наружная поверхность муфт упрочняется путем высокочастотной закалки. Проникновение пламени в кольцевые зазоры муфты предотвращается прокладкой 6. Повышение жесткости резьбовых соединений пламевой трубы 2 и бурящей трубы 1 достигается с помощью цилиндрических шеек 3.

Следующей составной частью компоновки является колонковый снаряд. С учетом получения хорошего выхода керна в различных условиях бурения разработано три варианта снаряда.

При бурении пород с плохим выходом керна применяется вариант снаряда с эжектором (см. рис. 17, а).

Наружная труба 13 снаряда имеет минимально возможные диаметры резьб и цилиндрическую опорную проточку на верхнем конце. Внутренний узел снаряда состоит из невращающейся керноприемной трубы 14 с устройством против выпадения керна 16, эжектора 10, 11, 12, переходника 9, подвески 8, скользящего подшипника 7, сальника 15.

Регулирование длины внутреннего узла осуществляется с помощью резьб переходника 9 и подвески 8.

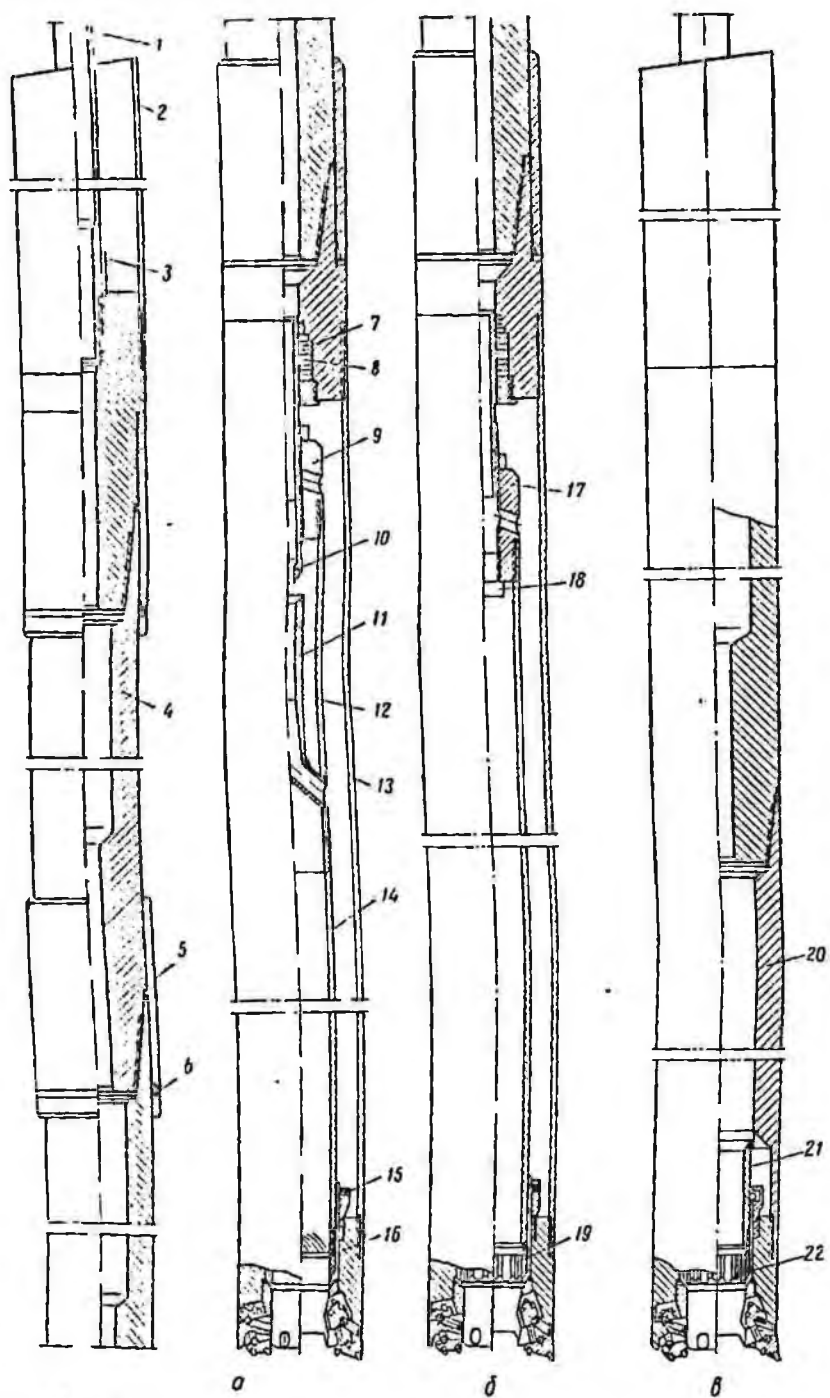


Рис. 17. Компоненты буровых снарядов с колонковыми долотами.

При бурении в нормальных условиях колонковый снаряд выполняется без эжектора (рис. 17, б). В этом случае центральное проходное отверстие закрывается пробкой 18 и промывочная жидкость поступает через боковое отверстие переходника 17, межтрубное пространство и отверстия в теле долота в скважину. Заклинка керна осуществляется кернорвательным кольцом 19.

На рис. 17, в представлен упрощенный вариант колонкового снаряда для крепких монолитных пород с хорошим выходом керна. Роль кернопремника здесь выполняет нижняя труба 20 тяжелого низа. Снижение интенсивности разрушения керна при входе в долото достигается невращающейся в процессе бурения трубой 21 (выполненной в варианте СКБ) с кернорвательным кольцом 22.

Разработанные компоновки бурового снаряда наиболее полно отвечают требованиям получения максимального выхода керна и улучшения других показателей бурения колонковыми долотами. Однако работа по совершенствованию буровых снарядов с колонковыми долотами еще не закончена. Необходимо продолжать работу по совершенствованию снарядов в целях повышения выноса керна при бурении по железистым породам.

Эффективность бурения колонковыми долотами зависит от прочности тяжелого низа. Не достаточно высокое качество изготовления некоторых долот при отсутствии надежных средств создания давления на забой ограничивает область применения долот низкими категориями пород. Должна быть снижена стоимость долот, так как при новых экономических условиях работы геологоразведочных предприятий высокая стоимость препятствует широкому внедрению долот.

БУРЕНИЕ ШТЫРЕВЫМИ ДОЛОТАМИ В СОЧЕТАНИИ С ТУРБОБУРАМИ

Бурение разведочных скважин на глубине 1500—2000 м в Криво-рожском бассейне связано с рядом трудностей, так как горные породы, вмещающие рудные тела, относятся к IX—XII категориям буримости. Бурение геологоразведочных скважин осуществляется стальной дробью-сечкой.

Закончена проходка группы скважин глубиной 1200—1500 м, на бурение каждой из которых затрачено от двух до четырех лет. Коммерческая скорость бурения скважин глубиной порядка 1000—1200 м составляет 55—60 м/ст.-мес. В отдельных случаях, когда в геологическом разрезе скважины встречаются джемпилиты, относящиеся к XII категории буримости, скорость на этих глубинах не превышает 20—25 м/ст.-мес. Помимо этого, на скорость бурения отрицательно влияют зоны полного поглощения промывочной жидкости, проявляющиеся даже на глубинах 1000 м и более, а также значительные zenithные и азимутальные отклонения скважин.

В качестве примера можно привести скв. 6528, которая на глубине 1540 м имела zenithный угол 73°, а скв. 5470 на глубине 1200 м — zenithный угол 80°. Скв. 6528 на глубине 1544—1570 м бурились мелкоалмазными коронками диаметром 76 мм в породах XI категории, израсходовав 10 мелкоалмазных коронок. Несмотря на высокую крепость пород, в большинстве случаев при проходке глубоких скважин в этих условиях следует применять глинистый раствор.

Полный переход на бурение стальной дробью-сечкой способствовал росту скорости проходки скважин на отдельных интервалах, однако увеличение глубины скважин привело к тому, что абсолютные скорости возросли незначительно.

Для иллюстрации приведем данные по коммерческой скорости бурения отдельных скважин, достигших фактической глубины свыше 1000 м (табл. 23).

Таблица 23

№ скважины	Проектная глубина, м	Интервал бурения, м	Пройдено за год, м	Коммерческая скорость в данном интервале, м/ст.-мес
6668	1330	882—1266	384	32
7050	1450	743—1155	412	41
7620	1600	912—1336	424	38
8100	1500	420—1135	717	61
6815	1520	875—1490	613	52
8120	1060	0—1007	1007	82
8210	1200	274—1200	929	101 (за 9 месяцев)
8005	1600	700—1455	757	68

Примечание. На скв. 6668 был установлен станок Б-3, на остальных скважинах — станок ЗИФ-1200А.

В настоящее время с помощью каротажа достигнуты положительные результаты по расчленению пород верхней свиты и четкой интерпретации горизонтов средней свиты, благодаря чему появилась возможность при глубине скважины 1200—2000 м проходить верхние 700—1200 м без отбора керна.

Опытное турбинное бурение проводилось на скважине глубиной 2000 м. Геологический разрез первых 700 м представлен породами верхней свиты VII—IX категорий. Породы средней железорудной свиты можно проходить без отбора керна (около 800 м). Для бурения была предусмотрена проектная конструкция скважины с начальным диаметром 219 мм до глубины 50—60 м. Дальнейшее бурение должно производиться наконечником, обеспечивающим обсадку скважин колонной 168-мм труб до глубины 800—900 м. Последующий диаметр до глубины 1600 м был принят 127 мм с расчетом в дальнейшем перейти на бурение кольцевым забоем с отбором керна.

Скважина была оборудована роторным станком БУ-40 с дизелем мощностью 300 л. с., с дублируемым соответствующим электромотором. Высота мачты 37 см и грузоподъемность — 47 Т. Основным насосом для работы турбобура служил насос У8-3 с приводом от электродвигателя мощностью 370 квт. Кроме того, установлен вспомогательный насос ИГ-150. Около буровой установки специально смонтирована высоковольтная электроподстанция.

Для бурения начального интервала скважины использовался односекционный турбобур Т12-М1-6⁵/₈ с 114-мм бурильными трубами. В последующем предполагалось применить трехсекционный турбобур ТС-4 м диаметром 127 мм.

В качестве промывочной жидкости при появлении поглощения применяли воду, однако все было подготовлено для перехода на глинистый раствор. В частности, установлена гидравлическая глиномешалка емкостью 4 м³.

В процессе испытаний имелось в виду определить для условий пород Криворожского бассейна стойкость штыревых трехшарошечных долот, армированных штырями твердого сплава ВК-8, без которых турбинное бурение неаффективно.

Первые 200 м бурили весьма эффективно роторным способом обычными шарошечными долотами. На последующем интервале 200—250 м бурили турбобуром, с использованнем штыревых долот № 8 (4-8К).

Однако вследствие недостаточного армирования периферийной части долота наблюдалась быстрая потеря его диаметра и прекращение углубления. Улучшенная конструкция долота 4Н-8К имела периферийную часть, наплавленную твердым сплавом или армированную подрезными штырями. Этими долотами углубляли скважину в интервале 250—770 м, в котором до глубины 710 м встречались породы верхней свиты VIII—IX и частично X категорий, определяемые по шлему, размер частиц которого достигал 5 мм. На глубине 710—770 м залегали породы средней свиты преимущественно XI категории.

Успешный ход испытаний был нарушен на глубине 728 м (контакт пород верхней и средней свит) полной потерей промывочной жидкости. Во время испытаний поддерживался следующий режим бурения: осевое давление 8—9 Т, скорость вращения турбобура 700 об/мин, подача промывочной жидкости 30—34 л/сек, давление насоса 85—100 кг/см². Средняя механическая скорость (скорость за время чистого бурения) составила 15—17 м/ч, что значительно превысило ожидаемую.

В аналогичных геологических условиях (по данным соседней, ранее пробуренной скважины) при бурении чугунной дробью была достигнута механическая скорость 0,45—0,50 м/ч при чистом бурении 5,5 ч. Проходка на долото за один рейс до полного износа штырей в среднем была от 17 до 20 м. При этом наблюдалась недостаточная стойкость опор долот, что указывает на необходимость дальнейшего совершенствования их конструкции.

Таким образом, механическая скорость при турбинном бурении увеличилась более чем в 30 раз по сравнению с дробовым.

Попытка восстановить циркуляцию промывочной жидкости на глубине 728 м не удалась. Чтобы не задерживать испытания, пришлось перейти на промывку чистой водой, несмотря на полное ее поглощение. Скважину удалось довести до глубины 770 м.

Снятая после перехода на промывку чистой водой кавернограмма показала, что при этом происходит интенсивный размыв стенок скважины. В данном интервале при тех же параметрах режима бурения механическая скорость значительно снизилась и составила 6—10 м/ч при продолжительности чистого бурения 15—30 мин.

Однако по сравнению со скоростью бурения чугунной дробью, составившей в тех же условиях всего 0,22 м/ч, при турбинном бурении увеличилась механическая скорость более чем в 30 раз.

При этом наблюдался повышенный износ долот, стойкость которых составляла от 1,5 до 6 м.

Приведем для сравнения некоторые экономические показатели (табл. 24). Стоимость опытных образцов штыревого долота № 8 100 руб., т. е. на 1 м проходки приходится 8 руб. Стоимость дробовой коронки 3 руб. Стоимость 1 кг дробь-сетки 40 коп., расход дробы на 1 м составляет 3—5 кг.

Таблица 24

Агрегаты	Сметная стоимость 1 станко-смены, руб.	Фактическая стоимость 1 м бурения без производственных затрат, руб.
БУ-400	387,0	32,0
ЗИП-1200А	37,7	28,0

Увеличение сметной стоимости станко-смены по буровому агрегату БУ-40 объясняется амортизационными начислениями в связи с высокой стоимостью оборудования (равной почти 70 тыс. руб.), долот, значительным расходом электроэнергии и т. д. Несмотря на это, при снижении стоимости долот серийного выпуска и дальнейшем совершенствовании бурового процесса стоимость 1 м турбинного бурения должна быть ниже дробового.

Благодаря высоким скоростям бурения сроки проходки глубоких скважин намного сократятся, что даст возможность резко увеличить эффективность буровых работ. В связи с осложнением в скважине, вызванным полным поглощением промывочной жидкости, испытания 5" турбобура и штыревых долот № 6 не проводились. Тем не менее можно утверждать, что бурение турбобуром 6⁵/₈" и штыревыми долотами № 9 в породах верхней свиты VIII—IX категорий показало хорошие результаты. Разрушающие свойства штыревых

долот при турбинном бурении значительно выше, чем дробовых и мелкоалмазных коронок.

В целях ускорения разведки железорудных тел на глубину целесообразно структурные и глубокие скважины хотя бы только по породам верхней свиты, т. е. до глубины 800—1200 м, проходить при помощи турбинного бурения и штыревых долот. В целях обеспечения геологоразведочных организаций более компактным оборудованием необходимо обеспечить их мощными насосами У8-3 и соответствующими буровыми трубами и турбобурами. Необходимо также разработать конструкции малогабаритных электробуров, тогда отпадет потребность в насосах высокой мощности и упростится технологический процесс бурения в зонах поглощения промышленной жидкости.

Турбинное бурение в сочетании с каротажем можно с успехом применять на месторождениях, где полезные ископаемые залегают глубоко. К таким месторождениям можно отнести КМА, Довбасс и другие.

РАБОТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РАСХОДОМЕРОВ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

За последнее время в разведочном бурении все более широкое применение получают различные контрольно-измерительные приборы, позволяющие с большой точностью контролировать подачу промывочной жидкости в скважину и обеспечивать измерение и автоматическую регистрацию основных параметров бурения. Одним из таких приборов является электромагнитный расходомер промывочной жидкости, разработанный СКБ Минпостерства геологии СССР.

Внедрение расходомеров промывочной жидкости в тресте Кривбасгеология началось в 1961 г. В основном расходомеры устанавливали на глубоких скважинах, где имелось полное или частичное поглощение промывочной жидкости. Наличие расходомеров позволяло выдерживать оптимальные режимы бурения.

В настоящее время в геологоразведочных партиях электромагнитными расходомерами оснащено большинство буровых. Преобладающее количество расходомеров работает нормально. Четыре прибора Московского опытного завода ВНИТИ приборостроения эксплуатировалось около четырех лет без капитального ремонта.

Опыт эксплуатации расходомеров широко пропагандируется школами передового опыта. В школах изучают конструкцию прибора, рационализаторские предложения по улучшению эксплуатации приборов, опыт эксплуатации приборов в передовых бригадах, прогрессивную технологию бурения разведочных скважин.

Буровые мастера сами устраняют незначительные неисправности, возникшие в расходомере (заменяют перегоревшую сигнальную

лампу накаливания, плавкий предохранитель в блоке питания и др.).

Периодически (один-два раза в месяц) производится коррекция стрелки лагометра на нуль. Более существенные неисправности и профилактические ремонты выполняются в мастерских ГРП или в центральной ремонтной мастерской треста мастером по точным приборам.

В процессе эксплуатации расходомера от агрессивного действия реагентов глинистого раствора неизбежно разрушается резиновое покрытие проходного отверстия датчика. При этом резина коробится, отслаивается, образуются трещины, создающие искусственные

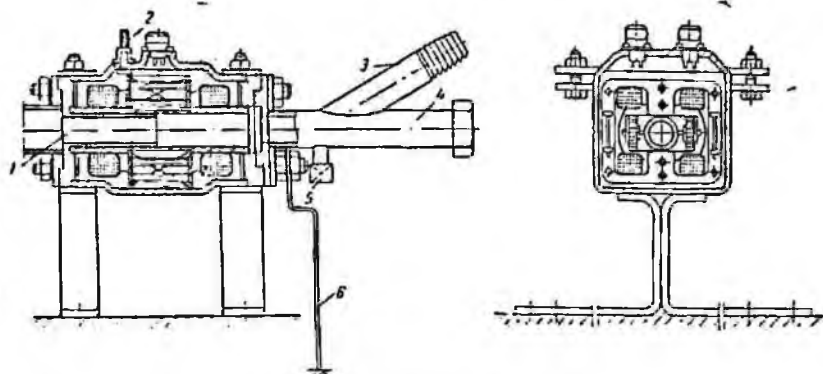


Рис. 18. Расходомер типа ZMP.

клапаны. В таких случаях лагометр прибора дает искажение показания. Если трещины в резиновом покрытии проходного отверстия датчика находятся в начале входа на значительном расстоянии от электродов, то вставляют металлическую трубку 1 с внутренним диаметром 18 мм (рис. 18). Металлическую втулку вставляют со стороны входа промывочной жидкости в датчик. Торец втулки должен находиться не ближе 26—30 мм от электродов. Металлическую втулку может заменить втулка эбонитовая или капроновая (рис. 19).

В случае отслаивания резины покрытие проходного отверстия датчика полностью удаляют и вставляют капроновую втулку с внутренним диаметром 18 мм, имеющую две диаметрально противоположные прорези для прохода электродов датчика. Капроновая втулка вставляется так же, как и металлическая, с той лишь разницей, что в этом случае необходимо втулку с прорезями ориентировать на электроды.

После постановки капроновой втулки датчик необходимо перекалибровать. Если при перекалибровке датчика переменным сопротивлением 330 Ом невозможно подобрать соответствующее усиление, т. е. коэффициент усиления измерителя нельзя увеличить

или уменьшить переменным сопротивлением 330 ком, то необходимо изменить глубину отрицательной обратной связи измерителя, подобрав соответствующее сопротивление (по схеме $R = 11$). Если усилие недостаточно, то величина сопротивления схемы $R = 11$ увеличивается, если больше нужного — уменьшается.

Практика показала, что с применением капроновых втулок очищать электроды не нужно.

При эксплуатации необходимо часто и тщательно осматривать датчики, чтобы предупредить разрушение резинового покрытия

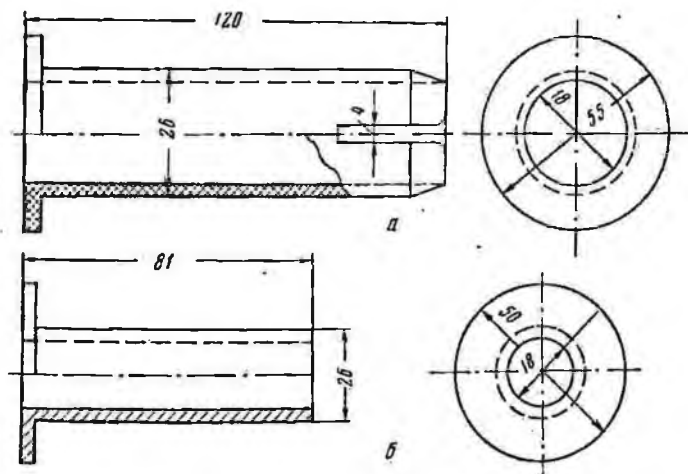


Рис. 19. Типы втулок к расходомеру.

а — капроновая втулка; б — металлическая втулка.

трубки. При появлении трещин в резине необходимо вставлять соответствующие металлические трубки если трещины в резине расположены у входа промывочной жидкости в датчик, и капроновые или эбонитовые, если трещины в резине находятся возле электродов.

Способ восстановления изоляции датчика в месте крепления штепсельного разъема «Сигнал» выполняется также в мастерских ГРП или в центральной ремонтной мастерской.

Внутренняя полость датчиков заполнена компаундом (битумом). В процессе эксплуатации их в месте крепления штепсельных разъемов в битуме образуются трещины (особенно в зимнее время, когда битум становится очень хрупким), в которые неизбежно попадет промывочная жидкость или влага, в результате чего сопротивление между первым и вторым электродами уменьшается.

Опыт эксплуатации расходомеров показал, что датчики работают стабильно, когда сопротивление изоляции между первым и вторым электродами превышает 5 Мом.

Неисправность, образовавшаяся в результате попадания жидкости в разъемы, устраняют путем отсоединения штепсельного разъема от корпуса датчика и удаления из верхней части битума, вместо которого заливают кабельную массу типа БМ-52, обладающую большой вязкостью и надежностью. Обычно на заводе-изготовителе вставки штепсельных разъемов заполняют парафином для предотвращения попадания влаги в места пайки проводников к штырькам. Однако парафин от незначительных сотрясений кабелей быстро разрушается, нарушая изоляцию. Более надежно и прочно изолирование достигается заменой парафина кабельной массой типа БМ-52 или смесью парафина с каучуком. Та и другая смесь имеют большую механическую прочность и необходимые диэлектрические свойства.

В приборе ЭМР-1 в качестве выпрямителей переменного тока в электрической схеме измерителя используют полупроводники типа ДГЦ-27 или Д7Ж (германиевые), замещающие свои параметры при нагреве выше $+60^{\circ}\text{C}$, а также при -20°C .

В мастерских ГРП заменяют германиевые выпрямители кремневыми типа Д-226А, Д-226Б, Д-226В, которые не меняют своих параметров даже при $+150^{\circ}\text{C}$ и -40°C . Это свойство кремневых выпрямителей особенно ценно при эксплуатации их в геолого-разведочных организациях в различных климатических условиях.

Пакетные выключатели типа ПК-2-10 у разъединительных трансформаторов практически менее надежны чем выключатели ПВ-2-10. У них менее надежная фиксация, и они быстро выходят из строя. Поэтому при первой возможности выключатели типа ПК-2-10 заменяются выключателями ПВ-2-10.

Для увеличения срока службы быстроизнашивающихся деталей прибора ЭМР-1 рационализаторами треста внесены некоторые усовершенствования и изменения отдельных деталей. Одним из предложений является штуцер со сливным отверстием для чистки электродов датчика и проходного отверстия датчика (см. рис. 18). Для предотвращения пробок в зимнее время в трубке датчика служит штуцер 5 с пробковым краном диаметром 19 мм.

Для улучшения очистки трубки датчика и электродов предусмотрен прямой штуцер 4, закрываемый заглушкой. Нагнетающий шланг подсоединяется к наклонному штуцеру 3. Чистка производится медной или алюминиевой проволокой диаметром 8—10 мм с насечкой на одном конце.

Заземление средней точки катушек возбуждения датчика осуществляется при помощи пустотелого болта (штыря) диаметром 6 мм. Эти болты нередко обламываются. В мастерских ГРП изготовляют и прикрепляют к заводским болтам более прочные пустотелые удлинители 2. Удлинитель крепят к корпусу при помощи болтов с резьбой М4. Проводник удлиняется путем припаивания в верхней части удлинителя.

Штепсельные разъемы датчика для укрепления также необходимо крепить болтами с резьбой М4, перекарезав резьбы в месте

крепления, так как болты с резьбой М2, 5 быстро распатываются и выдергиваются.

Для уменьшения расхода дефицитной медной проволоки, идущей на заземления средней точки катушек возбуждения датчика, внесено следующее изменение.

Один из болтов корпуса датчика удлиняется на 20 мм. После подсоединения и закрепления фланца к датчику на удлиненный болт надевают заземляющий провод 6 из стальной проволоки диаметром 6—8 мм.

Условием эксплуатации расходомеров предусмотрено заземление датчика для отвода возникающих в магнитопроводе датчика помех и для безопасности в обслуживании. В связи с этим возникает необходимость заземлить корпус датчика медной проволокой.

Для более надежного и удобного крепления датчика, а также для улучшения воздушного охлаждения его служит предохранительная рамка с отверстиями для крепления к полу в буровой.

Широкое использование расходомеров промывочной жидкости ЭМР-1 в тресте Кривбассгеология позволило улучшить технологию проходки разведочных скважин в сложных геологических условиях Криворожского железорудного бассейна.

Особенно ценны расходомеры при бурении скважин со значительным углом наклона или поглощающих промывочную жидкость.

Так, при поглощении промывочной жидкости из-за боязни прижога бурового паконечника на забое, с применением же расходомеров — дают оптимальное количество промывочной жидкости на забой скважины.

ПРИЧИНЫ ПОЛОМОК БУРИЛЬНЫХ ТРУБ И МЕРЫ ИХ ЛИКВИДАЦИИ

При бурении разведочных скважин может произойти обрыв по телу бурильных труб и их резьб.

Трест Кривбассгеология совместно с Конструкторским бюро Министрства геологии СССР провел исследование причин поломок бурильных труб, работавших в скважинах Криворожского геолого-разведочного треста.

Геолого-технические условия, в которых работали трубы, имеют следующие особенности.

Геологический разрез представлен большей частью породами высокой твердости и абразивности. Бурение скважин производится стальной дробью-сечкой, преимущественно на второй-третьей скоростях вращения шпинделя бурового станка и при осевом усилии на забой 600—800 кг, создаваемым бурильной колонной и УБТ. Промывка скважин осуществляется глинистым раствором, обработанным углекислым реагентом. Глубокие скважины имеют значительные углы наклона конечных интервалов бурения. В составе

бурильных колодези отдельных скважин до 1966 г. были трубы с поверхностной высокочастотной закалкой, произведенной на термической установке треста.

Для исследований причин поломок были отобраны характерные образцы аварийных труб с поверхностным упрочнением и без него.

Визуальный осмотр этих труб позволяет говорить о различных причинах поломок. Он же показывает, что в связи с сохранением наружного диаметра, а также отсутствием дефектов на наружной поверхности большинства оборванных труб такой факт, как износ по диаметру, не является основной причиной обрывов. При этом наличие на некоторых трубах кольцевых поясков износа свидетельствует, по-видимому, только о специфических условиях эксплуатации труб, ведущих к разрушениям, так как все показатели качественных исследований материала этих труб в местах поясков находятся в пределах нормы.

Для установления причин поломок потребовалось проведение химического, металлографического и механического исследований материала труб в местах характерных поломок. Результаты химического анализа показали, что отклонения химического состава материала основной массы труб незначительны. Материал большинства труб соответствует стали 36 Г2С и меньшего количества стали 40ХГ (табл. 25).

Таблица 25

Элементы	Содержание элементов, %	Норма по ГОСТ 4543-61 для стали 36Г2С, %
Углерод	0,36—0,42	0,32—0,40
Марганец	1,37—1,66	1,50—1,80
Кремний	0,47—0,58	0,40—0,70
Фосфор	0,015—0,022	0,035
Сера	0,019—0,027	0,035
Хром	0,07—0,98	0,25

Выяснилось также качество заводской термической обработки труб. Согласно металлографическому анализу, бурильные трубы без поверхностного упрочнения ТВЧ находятся в нормализованном или закаленном состоянии. Микроструктура материала труб в нормализованном состоянии представлена перлитом и сеткой феррита с величиной зерен 4—7 единиц по ГОСТ 5639-51.

Отдельные трубы имеют неравномерную и несколько завышенную величину зерна (5—6 единиц), что говорит о чрезмерной температуре нагрева. Повышенное количество феррита в некоторых трубах свидетельствует о недостаточной скорости охлаждения структуры в процессе нормализации. Микроструктура труб в закаленном состоянии представлена сорбитом и троостосорбитом отпуска со значительной величиной зерна, достигающей 10 единиц по ГОСТ 8233—56. Наличие троостосорбитной структуры показывает, что наряду

с перегревом при закалке была занижена температура нагрева при отпуске.

Итак, соответствуя химическому составу ГОСТ, материал труб может иметь неудовлетворительную заводскую термическую обработку. Но и соответствие химического состава не устраняет причастности последнего к поломкам труб в сложных геолого-технических условиях. Несоответствие химического состава и термической обработки тяжелыми условиями бурения рассматривается нами как основная причина поломок труб.

Непосредственным следствием этой причины является возникновение на внутренней поверхности труб коррозионно-усталостных разрушений, представленных язвками и трещинами. Коррозионные язвочки вызваны агрессивным действием на поверхности труб углекислотного реагента и подземных вод, находящихся в скважинах. Общая площадь покрывающих язвочек на исследованных образцах труб составляет около 20% площади внутренней поверхности трубы. Отдельные язвочки в поперечнике достигают 7—8 мм, а глубина их — 1,5—1,7 мм. При осмотре внутренней поверхности трубы даже невооруженным глазом видны трещины длиной 3—5 мм, проходящие через коррозионные язвочки перпендикулярно оси трубы.

Наружная поверхность труб имеет слабо выраженное коррозионное разрушение в связи с постоянным трением труб о стенки скважины и полировкой.

Пломы большинства труб имеют несколько участков усталостного разрушения, берущего начало от язвочек. Вокруг кромок язвочек отклонений от структуры основного металла не обнаружено. Химический анализ стружки у места разрушения подтверждает марку стали 36Г2С. Однако механические исследования труб, покрытых язвочками, дали неудовлетворительные результаты по пределам прочности и текучести, а также удлинению (табл. 26). Разрывы таких образцов проходили по язвочкам.

Таблица 26

σ_{D_0} кг/мм ²	σ_{T_0} кг/мм ²	$\Delta l, \%$	Примечание
67,5	49,0	9,55	Образец с язвочками
74,5	51,0	17,5	Образец без язвочек

Часть абразивных буровых труб имела поверхностное упрочнение в виде слоя с высокочастотной закалкой. Микроструктура закаленного слоя представлена в основном мелко- и среднепечатным мартенситом иногда с содержанием сетки феррита. Твердость слоя — до 60HRC, глубина 0,8—1,2 мм. У большинства упрочненных труб глубина и структура закалки по длине их непостоянны, что связано с недостатками термической установки, малым опытом термиста, отсутствием контрольно-измерительной аппаратуры

нагрева и пр. Повышенная твердость — общая особенность всех труб — является следствием того, что после закалки не проводилось отпуска. Наличие среднезернистого мартенсита указывает на перегрев, а сетки феррита — на подогрев металла. Твердость незакаленного слоя упрочненных труб достигает 26HRC. Вследствие возможного изменения качества металла при нагреве этот слой, по-видимому, оказывает определенное влияние на прочность трубы. Высокое качество упрочнения трубы достигается, как известно, когда глубина пропекновения тока в металл близка к требуемой глубине закаленного слоя. Соблюдение этого положения особенно важно при нагреве токами высокой частоты толкостенных труб, какими являются буровые трубы.

Внутренняя поверхность упрочненных труб так же, как и обычных, покрыта в большинстве случаев коррозионно-усталостными трещинами.

Интересные результаты получены при механическом исследовании упрочненных труб на изгиб. Полученные данные сравнивались с данными подобных испытаний на изгиб обычных труб. Было установлено, что обычные трубы длиной 300 мм изгибаются на значительный угол без образования трещин. В то же время упрочненные токами высокой частоты трубы при одновременном росте изгибающих усилий имеют угол изгиба до хрупкого разрушения не более 10—15°.

Учитывая некоторое отличие характера приложения изгибающих нагрузок в скважине от условий опыта, можно все же утверждать, что такие нагрузки (особенно циклические) играют не последнюю роль в разрушении поверхностного слоя упрочненных труб, отличающегося повышенной хрупкостью. Интенсивное разрушение труб наступает обычно по истечению некоторого времени бурения. В табл. 27 приводится время работы упрочненных труб в глубоких скважинах до первого разрушения.

Таблица 27

№ скважины	Глубина скважины, м	Время работы труб до первого разрушения, ч	Количество обрывов
11 730	1060	1464	32
11 330	1211	1460	9
123	405	1500	12

Данные табл. 27 по времени начала разрушения вполне согласуются с выводом о влиянии на прочность труб коррозионно-усталостного разрушения и чрезмерной хрупкости поверхностно закаленного слоя. Аварийные торцы труб имеют вид либо сложного уступа (разлом по сети трещин), либо спиральной ленты. Трубы разрушаются в самых различных местах их длины.

Причины поломок труб резьбовых участков еще полностью не изучены. Однако если учесть, что значительная часть всех обрывов приходится на резьбовые участки, то становится понятной его важность. Предварительное изучение обрывов на резьбах показывает, что значительное количество их происходит в результате возникновения усталостных изломов на различном расстоянии от торца труб. Исследования химического состава и механических свойств отобранных образцов подтверждают соответствие их металлу ГОСТ. Поэтому целесообразно провести исследования параметров и технологии изготовления резьбы, соответствия резьбы условиям эксплуатации и пр.

В результате изучения причин поломок бурильных труб были сделаны следующие выводы.

1. Поломка бурильных труб объясняется рядом взаимосвязанных причин, основными из которых являются не достаточно высокое качество стали З6Г2С и термической обработки ее для сложных геологотехнических условий эксплуатации труб.

2. Недостаточное качество поверхностно-закаленных труб объясняется отсутствием должного технического обеспечения высокочастотной термической обработки (контрольно-измерительной аппаратуры нагрева, металлографов, высококвалифицированных термистов и пр.). Изготавливать упрочненные трубы целесообразно централизованно: заводам-изготовителям.

3. Необходимо разработать способы предотвращения внутренней коррозии бурильных труб.

4. Следует создать прочный тяжелый низ, облегчающий работу бурильных труб.

5. Необходимо разработать методы и аппаратуру (дефектоскопы) для своевременной отбраковки труб, имеющих скрытые внутренние разрушения и заводские дефекты.

6. Следует производить измерение элементов резьбы, выбраковку и правильную сборку колонны.

7. Искать пути повышения пластичности бурильных труб, упрочненных с применением ТВЧ.

Некоторые работы в этом направлении трестом уже проводятся. Особенно ценным практическим мероприятием является правильная сборка бурильной колонны. Работа выполнена нормативно-исследовательским отрядом треста по рекомендациям Института минеральных ресурсов МГ УССР. Методика сборки бурильной колонны заключается в следующем.

1. Выбирают необходимый инструмент и приспособления для проверки труб по натягу и конусности резьбы.

Для проверки натяга, трубной резьбы бурильных труб, соединительных муфт и замков, а также замковой резьбы замков применяются резьбовые калибры, пробки и кольца, изготовленные московским заводом «Калибр».

Для проверки конусности трубной и замковой резьбы применяются гладкие калибры, пробки, кольца и щупы.

2. Готовят поверхности труб, муфт и замков к проверке (очищают от грязи, выявляют трещины, раковины, вмятины, подрезы и др.). Одновременно измеряют штангенциркулем длину резьб, наружных диаметров труб возле последней риски резьбы, диаметров гладких выточек и сравнивают полученные измерения с допустимыми по ГОСТ 7909—56.

3. Проверяют натяг и конусность резьбы. Натяг — расстояние от торца калибра до торца муфты замка или последней риски резьбы на трубе. Например, для труб диаметром 50 мм табличное значение натяга равно 6,5 мм с допускаемыми отклонениями $+2,9$ мм и $-0,9$ мм, т. е. находится в пределах 5,6 и 9,4 мм.

Допускаемая конусность для трубной и замковых резьб всех типоразмеров равна 0,12 мм (зазоры между резьбой и гладкой поверхностью кольца или пробки, измеренные при помощи щупа).

Трубы, муфты и замки, имеющие резкие отклонения по натягу и конусности резьб, бракуют.

4. Подбирают замки. После того как детали замков осмотрены, проверены и признаны годными, их свинчивают между собой от руки, подбирая пары так, чтобы зазор между ними соответствовал допустимой величине размеров. Этот зазор не должен превышать 0,5 мм для замков бурильных труб диаметром 42 и 50 мм. Величина зазора измеряется щупом — непроходной пластиной 0,5 мм.

Замки, у которых невозможно подобрать величину зазора близкой к допустимой, бракуют. Замеренные замки свинчивают и на лысках муфты и шпнеля с помощью зубила, керна или цифровых клеем выбивают одинаковый порядковый номер.

Выбракованные по разным причинам бурильные трубы складывают в специально отведенном месте. Выбракованные муфты и замки складывают в ящики для передачи на скважины с небольшой глубиной бурения.

5. Собирают бурильную колонну. Для качественного соединения бурильных труб соблюдают следующие правила их сборки:

а) сумма величин натягов пары деталей по возможности должна быть близкой к сумме номинальных натягов. Например, при номинальном натяге резьб труб, муфт и замков 6,5 мм соединяемые пары труба — муфта, труба — замок имеют сумму натягов, равную 13 мм каждая. Практически допустимая сумма натягов равна 15—16 мм;

б) замковые детали и муфты свинчивают с трубами, имеющими однозначные отклонения по конусности;

в) пары замок — труба, муфта — труба с натягами, близкими к номинальным, свинчивают без подбора. Труба с плюсовым допуском свинчивается с деталью, имеющей минусовый допуск. Резьбы элементов колонны, как правило, смазывают графитовой смазкой;

г) при замене износившихся частей пары заменяют одновременно обе ее части, несмотря на пригодность одной из частей к работе;

д) перепутывать свечи при спуско-подъемных операциях не допускается.

По описанной методике работы в тресте было собрано 10 бурильных колонн длиной от 510 до 990 м. Глубина скважин, в которых они применяются, достигает 2123 м, что говорит о тяжелых условиях работы бурильных труб. Время работы труб составляет два месяца. При этом наблюдались единичные обрывы труб на резьбах. Причем эти обрывы приходится только на места последних рывков резьб, что объясняется, по-видимому, технологией высадки концов труб, исходным качеством металла и пр.

Другим практическим мероприятием по устранению причин поломок бурильных труб является развивающийся в настоящее время в тресте Кривбассгеология высокочастотный способ закалки бурильных труб полосами. При этом способе нагрев трубы токами высокой частоты производится не по всей ее поверхности, а по ее части при осевом движении трубы через индуктор. Нагреву подвергаются только три продольные полосы шириной 15—20 мм на глубину 1 мм, равномерно чередующиеся по периметру трубы с термически не обработанными полосами. Предохранение трубы от износа в процессе бурения осуществляется закаленными полосами. Незакаленные полосы сохраняют пластичность трубы. Конструкция индуктора для упрощенного способа нагрева труб показана на рис. 20.

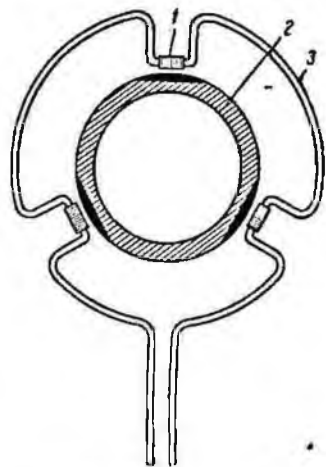


Рис. 20. Индуктор для нагрева труб.

1 — магнитопровод; 2 — бурильная труба; 3 — медная трубка.

Характерной особенностью устройства индуктора является наличие магнитопроводов, позволяющих сконцентрировать ток на определенных участках трубы (полосах).

Произведенные стендовые и производственные испытания бурильных труб с полосчатой закалкой показывают повышенную прочность труб при знакопеременном изгибе.

Расчет установки извлекаемого клина в скважине

В практике использования извлекаемых клиньев возникает ряд задач (табл. 28) по расчету установки клина в скважине. Для решения этих задач необходимо произвести детальный теоретический анализ зависимостей между зенитным углом скважины, углом схода клина, углом поворота клина и приращениями азимута и зенитного угла.

Упрощая задачу, можно допустить с достаточной степенью точности, что прямолинейная ось скважины после работы с клином меняет направление в определенной точке. Через старое и новое

Аналитические решения задач по установке клина

№ формулы	Условие задачи	Аналитическое решение задачи
1	$\Delta\alpha = f(\theta, \beta, \varphi)$	$\operatorname{tg} \Delta\alpha = \frac{b}{a}; a = \cos \beta \sin \theta + \sin \beta \cos \varphi$ $b = \sin \beta \sin \varphi$
2	$\varphi = f(\theta, \beta, \Delta\alpha)^*$	
3	$\varphi_{\max} = f(\theta, \beta)$	$\varphi_{\max} = 180^\circ - \arccos A \quad A = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \theta}$
4	$\Delta\alpha_{\max} = f(\theta, \beta)$	$\operatorname{tg} \Delta\alpha_{\max} = \frac{\operatorname{tg} \beta \sqrt{1-A^2}}{\sin \beta (1-A^2)} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sin \theta \sqrt{1-A^2}}$
5	$\Delta\theta_{\max} = f(\theta, \beta)$	$\Delta\theta_{\max} = \arcsin(\sin \theta - \sqrt{1-A^2}) - \theta$
6	$\Delta\theta = f(\theta, \beta, \varphi)$	$\Delta\theta = \theta_k - \theta; \sin \theta_k = \sqrt{a^2 + b^2}$
7	$\varphi = f(\theta, \beta, \Delta\theta)^*$	
8	$\varphi_0 = f(\theta, \beta)$	$\varphi_0 = 180^\circ - \arccos B; B = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\operatorname{tg} \theta}$
9	$\Delta\alpha_0 = f(\theta, \beta)$	$\operatorname{tg} \Delta\alpha_0 = \frac{\operatorname{tg} \beta \sqrt{1-B^2}}{\sin \theta (1-AB)}$
10	$\Delta\alpha = f(\theta, \beta, \Delta\theta)$	$\cos \Delta\alpha = \cos \beta - \cos \theta \cos(\theta + \Delta\theta)$
11	$\Delta\theta = f(\theta, \beta, \Delta\alpha)^*$	
12	$\beta = f(\theta, \Delta\alpha, \Delta\theta)$	$\cos \beta = \cos \Delta\alpha \sin \theta \sin(\theta + \Delta\theta) + \cos \theta \cos(\theta + \Delta\theta)$
13	$\varphi = f(\theta, \Delta\alpha, \Delta\theta, \beta)$	$\cos \varphi = \frac{\sin(\theta + \Delta\theta) \cos \Delta\alpha - \cos \beta \sin \beta}{\cos \theta \sin \beta}$

* Аналитическое решение задачи выражается сложной формулой, в связи с чем задачу рекомендуется решать при помощи номограмм (рис. 22), построенных на основании формул (1) и (6). Формула (1) аналогична формуле А. Н. Шаньгина. Коэффициенты a и b введены для удобства вычисления углов $\Delta\alpha$ и $\Delta\theta$ при помощи таблиц логарифмов. Формула (3) аналогична формуле, приведенной в работе А. М. Курмашева.

направления оси можно привести плоскость, которую назовем плоскостью искривления оси скважины. Примем следующие обозначения углов, характеризующих изменение направления оси скважины:

θ — зенитный угол старого направления оси скважины; θ_k — зенитный угол нового направления оси скважины; $\Delta\theta = \theta_k - \theta$ — приращение зенитного угла; $\Delta\alpha$ — приращение азимута; β — угол между старым и новым направлениями оси; φ — угол между апсидальной плоскостью старого направления оси и плоскостью искривления оси скважины.

Углы $\Delta\alpha$ и $\Delta\theta$ являются функциями углов θ , β и φ и вычисляются соответственно по формулам (1) и (6) (табл. 28).

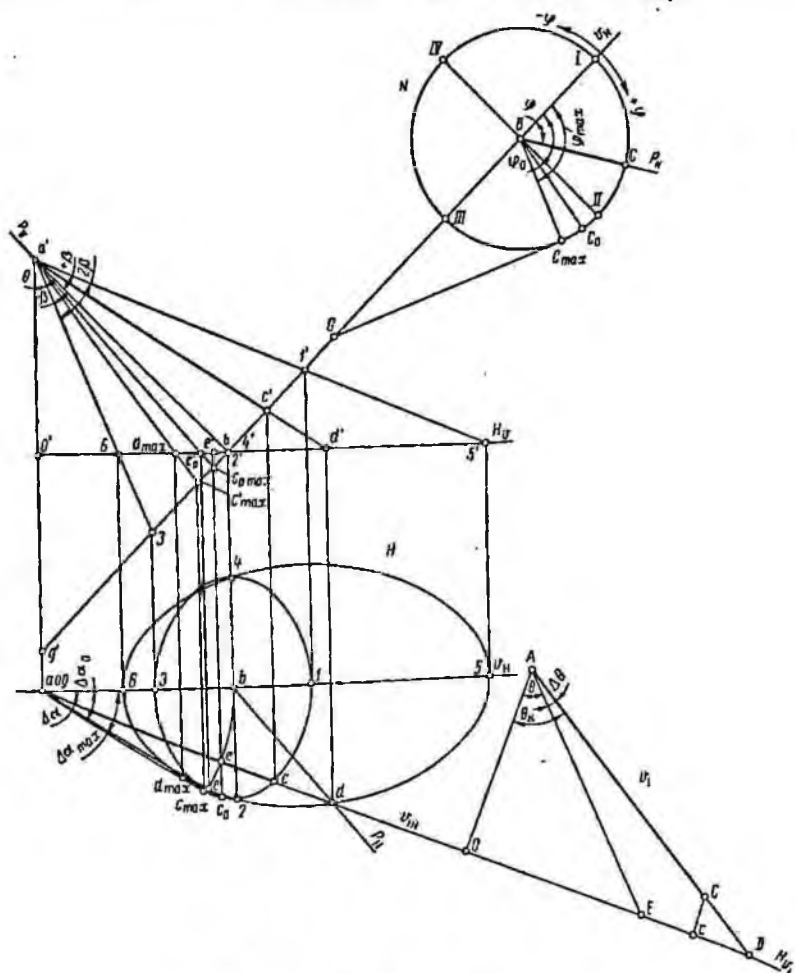


Рис. 21. Графики зависимости.

a — зависимость фактического приращения зенитного угла $\Delta\theta$ от угла поворота клина φ ;
 b — зависимость приращения азимута $\Delta\alpha$ от угла поворота клина φ при угле скоса клина $\beta = 3^\circ$; c — зависимость максимального приращения азимута $\Delta\alpha_{\max}$ и соответствующего ему угла поворота клина φ_{\max} от зенитного угла θ .

Для детального анализа функций $\Delta\alpha = f(\theta\beta\varphi)$ и $\Delta\theta = f\theta\beta\varphi$ при различных значениях зенитного угла θ воспользуемся приведенным на рис. 21 эпором скважины, искривленной постановкой клина. На эюре даны проекции старого AB и нового ACD направленной оси скважины на четыре плоскости: V — апсидальная плоскость

старого направления оси; H — горизонтальная плоскость, проходящая через произвольную точку B старого направления оси; V_1 — апсидальная плоскость нового направления оси; N — плоскость, перпендикулярная старому направлению оси и проходящая через точку B .

При $\beta = \text{const}$ все возможные новые направления оси скважины образуют круглый конус с вершиной в точке изменения направления оси A с углом при вершине, равным 2β , и с осью, совпадающей со старым направлением оси. На эюре даны проекции сечения конуса плоскостью N (окружность I, II, III, IV) и плоскостью H (эллипс $V, VI, VII, VIII$), необходимые для рассмотрения характера изменения углов $\Delta\alpha$ и $\Delta\theta$ при изменении угла φ в пределах от -180° до $+180^\circ$ ($-180^\circ \leq \varphi \leq +180^\circ$) и угла θ в пределах от 0 до 90° ($0 \leq \theta \leq 90^\circ$).

Как видно из эюры, характер изменения углов $\Delta\alpha$ и $\Delta\theta$ симметричен относительно плоскости V . Поэтому в дальнейшем рассмотрим характер изменения этих углов при изменении угла φ в пределах от 0 до $+180^\circ$, считая, что равным между собой по абсолютной величине и противоположным по знаку углам φ соответствуют равные между собой по абсолютной величине и противоположные по знаку углы $\Delta\alpha$ и равные по абсолютной высоте и по знаку углы $\Delta\theta$.

Для исследования характера изменения угла $\Delta\alpha$ при изменении углов θ и φ в заданных пределах рассмотрим горизонтальную проекцию $1, 2, 3, 4$ окружности I, II, III, IV . Приращение азимута $\Delta\alpha$ равно углу bac , где b — центр проекции $1, 2, 3, 4$; a — горизонтальная проекция точки A ; c — точка пересечения горизонтальной проекции ac нового направления оси AC с проекцией $1, 2, 3, 4$.

При изменении угла θ в пределах от 0 до 90° выделяются следующие четыре случая зависимости $\Delta\alpha$ от φ .

1. $\theta = 0$. Проекция $1, 2, 3, 4$ — окружность. Точки a и b совпадают. Угол $\Delta\alpha = \varphi$, т. е. после работы с клином в вертикальной скважине азимут оси равен углу между плоскостью искривления оси скважины P и меридиональной плоскостью. График зависимости $\Delta\alpha$ от φ при $\theta = 0$ приведен на рис. 22, б (прямая $\theta = 0$).

2. $0 < \theta < \beta$. Проекция $1, 2, 3, 4$ — эллипс. Малая полуось эллипса b_2 больше отрезка ba . Угол $0 \leq \Delta\alpha \leq 180^\circ$, т. е. при $\varphi = 0$ угол $\Delta\alpha = 0$, с возрастанием угла φ угол $\Delta\alpha$ возрастает и при $\varphi = +180^\circ$ угол $\Delta\alpha = +180^\circ$. Графики зависимости $\Delta\alpha$ от φ при $0 < \theta < \beta$ приведены на рис. 22, б (кривые $\theta = 0^\circ 30'$; 1° ; 2°).

3. $\theta = \beta$. Проекция $1, 2, 3, 4$ — эллипс. Малая полуось эллипса b_2 равна отрезку ba . Угол $0 \leq \Delta\alpha \leq 90^\circ$, т. е. при $\varphi = 0$ угол $\Delta\alpha = 0$, с возрастанием угла φ от 0 до $+180^\circ$ угол $\Delta\alpha$ возрастает и стремится к 90° . При $\varphi = +180^\circ$ скважина становится вертикальной. В этом случае условно можно принять, что угол $\Delta\alpha = 90^\circ$. График зависимости $\Delta\alpha$ от φ при $\theta = \beta$ приведен на рис. 22, б (кривая $\theta = 3^\circ$).

4. $\theta > \beta$. Проекция $1, 2, 3, 4$ — эллипс при $\theta < 90^\circ$ и отрезок прямой при $\theta = 90^\circ$. Малая полуось эллипса b_2 меньше отрезка ba .

При $\varphi = 0$ угол $\Delta\alpha = 0$. С возрастанием угла φ угол $\Delta\alpha$ сначала возрастает, потом достигнув максимального значения $\Delta\alpha_{\max}$ начинает уменьшаться, и при $\varphi = +180^\circ$ становится равным нулю, т. е. $\Delta\alpha$ имеет максимум при $\varphi = \varphi_{\max}$, соответствующем новому направлению оси $AC_{\max}D_{\max}$. Величина угла φ_{\max} вычисляется по формуле (3) (табл. 28). Максимально возможное приращение азимута $\Delta\alpha_{\max}$

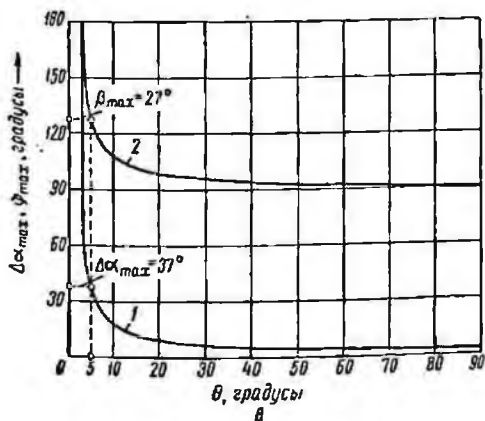
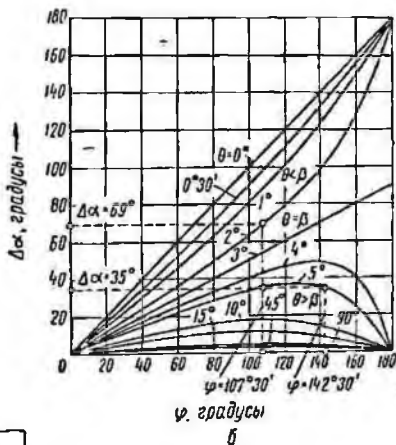
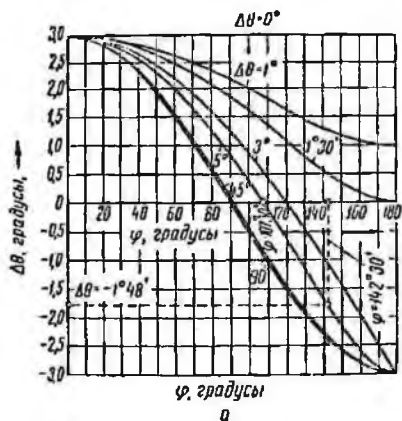


Рис. 22. Эпюр искривленной скважины.

вычисляется по формуле 4. Углу φ_{\max} соответствует приращение азимутного угла $\Delta\theta$, вычисляемое по формуле (5).

При $\theta = 90^\circ$ угол $\varphi_{\max} = 90^\circ$ и угол $\Delta\alpha_{\max} = \beta$. При уменьшении азимутного угла θ углы φ_{\max} и $\Delta\alpha_{\max}$ увеличиваются и при $\theta = \beta$ достигают значений $\varphi_{\max} = 180^\circ$ и $\Delta\alpha_{\max} = 180^\circ$.

При $\theta < \beta$ формулы (3) и (4) не имеют смысла, т. е. в этом случае углы φ_{\max} и $\Delta\alpha_{\max}$ не существуют. Условно можно считать, что при $\theta < \beta$ угол $\varphi_{\max} = 180^\circ$ и угол $\Delta\alpha_{\max} = 180^\circ$, так как в этом случае одной постановкой клина азимут скважины можно изменить на 180° .

График зависимости $\Delta\theta$ от φ приведен на рис. 20, б (прямая $\theta = 0$, $\beta = 19, 13, 45, 90^\circ$). График зависимости угла $\Delta\theta$ от угла φ при ненулевом угле θ для угла $\theta = 90^\circ$ приведен на рис. 21, а. При $\theta = 90^\circ$ возможны следующие варианты размещения узла $\Delta\theta$ при изменении угла φ в заданных пределах: расстояние bc горизонтально (рис. 21, б) при $\theta = 0$ или 90° , вертикально (рис. 21, в) при $\theta = 0$ или 90° , наклонно (рис. 21, г) при $0 < \theta < 90^\circ - \beta$ — окружность, при $\theta = 90^\circ - \beta$ — парабола, при $90^\circ - \beta < \theta < 90^\circ$ — ветвь гиперболы, при $\theta = 90^\circ$ — две прямые, перпендикулярные друг к другу (рис. 21, д). Переходим из плоскости H точку b в плоскости G_1 по дуге bc радиуса bc . Получим точку c пересечения оси z с окружностью в центре G_1 плоскости G_1 . Прямые bc и cc_1 равно углу $\Delta\theta$, где D — точка пересечения плоскости H с осью z ; E — проекция точки c на плоскость G_1 .

Для изменения угла θ в пределах от 0 до 90° различают следующие случаи зависимости $\Delta\theta$ от φ .

1. $\theta = 0$. Радиус окружности bc равен нулю. Угол $\Delta\theta = \beta$ — const. При изменении высоты bc с клином в вертикальной скважине азимутальный угол имеет угол β при любом угле φ . График зависимости $\Delta\theta$ от φ при $\theta = 0$ приведен на рис. 21, а (прямая $\theta = 0$).

2. $0 < \theta < \frac{\beta}{2}$ окружность bc лежит внутри эллипса 5, 2, 6, 4. При $\varphi = 0$ угол $\Delta\theta = +\beta$. При возрастании угла φ угол $\Delta\theta$ уменьшается и при $\varphi = +180^\circ$ угол $\Delta\theta = \beta - 2\theta > 0$. График зависимости $\Delta\theta$ от φ при $0 < \theta < \frac{\beta}{2}$ приведен на рис. 22, а (кривая $\theta = 1^\circ$).

3. $\theta = \frac{\beta}{2}$. Окружность bc касается эллипса 5, 2, 6, 4 в точке 6. При $\varphi = 0$ угол $\Delta\theta = +\beta$. При возрастании угла φ угол $\Delta\theta$ уменьшается и при $\varphi = +180^\circ$ становится равным нулю. График зависимости $\Delta\theta$ от φ при $\theta = \frac{\beta}{2}$ приведен на рис. 22, а (кривая $\theta = 1^\circ 30'$).

4. $\beta < \theta < 90^\circ$. При $0 < 90^\circ - \beta$ окружность bc пересекает эллипс 5, 2, 6, 4. При $\theta = 90^\circ - \beta$ — параболу, при $(90^\circ - \beta) < \theta < 90^\circ$ — гиперболу, при $\theta = 90^\circ$ — прямую в точке d_0 . При $\varphi = 0$ угол $\Delta\theta = +\beta$. При возрастании угла φ угол $\Delta\theta$ уменьшается и становится равным нулю при $\varphi = \varphi_0$, соответствующем новому направлению оси AC_0D_0 . В этом случае точки c и d совпадают. При дальнейшем возрастании угла φ угол $\Delta\theta$ становится отрицательным и растет по абсолютной величине и при $\varphi = +180^\circ$ становится равным $\Delta\theta = \beta - 2\theta < 0$, если $\frac{\beta}{2} < \theta < \beta$, или $\Delta\theta = -\beta$, если $\beta \leq \theta \leq 90^\circ$. Графики зависимости $\Delta\theta$ от φ при $\beta \leq \theta \leq 90^\circ$ приведены на рис. 22, а (кривые $\theta = 3, 5, 45, 90^\circ$).

Угол φ_0 вычисляется по формуле (8) (табл. 23). Получаемое при этом приращение азимута $\Delta\alpha_0$ вычисляется по формуле (9). При $\theta = 90^\circ$ угол $\varphi_0 = 90^\circ$ и угол $\Delta\alpha_0$. При уменьшении азимутного

углы ψ и $\Delta\psi_0$ и $\Delta\psi_0$ увеличиваются и при $\psi = \frac{\pi}{2}$ достигают значений $\psi = 180^\circ$ и $\Delta\psi_0 = 180^\circ$. При $\psi < \frac{\pi}{2}$ формулы (3) и (9) не имеют смысла, т. е. в этом случае углы ψ_0 и $\Delta\psi_0$ не существуют, так как тогда восстановив былые значения углов осей скрутки увеличивается при любом угле ψ $\Delta\psi > 0$).

Из сравнительного анализа формул (3) и (8) и формул (4) и (9) видно, что при $\psi < 90^\circ$ углы $\psi_0 < \psi_{max}$ и угол $\Delta\psi_0 < \Delta\psi_{max}$, а при $\psi = 90^\circ$ углы $\psi_0 = \psi_{max} = 90^\circ$ и угол $\Delta\psi_0 = \Delta\psi_{max} = \beta$. Из анализа формулы (3) для случая $\psi = \psi_{max}$ видно, что при $\psi < 90^\circ$ угол $\Delta\psi_{max} < 0$, а при $\psi = 90^\circ$ угол $\Delta\psi_{max} = 0$.

В табл. 23 приведены значения углов ψ_{max} , ψ_0 , $\Delta\psi_{max}$ и $\Delta\psi_0$ при различных значениях угла ψ для случая рассматриваемого в предыдущей главе $\beta = 2^\circ$. Этой таблицей подтверждается общеизвестное положение, что приращение азимута скрутки наиболее эффективно при наиболее малых углах. Кроме того, из табл. 23 видно, что при приращении угла ψ влияние β становится все меньше и меньше (до 10°), поэтому при контроле приращений угла скрутки можно использовать наиболее эффективные приращения углов ψ_{max} и ψ_0 . Так, например, при приращении угла скрутки на 10° приращение угла ψ будет равно 10° при $\psi = 90^\circ$ и 10° при $\psi = 0^\circ$. Если же приращение угла скрутки β становится больше, то угол ψ должен быть

Таблица 23

ψ	ψ_0	$\Delta\psi$	$\Delta\psi_{max}$ град	$\Delta\psi_0$ град	$\Delta\psi_{max}$ град-мин
0	0	—	180	—	+0-00
1-30	180	180	180	180	0-00
2-00	180	138	160	95	-1-00
3-00	150	127	140	74	-2-00
4-00	120	120	90	40	-3-00
5-00	90	115	59	51	-4-00
6-00	60	108	37	63	-5-00
7-00	30	104	20	79	-6-00
8-00	0	102	25,5	95	-7-00
9-00	0	101	22	105	-8-00
10-00	0	100	19,5	115	-9-00
15-00	0	99	17,5	125	-10-00
20-00	0	98	16	135	-11-00
30-00	0	96	13,5	145	-12-00
45-00	0	94	9	155	-13-00
60-00	0	93	6,5	165	-14-00
90-00	90	90	3	170	0

В табл. 23: ψ — угол на условной заделке по расчету устойчивости скрутки и $\Delta\psi$ — приращение угла скрутки. Задачи 1—9 приведены в приложении.

при выборе наиболее эффективного для данного конкретного случая варианта установки клина. Решение задачи 10 представляет большой интерес для предварительной оценки приращения азимута после работы с клином до азимутального замера и после замера зенитного угла. Задачи 12 и 13 возникают при необходимости определения действительных углов β и φ после работы с клином по измеренным приращениям азимута и зенитного угла для оценки эффективности отклоняющего сваряда и точности его ориентирования. Задачи 1—11 можно решать при помощи трех диаграмм (рис. 22).

Решение некоторых задач для клина с углом схода $\beta = 3^\circ$ покажем на конкретных примерах.

Пример 1. При зенитном угле скважины $\theta = 5^\circ$ определить максимально возможное приращение азимута $\Delta\alpha_{\max}$ и необходимый для этого угол поворота клина φ_{\max} .

Определяем $\Delta\alpha_{\max}$ по формуле (4) (табл. 28)

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha_{\max} = \frac{\operatorname{tg} 3^\circ}{\sin 5^\circ \sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} 3^\circ}{\operatorname{tg} 5^\circ}\right)^2}} = 0,7536;$$

$$\Delta\alpha_{\max} = 37^\circ.$$

Определяем φ_{\max} по формуле (3)

$$\varphi_{\max} = 180^\circ - \arccos \frac{\operatorname{tg} 3^\circ}{\operatorname{tg} 5^\circ} = 127^\circ.$$

Графическое решение задачи показано на рис. 22.

Пример 2. Определить угол поворота клина φ_0 для получения приращения азимута $\Delta\alpha_0$ при неизменном зенитном угле $\theta = \theta_k = 5^\circ$.

Определим φ_0 по формуле (8)

$$\varphi_0 = 180^\circ - \arccos \frac{\operatorname{tg} 1^\circ 30'}{\operatorname{tg} 5^\circ} = 107^\circ 30'.$$

Определяем $\Delta\alpha_0$ по формуле (9)

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha_0 = \frac{\operatorname{tg} 3^\circ \sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tg} 1^\circ 30'}{\operatorname{tg} 5^\circ}\right)^2}}{\sin 5^\circ \left(\frac{\operatorname{tg} 3^\circ}{\operatorname{tg} 5^\circ} + \frac{\operatorname{tg} 1^\circ 30'}{\operatorname{tg} 5^\circ}\right)} = 0,7002; \quad \Delta\alpha_0 = 35^\circ.$$

Графическое решение задачи показано на рис. 22, а, б.

Пример 3. Определить приращение зенитного угла $\Delta\theta$ при зенитном угле скважины $\theta = 5^\circ$ и приращении азимута $\Delta\alpha = 35^\circ$.

Задачу с таким условием удобно решать графическим способом.

По графику на рис. 22, б определяем угол поворота клина $\varphi = 142^\circ 30'$ или $\varphi = 107^\circ 30'$. Приращение зенитного угла находим по графику на рис. 22, а ($-1^\circ 48'$ или 0).

При решении задач по установке клина необходимо учитывать следующее.

1. Угол β между старым и новым направлениями осп скважины не всегда равен углу схода клина. При постановке клина на вышлагаживаппе угол β обычно равен углу схода клина, а иногда может быть

даже больше. При постановке клина на выкручивание угол β почти всегда несколько меньше угла схода клина. Величина разницы этих углов зависит от условий залегания и физико-механических свойств пород, от конструкции клина и технологии отбуривания. Совершенствуя конструкцию клина и технологию отбуривания, эту разницу можно свести к минимуму. Установлено, что для клина с диаметром коронки, значительно меньшим диаметра скважины, разница углов большая. Для клина с диаметром коронки, приближающимся к диаметру скважины, разница незначительна и практически может не учитываться.

2. Угол φ между плоскостью искривления и апсидальной плоскостью не равен углу поворота клина. При отбуривании новое направление оси скважины всегда отклоняется влево от плоскости симметрии клина. Это явление объясняется различием коэффициентов трения между коронкой и породой и между коронкой и клином, а также неравномерным распределением дробы по наружной поверхности коронки. Величина угла отклонения зависит от конструкции клина и технологии отбуривания. При расчете установки клина в величину угла φ всегда нужно вводить положительную поправку $\Delta\varphi$, величина которой ориентировочно равна $5-10^\circ$, но требует дальнейшего уточнения.

Формулы, приведенные в табл. 28, описывают искривление (изменение направления) оси скважины, обусловленное применением отклоняющегося снаряда однократного действия.

О возможности составления системы функциональных уравнений искривления скважин *

Вследствие искривления в процессе бурения геологоразведочные скважины отклоняются от заданного направления, что при отсутствии надежных и точных методов построения проекций искривленных скважин приводит к неверному представлению о характере залегания полезного ископаемого, о его количестве и значительно усложняет подсчет запасов.

Кроме того, чрезмерное искривление скважин вызывает целый ряд технических трудностей при бурении, увеличивает длину скважины, замедляет проходку, повышает расход средств, а иногда приводит к полному геологическому браку пробуренных скважин.

В настоящее время четко определились два пути борьбы с вредными последствиями искривления скважин: 1) изучение закономерностей искривления и использование их при разработке методики разведки участка и проектировании профилей скважин; 2) борьба с отклонением скважин от заданного направления путем применения соответствующей технологии бурения и специальных технических средств.

Эффективность бурения может быть получена только при одновременной разработке и применении обоих методов. Другими словами,

* Написан В. Л. Яцюком.

разработка совершенных методов проектирования профилей скважины является одним из важных резервов повышения эффективности и снижения себестоимости геологоразведочных работ. Проектирование профилей скважины должно выполняться с учетом возможности максимального использования наиболее экономичных способов и режимов бурения и минимального использования трудоемкого искусственного искривления скважины.

В настоящее время в практике геологоразведочных работ широко применяются вероятностно-статистические методы проектирования вертикальных профилей скважин и наблюдаются немногочисленные случаи применения вероятностно-статистических методов проектирования горизонтальных профилей.

Многие научные коллективы (МГРИ, ВИТР, Томский политехнический институт, ИМР, СГИ) успешно занимаются разработкой вероятностно-статистических методов изучения закономерностей искривления и проектирования профилей скважин.

В то же время накоплен значительный опыт по изучению причин искривления (факторов, влияющих на искривление) скважин, который с успехом используется для борьбы с отклонением скважины от заданного направления и для прогнозирования искривления скважины при проходке. Накопленный опыт позволяет приступить к разработке более совершенных методов использования известных закономерностей влияния отдельных факторов на искривление для проектирования профилей скважины и для оперативного прогнозирования искривления скважины при проходке.

Факторы, влияющие на искривление скважины, можно разделить на две группы:

- 1) факторы, вызывающие искривление, определяющие направление и потенциальную интенсивность искривления;
- 2) факторы, влияющие только на изменение интенсивности искривления.

Из известных в настоящее время к первой группе относится как основной фактор анизотропия механических свойств горной породы и др.

Ко второй группе следует отнести также факторы, как жесткость бурового снаряда, величина разбуривания скважины, неориентированный перекоп паконечника, величина нагрузки на забой, скорость вращения, режим промывки, конструкция бурового наконечника, вид бурения и другие. Влияние многих из этих факторов достаточно хорошо изучено и используется в практике направленного бурения.

Возможность искривления скважины, обусловленную действием факторов первой группы, условно назовем *потенциальным искривлением*, а способность скважины к искривлению, обусловленную сочетанием факторов второй группы, — *жесткостью скважины*.

Интенсивность искривления скважины в точке можно представить в виде направленного по радиусу кривизны оси скважины (перпендикулярного к оси скважины) вектора, численное значение

которого равно кривизне оси скважины в этой точке. Обозначим этот вектор через $d\beta/dl$. Тогда

$$\frac{d\beta}{dl} = \left(\frac{d\beta}{dl} \right)_p A, \quad (1)$$

где $(d\beta/dl)_p$ — интенсивность потенциального искривления скважины (потенциальная интенсивность искривления), град/м; A — жесткость скважины, безразмерный коэффициент.

Потенциальная интенсивность искривления может быть представлена в виде векторной суммы

$$\frac{d\beta}{dl} = \left(\frac{d\beta}{dl} \right)_1 + \left(\frac{d\beta}{dl} \right)_2 + \dots + \left(\frac{d\beta}{dl} \right)_n, \quad (2)$$

где $(d\beta/dl)_n$ — потенциальная интенсивность искривления скважины под действием фактора 1, 2, 3, . . . n первой группы. Назовем ее *элементарной потенциальной интенсивностью искривления скважины*.

Число членов в правой части уравнения (2) равно числу факторов первой группы, обуславливающих характер искривления скважины в данной точке. Причем факторы, оказывающие незначительное влияние на характер искривления скважины, могут совсем не учитываться.

Для однородной толщи пород может быть определена функциональная зависимость элементарной потенциальной интенсивности искривления скважины в точке от конечного числа аргументов, влияющих на ее направление и величину, а также от направления оси скважины и элементов залегания толщи в этой точке, т. е. может быть составлено конечное множество функций вида

$$\left(\frac{d\beta}{dl} \right)_n = f_n(\alpha_c, \theta_c, \alpha_n, \theta_n, x, y, \dots, u, v), \quad (3)$$

где α_c — азимут скважины; θ_c — зенитный угол скважины; α_n — азимут падения толщи пород; θ_n — угол падения толщи пород; x, y, \dots, u, v — аргументы, влияющие на направление и величину потенциальной интенсивности искривления скважины под действием фактора n .

Степень влияния различных факторов первой группы на искривление скважины неодинакова в различных условиях. Один и тот же фактор может быть решающим в одних условиях и почти не иметь значения в других. Можно использовать это явление для выявления и уточнения природы и механизма действия различных факторов первой группы, а также для определения функций вида (3).

Некоторые из функций вида (3) уже определены отдельными исследователями. Их требуется лишь привести к виду, удобному для использования в уравнении (2). Так, например, исследованиями Е. Ф. Эпштейна установлено, что потенциальная интенсивность искривления скважины под действием анизотропии горной породы является функцией направления скважины, элементов залегания толщи пород, ориентировки анизотропии пород относительно

напластования и степени анизотропии, которая характеризуется отношением агрегатной твердости горной породы в трех направлениях.

Если для данной толщи пород будут определены основные функции вида (3), то это даст возможность составить для этой толщи уравнение вида (2) и определить экспериментально величины коэффициента A для имеющих практическую ценность сочетаний факторов второй группы. Это в свою очередь даст возможность определить функцию вида (1).

Раз определенная функция вида (1) для данной толщи пород может быть с успехом использована для той же толщи в другом месте, имеющей другую мощность, другие элементы залегания и при другом направлении скважины, а с некоторыми уточнениями и для другого способа бурения.

При использовании статистических методов изучения закономерностей искривления такая возможность бывает редко.

Приращения координат точек оси скважины и ее зенитного угла и азимута на некотором интервале проходки являются функциями от интенсивности искривления (вектора) скважины и от длины этого интервала.

Интенсивность искривления скважины в общем случае переменна по длине интервала.

Значит, если для данной толщи пород определена функция (1), то можно составить систему уравнений

$$\begin{aligned} X_B &= f_1 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, l \right) \\ Y_B &= f_2 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, l \right) \\ Z_B &= f_3 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, l \right) \\ \alpha_B &= f_4 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, l \right) \\ \theta_B &= f_5 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, l \right) \end{aligned} \quad (4)$$

где X_A, Y_A, Z_A — координаты точки A оси скважины; α_A, θ_A — азимут и зенитный угол оси скважины в точке A ; l — расстояние от точки A до точки B по оси скважины; A — начальная точка интервала скважины длиной l ; X_B, Y_B, Z_B — координаты точки B оси скважины; α_B, θ_B — азимут и зенитный угол оси скважины в точке B ; B — конечная точка интервала скважины длиной l .

При том же условии для данной толщи пород можно составить систему уравнений

$$\begin{aligned} X_B &= F_1 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, h \right); \\ Y_B &= F_2 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, h \right); \end{aligned} \quad (5)$$

$$Z_B = F_3 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, h \right);$$

$$\alpha_B = F_4 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, h \right);$$

$$\theta_B = F_5 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, h \right);$$

$$l = F_6 \left(X_A, Y_A, Z_A, \alpha_A, \theta_A, \frac{d\beta}{dl}, h \right),$$

где A — точка входа в толщу скважины; B — точка выхода скважины из толщи; h — мощность толщи; остальные обозначения аналогичны обозначениям в системе уравнений (4).

Если составить системы уравнений вида (4) или (5) для всех толщ геологического разреза данного участка разведки, то можно аналитически рассчитать проектные профили скважин для этого участка, а также использовать эти системы уравнений для оперативного прогнозирования искривления скважины при проходке.

Можно предположить, что по результатам одной или нескольких буренных скважин с некоторыми дополнительными лабораторными исследованиями могут быть составлены системы уравнений вида (4) и (5) для всех пересеченных этими скважинами толщ пород, после чего эти системы уравнений могут быть использованы для проектирования профилей других скважин на том или же на другом сложном тем же породами участке.

При статистическом методе проектирования профилей для установления закономерностей искривления требуется большое число буренных скважин. В некоторых случаях это число скважин может превышать число, необходимое для детальной разведки месторождения.

Очень часто встречаются участки с большим разнообразием (с точки зрения статистики) закономерностей азимутального искривления скважин. Применять на таких участках вероятностно-статистические методы проектирования горизонтальных профилей скважин невозможно.

Можно предположить, что на таких участках проектирование профилей путем составления систем уравнений вида (4) и (5) может дать положительные результаты.

Следует ожидать, что разработка методики составления функциональных уравнений искривления скважины видов (4) и (5), методики их практического применения, методики оценки погрешности при их применении и других вопросов, которые неизбежно будут возникать в процессе работы, потребует на первом этапе обширных теоретических, лабораторных и промышленных исследований.

Кроме того, следует ожидать, что практическое применение предлагаемой методики проектирования профилей скважин и оперативного прогнозирования искривления скважин в процессе проходки, ввиду большого объема вычислительных работ, не сможет быть осуществлено без использования БСМ.

В ы в о д ы

1. Существует принципиальная возможность определения функциональной зависимости интенсивности искривления скважины в точке от факторов, влияющих на ее направление и величину.

2. Существует принципиальная возможность составления системы функциональных уравнений искривления скважины.

3. Можно предположить, что проектирование профилей скважины методом системы функциональных уравнений окажется более универсальным и оперативным, чем вероятностно-статистические методы проектирования.

НАПРАВЛЕННОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН БЕСКЛИПОВЫМИ СНАРЯДАМИ

Направленное бурение скважин в тресте Кривбассгеология осуществляется путем применения клиньев различных конструкций и с учетом естественного искривления. Однако бурение с применением клиньев имеет недостатки. Трестом испытано два бесклиповых снаряда: опытно-промышленный образец шароструйного отклонителя ШО-110, изготовленный геолремзаводом ЮКГУ, и снаряд типа БСНБ конструкции М. Л. Олексенко.

Шароструйный отклонитель работает на принципе эжекторного устройства и обычной ориентировки с помощью датчика сигналов. Буровой снаряд М. Л. Олексенко относится к типу снарядов с механическим пласечным креплением и шарирно-эксцентрикковым отклонителем.

Техническая характеристика

Наружный диаметр шароструйного аппарата	80
Диаметр камеры смешения, мм	35
Диаметр выходного отверстия сопла, мм	9—12
Твердость упроченных поверхностей диффузора выходного участка камеры смешения и выходного отверстия сопла ПРС	45—50
Материал аппарата	Сталь 20Х
Диаметр шаров, мм	13—15,5
Вес рейсовой порции шаров, кг	13—14
Область применения:	
в скважинах диаметром, мм	110—130
в скважинах глубиной, м	0—600
Расход промывочной жидкости, л/мин	250—280
Перепад давления в сопле, кг/см ²	17—25
Угол перекоса оси аппарата относительно оси скважины, град	1—3
Интенсивность искривления, град/м	0,1—1,0
Общая длина отклонителя с ориентирующим устройством, м	1—1,5

Отклонитель снабжен приспособлениями для доставки шаров к забою скважины и их извлечения из скважины.

Шароструйный отклонитель использовался при направленном бурении скв. 13086 и 12860. Буровые были оснащены станками

типа ЗИФ, насосами 11Гр и высоконапорной обвязкой на бронированных шлангах. В качестве промывочной жидкости использовался глинистый раствор, обработанный углекислым реагентом. Бурение производилось трубами 63,5 и 73 мм.

В интервалах применения отклонителя породы представлены роговиками XI категории по буримости (скв. 13086), амфиболитами и магнетитами X категории (скв. 12860). Бурение отклонителем осуществлялось без отбора керна. В промежутках между рейсами бурения шарнирным отклонителем применялось дробовое бурение.

Шароструйный отклонитель применялся с целью выкручивания скважины и изменения азимута (в сторону уменьшения на скв. 13 086 и увеличения на скв. 12860). Результаты применения отклонителя на скв. 13086 приведены в табл. 30. В результате применения отклонителя на этой скважине было достигнуто уменьшение зенитного угла с 8° 30' до 2° 50' и азимута с 222° до 219°. В дальнейшем отклонитель применен на скв. 12860. В результате применения было

Таблица 30

Номера рейсов	Вид искривления	Пробурено, м			Затраты времени на бурение, станко-смены	
		от	до	всего	фактически	по норме
1	Уменьшение азимута	230,86	232,38	1,52	1,73	1,81
2	»	237,18	239,65	2,47	5,40	2,79
3	Выкручивание	251,90	253,27	1,37	4,43	1,63
4	»	257,09	259,20	2,11	3,43	2,51
5	»	271,82	273,15	1,33	2,67	1,58
6	»	273,15	274,30	1,15	1,69	1,37
7	»	274,30	275,61	1,31	2,11	1,56
8	»	275,61	277,35	1,64	2,69	1,95

Продолжение табл. 30

Номера рейсов	Вид искривления	Затраты времени. Всего за цикл, станко-смены	Зенитный угол		Азимут скважины, град	
			до искривления, град·мин	после искривления, град·мин	до искривления	после искривления
1	Уменьшение азимута	3,24	8—30	8—30	222	—
2	»	8,96	8—30	8—30	—	—
3	Выкручивание	7,50	8—20	5—50	—	219
4	»	7,22	5—50	4—20	—	—
5	»	3,31	6—50	5—20	—	—
6	»	1,17	5—20	4—20	—	—
7	»	2,04	4—20	3—30	—	—
8	»	3,01	3—30	2—50	—	—

достигнуто уменьшение зенитного угла с $13^{\circ} 30'$ до $10^{\circ} 30'$ и увеличение азимута на $17^{\circ} 20'$. Однако большинство рейсов по увеличению азимута оказались либо безрезультатными, либо малоэффективными.

В ходе испытаний отклонителя отмечен ряд неполадок в технических средствах, интенсивный износ втулок, поршней, цилиндров, клапанов насоса при работе на большом давлении, быстрый износ сопел из-за недоброкачественной термообработки (ресурс сопла 16 ч). Всего за период испытаний отработано семь шароструйных аппаратов, из них пять пригодны к дальнейшему использованию с последующей реставрацией. Износ шаров составил 1 мм по диаметру за время работы 40—100 ч. По результатам применения отклонителя были сделаны следующие выводы.

1. Шароструйный аппарат ШО-110 позволяет углублять скважины в процессе их искривления в породах X—XI категорий.

2. Отклонение скважины производится без вращения бурильной колонны, вследствие чего сохраняется ориентировка отклонителя.

3. Необходимо и в дальнейшем совершенствовать технологию бурения и обработки конструкции, для чего следует испытать до-
полнительную партию шароструйных отклонителей.

В конце 1967 г. начато испытание бурового снаряда М. Л. Олексенко.

Техническая характеристика опытно-промышленного образца снаряда БСПБ

А. Снаряд БСПБ

Наружный диаметр, мм	108
Длина без сигнализатора, мм	2050
Длина с сигнализатором, мм	2850
Максимальный диаметр выходящих распорных плашек при креплении, мм	180
Рекомендуемая скорость вращения буровой колонны, об/мин	60—80
Осевая нагрузка в момент крепления, кг	3000—3800
Осевая нагрузка при бурении, кг	3000—3800
Распорное устройство	Двухъярусное
Расчетное усилие крепления одного яруса, кг	
Максимальное расчетное отклоняющее усилие на смесителе, кг	440
Буровой наконечник	Специальная дробовая или твердосплавная коровка для сплошного забоя
Величина набора кривизны в изотропных породах на 1 м, град	До 1
Снаряд предназначен для искусственного искривления скважины в породах V—X категорий по буримости.	

Б. Электронный сигнализатор

Диаметр, мм	108
Длина, мм	800
Диапазон работы при зенитном угле скважины, град	2—90

Точность ориентации В пределах существующих инклинометров

Питание:

- а) погружного датчика Постоянный ток от батарей типа ГВ-45,24
- б) пульта управления Постоянный ток от батарей типа 11,5 ПМЦГ-1,3
- в) реле погружного датчика Постоянный ток 4—12 в от блока питания пульта управления

Сигнализатор предназначен для ориентации снаряда БСНБ при постановке на забой, а также для контроля его положения в процессе бурения в условиях непрерывной циркуляции промывочной жидкости.

Испытания образца в скважине

Опытно-промышленный образец снаряда БСНБ использовался при исправлении скв. 12440а Октябрьской ГРЭ, 13367 Центральной ГРП, 13318 и 12860 Ингулецкой ГРП.

Скв. 12440а Октябрьской ГРЭ забурена на глубине 757,70 м из ранее пробуренной скв. 12440. Скв. 12440 в месте забуривания второго ствола (скв. 12440а) имела следующие стратиграфические параметры: zenithный угол — $3^{\circ} 30'$, азимут — 139° . Заданный азимут скв. 12440а — 133° . Проектная глубина — 1440 м. Скважина оборудована станком ЗИФ-1200П, насосом ЗИФ-Р 200/40, металлическим копром Н-24. Бурильные трубы диаметром 50 мм муфтово-замкового соединения. Промывочная жидкость — силикатно-гуминовый раствор.

Геологический разрез, в котором находился первый ствол до глубины забуривания второго ствола, представлен следующими породами: 0 — 27,23 м — четвертичные отложения III категории; 27,23 — 708 м — песчаники и сланцы бiotито-кварцевые IX—X категории (K_3), 708—718,05 м — роговики магнетито-мартиновые X—XI категории (K_2), 718,05—737,21 м — сланцы бiotито-хлоритовые VIII—IX категории (K_2), 737,21—757,70 м — песчаник бiotито-кварцевый X категории (K_3). Второй ствол (скв. 12440а) находим в следующих породах: 757,70—1119,95 м — роговики магнетитовые и магнетито-амфиболовые XI категории (K_2), 1119,95—1135,40 м — роговики мартиновые и гематитовые X—XI категории (K_2), 1135,40—1360,47 м — роговики мартиновые XI категории (K_2). Угол падения пород 55—60° на запад.

Конструкция скважины следующая:

Интервал бурения, м	Диаметр коронки, мм	Диаметр обсадной колонны, мм
0—106	250	168
106—136	220	163
136—763	150	146
763—1053	130	146
>1053	110	146

При проходке скв. 12440а пачала отклоняться влево от заданного азимутального направления 133° . С целью исправления скважины, т. е. увеличения азимута, в интервале глубин 800—1200 м в породах XI категории было спущено 28 пзвлекаемых клиньев, в результате чего азимут был увеличен на 11° от 112 до 123° .

Дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления при помощи клиньев в среднем по скважине составили 76,1 станко-часов.

Дополнительные затраты времени на искусственное искривление определяются как разница времени, фактически затраченного на выполнение операций по искусственному искривлению с одновременным углублением скважины в интервале работы отклонителя и времени, положенного по нормам на углубление скважины в том же интервале обычным снарядом.

В интервале 1175—1200 м, где было произведено четыре постановки пзвлекаемого клина, дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления составили 87,2 станко-часа. Увеличение затрат времени на этом интервале объясняется большим объемом работ по чистке скважины от обломков пород, падающих из верхних неустойчивых горизонтов.

С целью увеличения азимута на 25° с сохранением естественного зенитного искривления в интервале 1205—1240 м был применен снаряд БСНБ.

С 24 октября по 6 ноября 1967 г. в интервале 1208,97—1214,25 м по породам XI категории снарядом пройдено 3,23 м, в результате чего азимут был увеличен на 6° при зенитном угле 45° . Дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления снарядом БСНБ составил 37,0 станко-часа. Большие затраты времени объясняются тем, что в интервале глубин 200—300 м и 650—700 м имелись горизонты сильно разрушенных неустойчивых, вываливающихся пород, что приводило к сильному зашламованию скважины. Это вызывало большие затраты времени на чистку скважины и пзвлечение снаряда заклиниваемого частицами вывалившейся породы.

С целью ускорения испытаний было решено перенести испытания снаряда на другие скважины. Скв. 12440а была остановлена для закрепления неустойчивых горизонтов.

Скв. 13367 Центральной ГРП забурена на Новокриворожском участке 5 августа 1967 г. Заданный азимут скважины 90° , заданный угол забуривания 3° . Проектная глубина 675 м.

Скважина оборудована станком ЗИФ-650А, насосом НГР 250/50, металлическим копром Н-18. Буровые трубы диаметром 50 мм муфтово-замкового соединения. Промывочная жидкость — вода.

При бурении скважины пройдены следующие породы: 0,00—5,00 м суглинка III категории, 5,00—652,87 м роговик магнетитовые X—XI категории с прослоями кварцево-хлорито-блотитовых сланцев IX—X категории (K_2), 652,87—676,10 м хлорито-талковые сланцы VII категории (K_1). Угол падения пород 65 — 70° на запад.

Конструкция скважины: 0,00—25,60 м — диаметр бурения 150 мм и обсадка трубами диаметром 146 мм, 26,60—676,10 м — диаметр бурения 110 мм без обсадки.

В процессе бурения скв. 13367 сильно отклонилась вправо от заданного азимутального направления 90° , вследствие чего на глубине 150 м имела азимут 121° . С целью уменьшения азимута в интервале 150—450 м в породах XI категории было спущено девять извлекаемых клиньев. Несмотря на применение клиньев, скважина продолжала искривляться вправо по азимуту и на указанном интервале еще искривилась на 17° — от 121 до 138° . Кроме этого, вследствие применения клиньев зенитный угол скважины на глубине 450 м был на 6° меньше проектного.

Дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления при помощи клиньев составили 79,8 станко-часа.

С целью выведения скважины в заданное подсечение, т. е. поворота влево по азимуту на 30 — 40° и выполаживания на 5 — 6° в интервале 527—580 м, был применен снаряд БСНБ.

С 18 ноября по 14 декабря 1967 г. в интервале 526,62—575,89 м по породам XI категории снарядом пройдено 13,05 м, в результате чего азимут был уменьшен на 41° и зенитный угол увеличен на $4,5^\circ$.

В результате применения БСНБ скважина была выведена в расчетное направление и при дальнейшей проходке обычным снарядом вышла в заданное подсечение, полностью выполнив геологическое задание и была закрыта на глубине 676,10 м.

Дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления снарядом БСНБ по скважине составили 10,4 станко-часа.

Скв. 13318 Ингулецкой ГРП забурена 1 октября 1967 г. на Ингулецком участке с восточного крыла Лихмановской синклинали. Заданный азимут скважин 270° , заданный зенитный угол забуривания 5° . Проектная глубина скважины 760 м. Скважина оборудована станком ЗИФ-1200А, насосом ЗИФ-Р 200/40, металлическим копром Н-18. Бурильные трубы диаметром 50 мм муфтово-замкового соединения. Промывочная жидкость — глинистый раствор, обработанный КССБ.

Скважиной пробурены следующие породы: 0,00—20,00 м — кайнозой II—IV категории, 20—160 м — хлорито-тальковые сланцы VII категории (K_1); 160—194 м — безрудный роговик IX—X категории (K_2), 194—203 м — тальковые сланцы VIII—IX категории (K_1), 203—252 м — безрудный роговик X категории (K_2), 252—275 м — тальковые сланцы VIII—IX категории (K_1), 275—410 м — амфиболо-хлоритовые сланцы X категории (K_2), 410—478 м — тальковые сланцы VIII—IX категории (K_1), 478—618 м — амфиболо-хлоритовые сланцы с прослоями безрудного роговика X категории (K_2), 618—691 м — роговики спилкатно-магнетитовые XI категории (K_2). Падение пород восточное под углом 80 — 85° до вертикального.

Конструкция скважины следующая:

Интервал бурения, м	Диаметр коронки, мм	Диаметр обсадной колонны, мм
0—43	200	168
43—245	150	146
245	150	110

При бурении скважина ушла влево и на глубине 175 м имела азимут 219° при проектном 270° и зенитный угол 6° при проектном угле 5°. С целью увеличения азимута в интервале глубин 175—250 м в породах IX—X категорий было произведено четыре постановки извлекаемого клина, в результате чего азимут был увеличен до 237° без изменения зенитного угла.

При дальнейшей проходке обычным снарядом скважина продолжала отклоняться вправо и на глубине 425 м достигла азимута 292° и зенитного угла 7°30' при проектном угле 16°.

С целью выполаживания и уменьшения азимута в интервале глубин 425—475 м в породах VIII категории было произведено шесть постановок извлекаемого клина, в результате чего зенитный угол был увеличен на этом интервале на 9°30' (от 7°30' до 17°), однако, азимут продолжал увеличиваться и достиг 296°.

С целью увеличения зенитного угла на 3—4° и уменьшения азимута на 8—10° в интервале глубин 478,60—485,00 м был применен снаряд БСНБ.

С 18 по 21 декабря 1967 г. в интервале глубин 478,60—483,90 м по породам IX категории снарядом пройдено 2,9 м, в результате чего зенитный угол был увеличен с 19 до 22° при одновременном уменьшении азимута с 295 до 287°.

Таким образом, геолого-техническое задание на исправление скважины бесклиновым снарядом было выполнено, после чего испытания снаряда были продолжены на скв. 12860.

Скв. 13318 до глубины 575 м бурилась обычным снарядом, при этом она сначала ушла вправо, а с глубины 535 м начала отклоняться влево. С целью увеличения интенсивности азимутального искривления влево в интервале глубин 575—675 м в породах X—XI категорий было произведено девять постановок извлекаемого клина, в результате чего азимут был уменьшен с 286 до 272°, т. е. на 14°.

Дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления в станко-часах составили: по клиням 19,9; по БСНБ 4,7.

Скв. 12860 Ингулецкой ГРП забурена 26 октября 1966 г. на Ингулецком участке с западного крыла Лихмановской синклинали. Заданный азимут 90°, заданный зенитный угол забуривания 2°. Проектная глубина скважины 925 м. Скважина оборудована станком ЗИФ-1200А, насосом 11Гр, металлическим копром Н-24. Бурильные

трубы диаметром 50 мм муфтово-замкового соединения. Промывочная жидкость — вода.

Скважиной перебурены следующие породы: 0—24,80 м — четвертичные отложения III-IV категории; 24,80—117,45 м — зона выветривания амфиболитов IX—X категории, ниже 117,45 м — амфиболиты мигматизированные X категории. Падение пород от 85° на восток до вертикального.

Интервал бурения, м	Диаметр коронки, мм	Диаметр обсадной колонны, мм
0—25	200	146
25—117	150	146
117—460	130	—
>460	110	—

При бурении скважина отклонялась влево и на глубине 300 м имела азимут 59° при проектном 90° и зенитный угол 5°30' при проектном 4°. С целью увеличения азимута в интервале глубин 300—425 м в породах X категории было произведено девять постановок извлекаемого клина. Несмотря на применение клиньев скважина еще отклонялась влево на 7° от 59 до 52° при одновременном увеличении зенитного угла до 14° при проектном 8° на глубине 425 м.

В связи с низкой эффективностью извлекаемых клиньев на скважине она была выбрана как объект для проведения испытаний шароштурного аппарата ШО-110.

С целью выкручивания в интервале 473—500 м в породах X категории было произведено 12 циклов искривлений аппаратом ШО-110, в результате чего скважина была выкручена на 1°30' (от 15 до 13,5°) с одновременным увеличением азимута на 5°. В дальнейшем аппарат ШО-110 применялся для увеличения азимута. В интервале глубин 513—563 м в породах X категории им произведено шесть циклов искривления, в результате чего азимут был увеличен от 56 до 77° с сохранением зенитного угла.

В связи с тем, что до глубины 600 м (максимальный предел предусмотренный программой испытаний ШО-110) не представлялось возможным вывести скважину в нужное азимутальное направление было решено испытание аппарата ШО-110 прекратить.

Дальнейшее исправление скважины производилось при помощи извлекаемых клиньев. В интервале глубин 600—717 м в породах X категории было произведено шесть постановок, в результате чего азимут был увеличен от 71 до 86°, однако одновременно скважина была выкручена на 8°30' и к глубине 717 м зенитный угол уменьшился до 6° при проектном угле 29°. Вследствие большого зенитного и азимутального отклонений с низкой эффективностью извлекаемых клиньев скважина была временно законсервирована. С целью выполаживания на 22° и увеличения азимута на 43°

в интервале глубин 717—750 м на скважине был применен снаряд БСНБ.

С 29 января по 12 февраля в интервале глубин 717,30—730,50 м по породам X категории БСНБ пробурено 9,95 м, в результате чего зенитный угол скважины был увеличен с 6 до 14° с одновременным увеличением азимута с 86 до 116° вместо расчетного 106°.

Это произошло вследствие того, что к началу работы снаряда БСНБ глубина скважины достигла 717 м, а азимутальный замер был произведен до глубины 695 м. По данным этого замера азимут скважины на глубине 695 м был равен 63°. Для расчета работы снаряда БСНБ этот азимут был экстраполирован до глубины 717 м. Однако последующим азимутальным замером было установлено, что азимут скважины на глубине 717 м равен 86°. В связи с этим с глубины 732,55 м снарядом производились работы по уменьшению азимута и выполаживанию скважины.

С 14 февраля по 4 марта в интервале глубин 732,55—744,60 м по породам X категории снарядом БСНБ пройдено 7,05 м, в результате чего азимут скважины был уменьшен от 116 до 108° и зенитный угол увеличен с 14 до 17° при расчетном 24°.

Задаче по исправлению азимутального отклонения скв. 12860 снарядом было выполнено.

Для исправления зенитного отклонения необходимо было продолжить работы снарядом до глубины 760 м. Однако в связи с окончанием сроков испытаний БСНБ решением приемочной комиссии испытания были прекращены 7 марта 1968 г.

Дополнительные затраты времени на 1° искусственного пространственного искривления по скв. 12860 составили:

По клинцам, станко-часа	50,2	(общий результат по скважине отрицательный)
По ШО-110 »		65,8
По БСНБ »		14,9

Несмотря на относительную сложность конструкции механической части и ориентирующего устройства бесклинового снаряда БСНБ, операции по ориентированию снаряда в скважине и управлению им в процессе бурения в пределах глубин до 1200 м и зенитных углов от 3 до 45° отличаются простотой и небольшими затратами дополнительного времени на их выполнение.

Электронная аппаратура ориентирующего устройства требует тщательного ухода, периодической наладки и периодического ремонта квалифицированным специалистом в мастерской, оборудованной контрольно-измерительной аппаратурой. Отлаженная и отремонтированная аппаратура может эксплуатироваться обученным буровым мастером при строгом соблюдении технологических параметров бурения и правил эксплуатации аппаратуры.

Как показали испытания, при помощи снаряда можно изменить азимут и зенитный угол скважины на небольших интервалах с плавным набором кривизны и наперед заданной интенсивностью про-

страстvenного искривления без потери диаметра скважины. Интенсивность пространственного искривления задается в соответствии с допустимым изгибом буровой колонны диаметром 50 мм или колонны обсадных труб.

Применение снаряда БСНБ не требует использования дополнительного бурового оборудования, специальной подготовки забоя скважины перед применением снаряда и выполнением операций по разбуриванию скважины и ликвидации устула после применения снаряда, который образуется при извлекаемых клиньях.

Конструкция ориентировочного устройства позволяет контролировать положение снаряда в скважине при раскреплении, во время доходки до забоя и в процессе рейса без прекращения циркуляции промывочной жидкости.

В качестве эксплуатационных недостатков снаряда БСНБ отмечены:

- 1) большие осевые нагрузки на буровую колонну при бурении;
- 2) необходимость проворота буровой колонны влево под нагрузкой при освобождении снаряда;
- 3) конструкция дробовой коронки сплошного забоя малоэффективна при бурении крепких пород X—XI категорий по буримости;
- 4) недостаточна защита механизма смещения от проваживания шлама, вследствие чего бывают случаи его заклинивания;
- 5) значительный износ рабочих поверхностей распорных планок при спуско-подъемных операциях в абразивных породах.

Всего было испытано три снаряда БСНБ, три погружных датчика и один наземный пульт управления. За время испытаний снарядами было произведено 59 рейсов, в том числе:

БСНБ №1 — 1 рейс;
БСНБ № 2 — 47 рейсов;
БСНБ № 3 — 11 рейсов.

Из 59 рейсов 10 оказались непродуктивными, так как не дали углубления скважины. Семь рейсов не дали углубления из-за конструктивного несовершенства дробовой коронки сплошного забоя и три рейса — в результате заклинивания контактного груза обрывками ткани и ниток, оказавшихся в глинистом растворе.

В основном использовался БСНБ № 2 с целью определения максимального ресурса рабочего времени. По окончании испытаний все три снаряда пригодны к использованию после их ремонта и доукомплектования недостающими деталями.

За время испытаний погружными датчиками было произведено датчиком № 1 один рейс; датчиком № 2 54 рейса.

Датчик № 3 не использовался, так как его детали были использованы для ремонта датчиков № 1 и № 2 из-за отсутствия запасных частей.

Вследствие некачественного монтажа электрической схемы погружных датчиков они обладали недостаточной виброустойчивостью, что приводило к частому выходу их из строя. По окончании

испытаний датчики № 1 и № 2 были пригодны к дальнейшему использованию.

Фактический ресурс рабочего времени снаряда БСНБ не установлен, так как ни один из трех образцов не износился полностью.

Наиболее быстроизнашивающимися деталями являются сальники упорного подшипника, обойма упорного подшипника, сепаратор упорного подшипника, подшипник сместителя, упорная планка сместителя, распорные планки, сальник вала сигнализатора. Вал шарнира и вал сигнализатора требуют периодической реставрации.

Вследствие некачественного изготовления преждевременно вышли из строя пружины крепления, пружина сместителя и возвратная пружина.

Как показали испытания для нормальной организации работ по искривлению скважины на буровой вышке необходимо иметь три снаряда БСНБ, три погружных датчика, один наземный пульт управления и запасной комплект быстроизнашивающихся деталей.

Результаты испытаний снаряда БСНБ сравнивались с данными работы применяемых в тресте Кривбассгеология для искусственного искривления скважин извлекаемых клиньев и с данными приемочных испытаний шароструйного аппарата ШО-110. Средние затраты дополнительного времени на 1° искусственного пространственного искривления скважины составили:

По извлекаемым клиньям	— 67,7	станко-часа;
• ШО-110	— 65,8	»
• БСНБ	— 14,8	»

Следует отметить, что из четырех скважин, на которых проводились испытания снаряда БСНБ, три скважины отличались очень сложными геолого-техническими условиями, что ухудшило средние технико-экономические показатели работы БСНБ.

В ы в о д ы

1. Проведенные испытания показали, что при помощи БСНБ можно выполнять операции по искусственному искривлению скважины с плавным набором кривизны и с наперед заданной интенсивностью пространственного искривления в неразрушенных породах IX—XI категорий на глубинах до 1200 м при zenithных углах 3—45°.

2. Несмотря на относительную сложность конструкции, ориентирование снаряда в скважине и управление им в процессе бурения может выполняться буровым мастером средней квалификации.

3. Механическая часть снаряда требует дальнейшего усовершенствования в смысле упрощения и повышения надежности отдельных узлов. Электронная аппаратура ориентирующего устройства требует периодического квалифицированного ремонта.

4. Снаряд БСНБ не требует специальной подготовки скважины до его применения и дополнительных операций по разбуриванию

скважины и ликвидации уступа после его применения, который образуется при извлекаемых клиньях.

5. Ориентирующее устройство позволяет контролировать положение снаряда в скважине как при его постановке на забой, так и в процессе рейса без прекращения циркуляции промывочной жидкости и отрыва снаряда от забоя.

6. Техшко-экономические показатели испытания снаряда позволяют перейти к наиболее сложному этапу внедрения снаряда в производство.

О СТЕПЕНИ НАДЕЖНОСТИ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАМЕРОВ СКВАЖИН

Успешность изучения закономерностей искривления скважин в значительной мере зависит от надежности инклинометрических замеров приборами МИР и ИГ-2, нашедших применение на месторождениях.

Для установления степени точности приборов строились совмещенные структурные планы для районов рудоуправлений им. К. Либкнехта и им. Ильича (Кривбасса).

По району рудоуправления им. К. Либкнехта совмещались структурные планы, построенные для поверхностей контактов пород верхней и средней свит и для поверхностей контакт III—IV сланцевых горизонтов со II железистым горизонтом антиклинальной структуры (рис. 23, а). По району рудоуправления им. Ильича (участок Восточно-Ингулецкой синклинали) строился структурный план поверхности контакта пород верхней и средней свит антиклинальной структуры (рис. 23, б). Изолинии на структурных планах проводились через каждые 50 м. Геологические профили на структурных планах по району рудоуправлений им. К. Либкнехта и им. Ильича проведены соответственно по азимутам 110—120° вкrest простирания пород. По этим же азимутам проведены заданные направления бурения скважин.

При сравнении структурных планов обращает на себя внимание различное направление их изолиний. На плане по району рудоуправления им. К. Либкнехта изолинии имеют с глубиной субмеридиональное направление для обеих поверхностей контактов пород, а на плане по району рудоуправлению им. Ильича — широтное. Общим для обоих планов является стремление скважин стать нормально к изолиниям. Отсюда ясно, что направление азимутального искривления скважин Криворожского бассейна, если не определяется в основном, то в сильной степени зависит от направления простирания и углов падения пород с перемежающейся твердостью, то есть от структурных литологических факторов. Однако чаще скважины значительно отклоняются от заданного направления бурения. Аномальные отклонения некоторых скважин были объяснены неточностью инклинометрических измерений осей скважин.

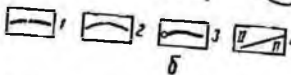
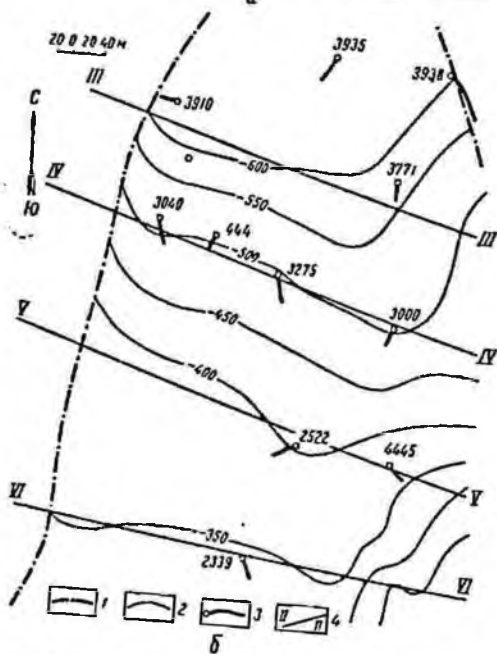
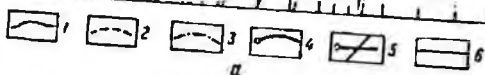
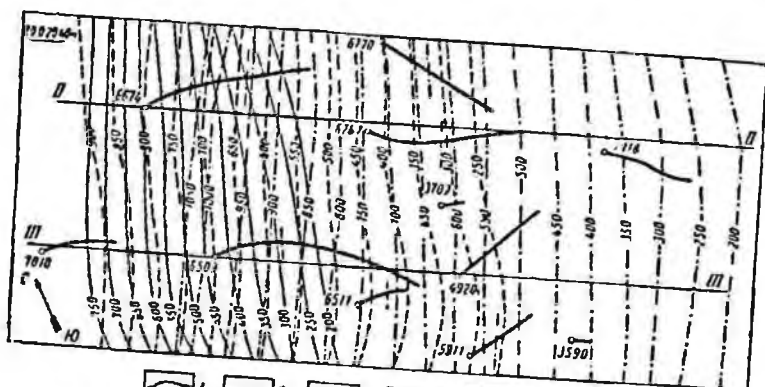


Рис. 23. Структурные плащи горизонтов.

а — структурный план горизонтов по району рудоуправления им. К. Либкнехта: 1 — изолинии поверхности контакта пород верхней свиты K_2^1 ; 2 — изолинии поверхности контакта пород третьего-четвертого сланцевых горизонтов K_2^3-4 ; 3 — изолинии поверхности Саксаганского надвига, со вторым железистым горизонтом K_2^2 ; 4, 5 — горизонтальная проекция скважины в горизонтальной плоскости соответствующих изолиний; 6 — линия геологического профиля; б — структурный план поверхности контакта пород верхней свиты с породами средней свиты по району рудоуправления им. Ильича; 1 — надвиг, 2 — изолинии поверхности контакта пород, 3 — горизонтальная проекция скважины, 4 — линия геологического профиля.

До 1959 г. замеры азимутов скважин производились прибором МИР. Опыт применения этого прибора показал, что он зачастую дает ошибочные результаты измерений, что особенно учащается с глубиной скважин.

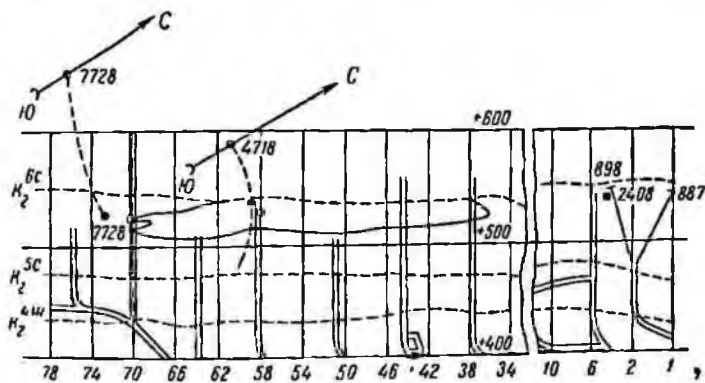


Рис. 24. Инклинометрические кривые.

С 1959 г. для замера азимутального искривления скважин применяется прибор ИГ-2. Для большей убедительности этим прибором проведены контрольные замеры в скважинах, ранее замеренных

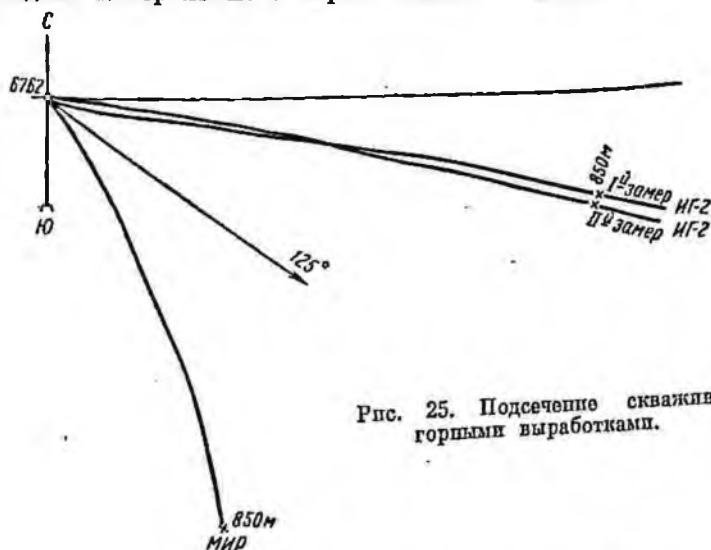


Рис. 25. Подсечение скважин горными выработками.

прибором МИР. По некоторым скважинам замеры производились дважды. В качестве примеров на рис. 24 представлены инклинометрические кривые скважины по приборам ИГ-2 и МИР. Сравнивая инклинометрические кривые по одной и той же скважине, можно

видеть, что по данным измерений прибором ИГ-2 скважины имеют отклонения к северу (влево). Насколько отвечают действительности эти показания прибора ИГ-2 в какой-то мере освещается эксплуатационными горными выработками, подсеченными ранее пробуренные скважины. Глубина подсечения этих скважин находится в пределах 230—570 м. Искривление скважин замерено приборами МИР и ГЭС-Я-1. Здесь в качестве примеров рассматриваются скв. 7728 (рис. 25), подсеченная на горизонте 570 м, и скв. 4718, подсеченная на горизонтах 570 и 640 м. При рассмотрении точек подсечения этих скважин горными выработками видно, что они более отклонены к северу, чем соответствующие точки кривых по прибору.

Таким образом, приведенный анализ показывает, что действительное положение некоторых скважин более отвечает показаниям прибора ИГ-2. Данные по горным выработкам весьма ценны. Они позволяют не только судить об относительной правильности показаний приборов, но и постепенно выработать поправки на их показания. Существенное значение это имеет и для повышения эффективности направленного бурения.

В условиях Криворожского бассейна закономерности естественного искривления скважин не всегда стабильны. Поэтому они не всегда могут быть учтены при бурении скважин. В то же время знание закономерностей естественного искривления значительно повышает эффективность применения технических средств направленного бурения скважин.

СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ В РАБОТЕ КЕРНОМЕТРА КР-2

В практику геологических работ треста Кривбассгеология кернометрия вошла в 1966 г. Она нашла применение при детальной разведке, поисках и съемке. Работы производились при помощи керноскопа К-5 и кернометра КР-2. Данные кернометрии в большинстве случаев подтверждают сложившиеся представления геологов о структурах районов. Таким образом, полезность применения кернометрии в Криворожском бассейне вполне доказана.

Наряду с освоением известных приборов трестом выполнена работа по дальнейшему совершенствованию их технологии применения и созданию новых приборов. Практика использования приборов КР-2 показала, что некоторые из них работают со значительной погрешностью из-за дефектов заводского характера.

В связи с этим был разработан практический метод получения ориентированного керна-эталона для периподической проверки точности работы приборов. Сущность этого метода заключается в том, что на специально изготовленный планшет под углом 75° ставится продольно разрезанная колонковая труба диаметром 108 мм и длиной 1,5 м в направлении определенного азимута бурения. В нижнюю часть трубы вставляют керноскоп и керн с ясновыраженными эле-

ментами слоистости, перенесенными на планшет. После срабатывания керноскопа берут отсчет угла керноскопа. Затем по углу наклона керна, произвольно принятому азимуту бурения и углу керноскопа устанавливают кернометром элементы слоистости керна, которые сравнивают с элементами слоистости, замеренными на планшете.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА КЕРНА ПРИ БУРЕНИИ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН

К эффективным методам повышения выхода керна при бурении пород Криворожского железорудного месторождения относятся:

- 1) применение обратной промывки;
- 2) бурение эжекторными колонковыми приборами.

Обратная промывка осуществляется с помощью превентора. Существует много конструкций для герметизации устья скважины при обратной промывке. Однако ни одна из них не исключает необходимости снятия механизма разворота бурильных труб с устья скважины при бурении. Такой недостаток исключается в превенторе треста Кривбасгеология (рис. 26). Он состоит из хомута 5 с патрубком 4 для пагнетательного шланга. Эта часть превентора служит для его крепления на обсадных трубах. Зазоры между хомутом и обсадными трубами заполняются битумной массой, обеспечивающей герметизацию при давлении 40 кг/см^2 . К хомуту 5 крепится корпус 3, наружный диаметр которого меньше диаметра проходного отверстия механизма разворота. При спуско-подъемных операциях корпус вместе с хомутом остается на обсадных трубах, а верхняя часть превентора, состоящая из гайки — грандбуksы 1 и корпуса сальника 2, снимается вместе с ведущей бурильной трубой.

Применение совершенной конструкции превентора не исключает низкий выход керна при бурении глубоких скважин. При бурении на больших глубинах усложняется технология бурения. Основным осложнением является необходимость выстойки снаряда в скважине по окончании рейса бурения до полной заклинивания керна в течение

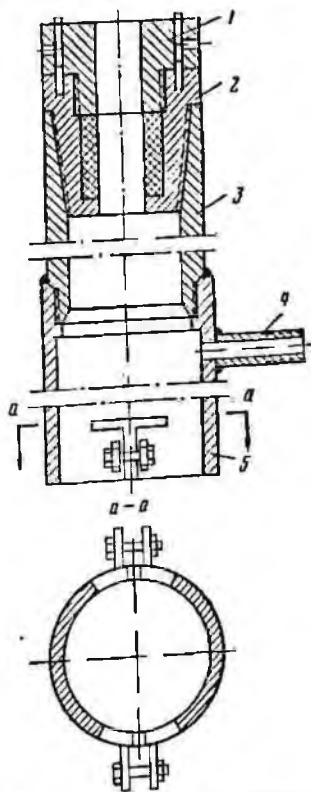


Рис. 26. Превентор для обратной промывки.

длительного времени. За это время при отключенном насосе буровой снаряд прилипает к стенкам скважины и прихватывается. В связи с этим глубокие скважины с плохим выходом керна имеют свою специфику бурения на обратной промывке. Ниже описывается опыт бурения двух скважин с учетом этой специфики.

При проходке скважины по гематито-мартитовым трещиноватым роговикам X—XI категории и мартитовой руде VIII—IX категории было пробурено 48,1 м в интервале 864,5—912,7 м со средней механической скоростью 0,135 м/ч (табл. 31). Бурение производилось станком ЗИФ-1200А на второй скорости диаметром коронки 110 мм при осевом усилии на забой 600 кг. В качестве промывочной жидкости использовался глинистый раствор, обработанный реагентом УЩР. Количество раствора менялось от 60 л/мин в начале рейса до 35 л/мин в конце. Циркуляция промывочной жидкости — прямая. Питание забоя стальной дробью-сечкой периодическое. Общий расход дроби за рейс в среднем 6 кг. Дробь-сечка диаметром 3 мм заводского изготовления. На данном режиме выход керна составил всего 5,1 м, т. е. 10,7% от 48,1 м.

В связи с таким низким выходом керна интервал был пробурен вторично. Основным изменением в технологии бурения явился переход на обратную промывку специальным раствором.

Для предотвращения прилипания бурильного снаряда к скважине при отключении насоса и остановке вращения инструмента с целью заклипки керна применялся глинистый раствор, обработанный кондиспропанной сульфит-спиртовой бардой (КССБ).

С применением глинистого раствора с КССБ отлагаемая при фильтрации на стенках скважины глинистая корка приобрела значительную плотность только в нижних слоях, ближе к стенке скважины, а в верхних слоях (больших по толщине части корки) осталась рыхлой. Благодаря этому, напряжение сдвига корки в несколько раз уменьшилось. Это свойство корки очень эффективно снижает прилипание бурового снаряда во время «выстойки», которая продолжается от 1,5 до 2 ч при бурении глубоких скважин. Предлагается добавлять в глинистый раствор 4% КССБ. При этом параметры раствора получаются следующие: удельный вес 1,1 г/см³, вязкость 18 сек, водоотдача 7 см³, содержание песка до 3,0%, суточный отстой меньше 1%. Срок службы раствора без замены в шесть раз выше, чем у раствора, обработанного только УЩР. Режим бурения второго ствола скв. 12000 был таким, как и при бурении первого ствола, за некоторым исключением.

В качестве истирающего материала использовали стальную дробь-сечку, обработанную токами высокой частоты. Благодаря повышению качества дроби, рейсовая порция засыпки дроби уменьшается в полтора раза, а следовательно, уменьшается разрушение керна дробью.

Для большей надежности заклипки керна использовались двух-прорезные коронки длиной 250 мм. Угол внутренней конусной расточки этих коронок равен 2,5°. Для меньшего истирания наружная

Показатели	Слав. 12000		Слав. 10775	
	первый ствол	второй ствол	первый ствол	второй ствол
Интервал бурения, м	864,5—912,7	870,7—937,35	1270,8—1323,0	1185,9—1234,2
Объем бурения, м	48,1	66,7	52,25	48,35
Выход зерна:				
м	5,1	55,2	12,15	38,25
%	10,7	83,0	24,2	79,2
Средняя механическая скорость, м/ч	0,135	0,193	0,125	0,174
Породы	Роговики гематито-мартиновые трещиноватые, руда X—XI категории	Роговики гематито-мартиновые трещиноватые, руда X—XI категории	Роговики гидроематито-мартиновые, X—XI категории, руда мартиновая VIII категории	
Режим бурения:				
осевое усилие, кг	600	600	600	600
скорость вращения шпинделя станка, об/мин	128	128	128	128
промывочная жидкость	Раствор с УШР	Раствор с КССБ	Вода	Раствор с КССБ
количество промывочной жидкости, л/мин	60—35	75—45	60—35	75—45
расход дробил за рейс, кг	6	4	5	3
диаметр бурения, мм	110	110	110	110
продолжительность выстойки, ч	—	1,5—2,0	—	1,5—2,0
вид промывки	Прямая	Обратная	Прямая	Обратная

поверхность коронки имеет высокочастотную закалку. Толщина закалочного слоя не должна превышать 3 мм. Коронки готовятся с толщиной стенки у торца 16 мм из отработанных секций утилизированных труб. Всего на обратной промывке по второму стволу пробурено 66,7 м, выход керна составил 55,2 м, т. е. 83%.

Аналогичные результаты были получены и при проходке скв. 10775 Октябрьской ГРЭ. При бурении первого ствола по гидротравматическим маргитовым роговикам X—XI категории и маргитовой руде VIII категории на прямой промывке водой в интервале 1271—1323 м всего пробурено 52 м. Выход керна при этом составил 12,1 м, то есть всего 24,2%. Режим бурения был таким же, как и при проходке скв. 12000.

Из-за низкого процента выхода керна по первому стволу скв. 10775, было принято решение пробурить второй ствол этой скважины, но с учетом новой технологии. Воду заменили глинистым раствором, обработанным реагентом КССБ, а прямую промывку — обратной. В качестве истирающего материала применили стальную дробь-сетку, обработанную токани высокой частоты.

Средний расход дроби на рейс составил 3 кг, а при бурении дробью, но обработанной ТВЧ, — 5 кг. Общая проходка по второму стволу составила 48 м, из них выход керна равен 38 м, т. е. 79%.

Таким образом, произведенный опыт бурения глубоких скважин показал, что применение глинистого раствора, обработанного реагентом КССБ, в качестве промывочной жидкости при обратной промывке в комплексе с другими мероприятиями по технологии бурения дает возможность повысить процент выхода керна с 10 до 80%, что в свою очередь повышает достоверность и качество геологических результатов.

Однако полезность обратной промывки не исчерпывается ее применением с целью повышения выхода керна. В последнее время обратную промывку применяют при добуривании глубоких сильно вышоложенных скважин в крепких породах. Бурение таких скважин дробью с прямой промывкой идет на низкой механической скорости и сопровождается при подъеме затяжками снаряда скопившейся дробию. При обратной промывке дробь лучше поступает на забой скважины. В конце рейса бурения значительная часть неотработанной дроби и шлама забирается вместе с керном, что улучшает работу бурового снаряда.

Вторым способом повышения выхода керна является применение векторных колонковых снарядов. Начало его применения объясняется тем, что при бурении глубоких скважин, имеющих катастрофическое поглощение промывочной жидкости, обратная промывка не применяется. В тресте применяются снаряды типа ЭКС в исполнении КазНИСа, успешно конкурирующие с обратной промывкой. Принципиальных изменений в процессе эксплуатации эти снаряды не претерпели. Конструктивно же изменения были внесены с целью улучшения работы снаряда при дробовом бурении. Основным изменением является увеличение межколонкового кольцевого за-

вора с целью обеспечения лучшей проходимости дроби при периодической подсыпке. Результаты применения снаряда ЭКС-110 показаны в табл. 32.

Из табл. 32 видно, что во всех случаях при бурении ЭКС-110 наблюдается значительное повышение выхода керна. Однако

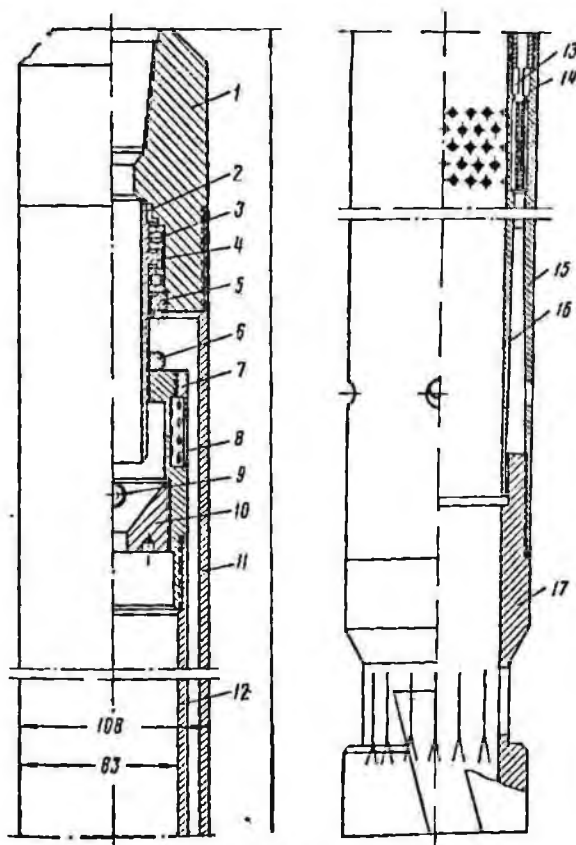


Рис. 27. Эжекторный колочковый снаряд.

1 — переходник; 2 — уплотнительное кольцо; 3 — упорный шариковый подшипник; 4 — подвеска; 5 — гайка; 6 — контргайка; 7 — фильтр; 8 — переходник; 9 — шарик; 10 — гнезда шарика; 11, 15 — труба наружная; 12, 16 — труба внутренняя; 13, 14 — кольцо; 17 — коронка дробовая.

снаряд имеет и свои недостатки. К основным из них относится неудачно решенный способ перекрытия трубы для предотвращения выпадания керна путем паучкового устройства.

На базе этого снаряда разработана другая конструкция снаряда. Разработанный снаряд имеет несколько принципиальных отличий (рис. 27).

Тип скважины	Интервал бурения, м	Промы- шленного бурения, %	Про- ходна, м	Выход керна		Механиче- ская скорость бурения, м/ч	Категория по глубине по буримости
				м	%		
Скв. 12223	1235,55—13087,27	58	13,5	2,4	47,7	0,23	IX—XI
	1243,72—1245,99	7	2,27	0,2	0,9	0,33	IX
	1247,26—1279,54	47	14,0	5,5	39,0	0,30	VIII
	1263,40—1306,73	57	34,0	26,5	78,0	0,60	VIII—IX
Скв. 12776	650,8—870,49	88	24,0	4,5	18,7	0,28	IX—XI
	659,53—843,46	31,3	5,0	2,5	50	0,16	IX—X
	783,23—817,74	15,3	2,07	1,12	38	0,19	IX
	883,36—919,92	762	210,0	131,0	62	0,28	IX—XI
	701,17—882,29	81	22,0	14,0	64	0,27	IX—X

1. Сопло 13, 14 эжекторного насоса вмонтировано в кольцевое пространство трубы 11, 12, 15, 16. Это избавляет от громоздкой надстройки в виде эжектора над внутренней колонковой трубой. Как следствие, появляется возможность увеличения полезного объема внутренней колонковой трубы, приближения насоса к забой, т. е. лучшего использования его ресурса. Подача жидкости к соплу осуществляется через сетку внутренней колонковой трубы.

2. Шарик внутренней колонковой трубы перенесен в переходник 1.

3. Обеспечено прохождение дробин по центральному каналу с помощью шарикового клапана 9. В процессе бурения шариковый клапан прижимается потоком промывочной жидкости к гнезду 10 и перекрывает вход во внутреннюю колонковую трубу. Промывочная жидкость при этом направляется к эжектору, фильтруясь сеткой 7. Во время остановки промывочного насоса резиновый шарик занимает положение как на рис. 26, обеспечивая свободный проход во внутреннюю колонковую трубу.

4. Дробовая коронка 17 имеет наружную кольцевую выточку и щели по образующим выточки. Благодаря такому устройству, коронка совмещает функции породоразрушающего наконечника и пачучового устройства для перекрытия входа снаряда. Освобождающиеся в конце рейса лепестки коронки подгибаются и закрывают вход снаряда.

На примере этого снаряда показано, что пути усовершенствования эжекторных снарядов еще существуют и их необходимо использовать с целью дальнейшего повышения эффективности технических средств повышения выхода зерна.

СКВАЖИНЫ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Для освещения вопроса о возможности бурения глубоких скважин малых диаметров дробовыми коронками необходимо было установить зависимость скорости бурения от диаметра бурения, как одного из основных факторов, определяющих целесообразность бурения коронками малых диаметров, сравнить скорости бурения скважин разных диаметров породоразрушающих наконечников по разным толщам.

При этом рассчитанные рейсовые и механические скорости выражались соответственно в эквивалент-метрах (рейс и эквивалент-м/ч), так как только такое их выражение является пригодным для возможности сравнения скоростей по одной и той же толще пород различной крепости. Определение скоростей бурения по разным толщам пород коронками разных диаметров производилось следующим образом:

- а) вся пробуренная скважина разбивалась по толщам пород, диаметрам бурения и по категориям буримости;
- б) пробуренный интервал по каждой толще определенным диаметром бурения пересчитывался в эквивалент-метры;

в) определялось количество рейсов, затраченных на бурение данной толщи каждым диаметром;

г) суммированием эквивалент-метров для каждого диаметра скважины по одинаковым толщам определялось общее количество эквивалент-метров по данной толще;

д) суммировать общее количество рейсов, затраченных на бурение по данной толще разными скважинами одним и тем же диаметром;

е) определялась рейсовая скорость, выраженная в эквивалент-метрах для каждого диаметра бурения по разным толщам пород путем деления общего количества эквивалент-метров на общее количество рейсов, затраченных на перебуривание данной толщи.

По этой методике были проведены подсчеты по 300 скважинам.

Исходя из технико-экономических показателей ГРП, для скважины диаметром 91 мм подсчитывалось время чистого бурения за месяц и количество эквивалент-метров, выполненное за месяц при бурении данного интервала. Суммированием определялось общее время чистого бурения по всем партиям для данного диаметра и общее количество эквивалент-метров, выработанное непосредственно при бурении этим же диаметром. Путем деления общего числа эквивалент-метров на общее время чистого бурения определялась механическая скорость бурения скважины диаметром 91 мм, выраженная в эквивалент-метрах. Такой же подсчет был произведен для диаметра 110, 130 и 150 мм. Количество данных при подсчете было одинаковое для скважин всех диаметров. После проведенного подсчета по описанной методике были получены следующие скорости:

Таблица 33

Диаметр колонны, мм	Механическая скорость, экв-м/ч	Диаметр бурения, мм	Пробурено, м	Количество рейсов	Рейсовая скорость, экв-м/рейс
150	0,242	91	3469,90	4930	1,09
130	0,246	110	11998,82	14179	1,34
110	0,244	130	12603,62	9316	1,33
91	0,242	150	1467,59	1115	1,22

Рейсовые скорости бурения приведены в табл. 33.

Как видно из расчетов, в большинстве случаев разница в соответствующих скоростях бурения скважины разных диаметров оказалась незначительной.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЕМ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЧЕВИНОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ

Бурение разведочных скважин на Криворожском железорудном месторождении производится в крепких железистых породах и рудах, зачастую вызывающих поглощение промывочной жидкости.

Зоны поглощения представлены отдельными крупными трещинами и системой трещин. Поглощение может быть частичным или полным. Существующие средства борьбы остаются малоэффективными при ликвидации зон полного поглощения и применяются лишь потому,

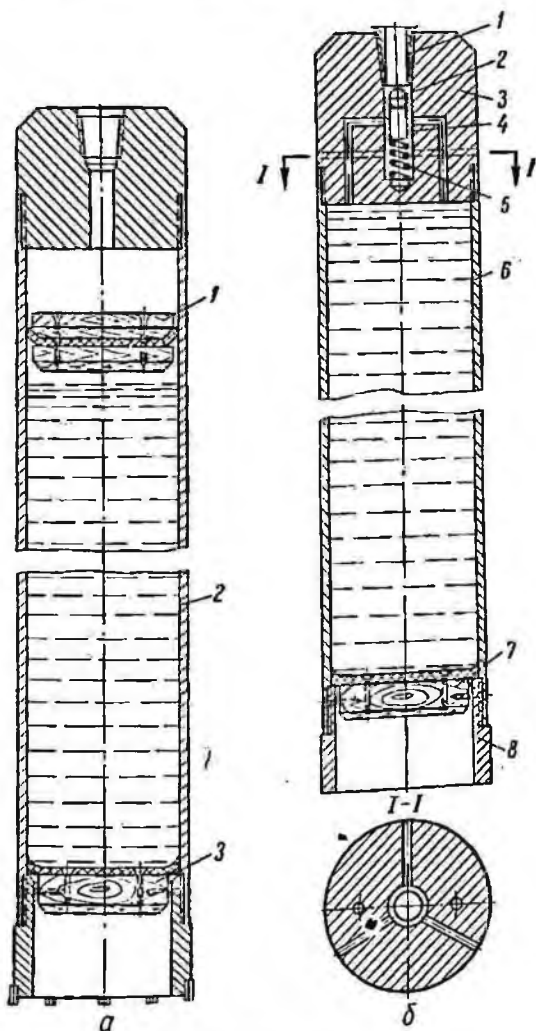


Рис. 28. Тампоажные спаряды.

что нет более надежных средств. Кроме того, характеристики возникающих зон поглощения устанавливаются весьма ориентировочно и в связи с этим технические средства и материалы применяются не по назначению. Лишь после их затраты выясняется, что данный вид поглощения существующими средствами ликвидировать нельзя.

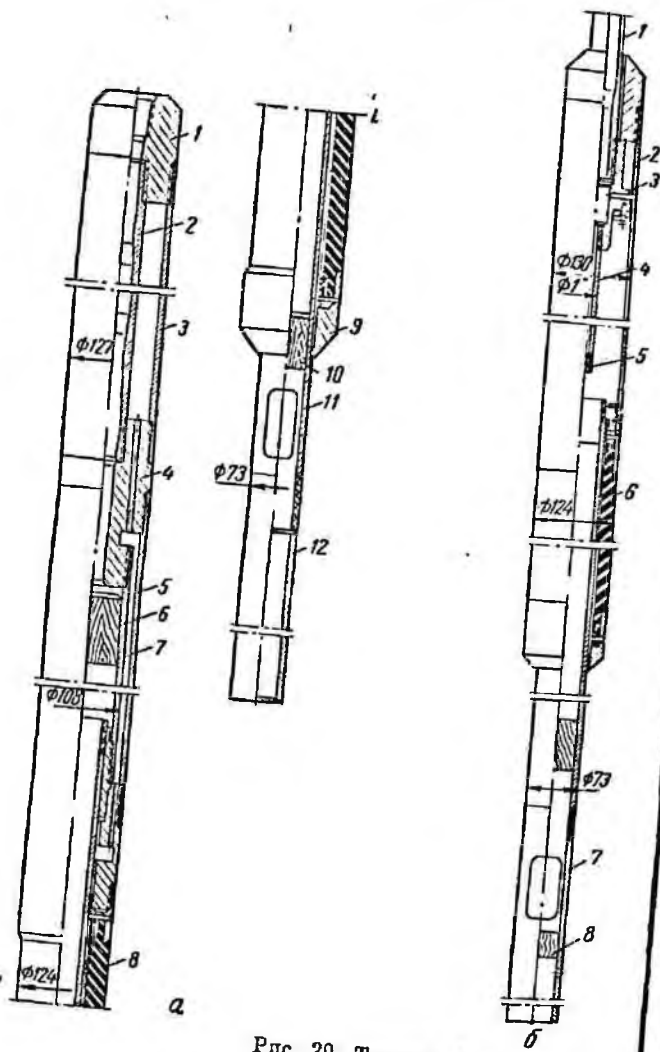
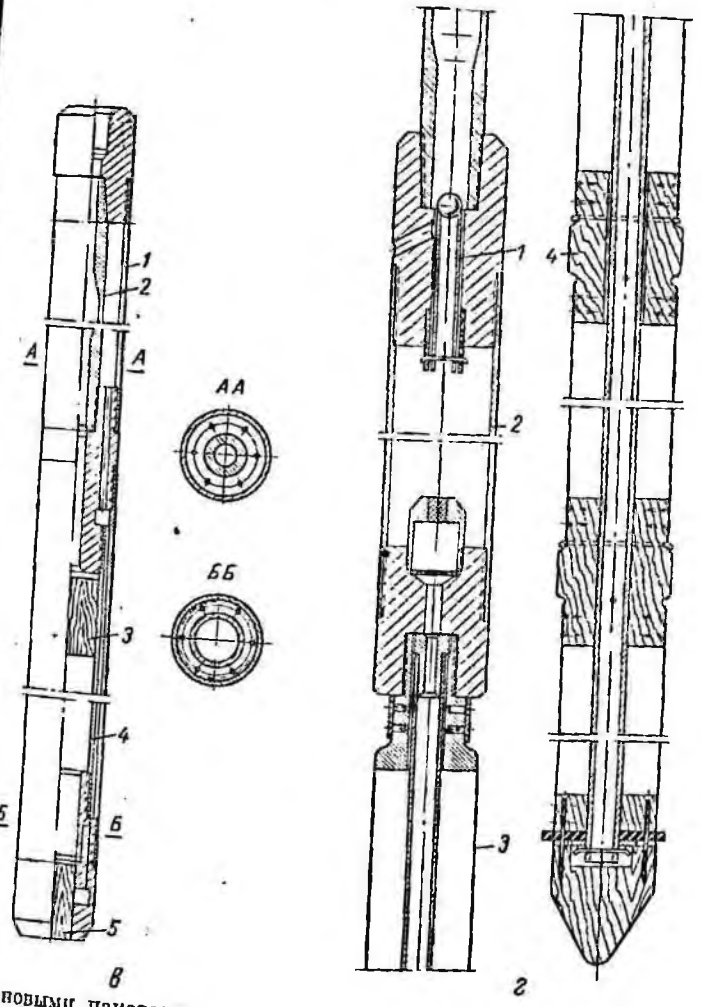


Рис. 29. Тампонажные снаряды

Это в значительной мере происходит из-за отсутствия надежных методов и средств определения параметров зон поглощения. Наиболее широкое применение для ликвидации поглощения имеют тампонажные смеси типа БСС с наполнителями. Однако такие смеси дают результат только в зонах частичного поглощения и малоэффективны при полном уходе промывочной жидкости. Основываясь на опыте работы Московской НИИ ГУЦР, были проведены работы по ликвидации полных поглощений смесью из синтетической смолы марки МФ-17, щавелевой кислоты и наполни-



с resinовыми пакерами.

Работа состояла из проверки эффективности существующей методики и техники ликвидации поглощений смесью и дальнейшего совершенствования способа применения смеси. В ходе работ установлена приемлемость предложенных Московской НИИ рецептов приготовления смеси. Однако технические средства доставки были изготовлены с учетом применения в имеющихся геолого-технических условиях. Разработанные варианты тампонажных снарядов показаны на рис. 28 и 29.

Наиболее простая конструкция тампонажного снаряда (рис. 28, а) состоит из колонковой трубы 2 и двух пробок — верхней 1 и нижней 3.

Тампонажная смесь выдавливается из колонковой трубы верхней пробкой, запинаящей после освобождения снаряда от смеси положение нижней пробки. Момент полного срабатывания снаряда фиксируется резким повышением давления в напорной магистрали промывочного насоса. Это служит сигналом к прекращению подачи промывочной жидкости.

Указанная отличительная особенность снаряда исключает необходимость учета в процессе срабатывания снаряда подобного типа статического уровня воды в скважине. Дальнейшие работы по ликвидации зон поглощения привели к разработке тампонажного снаряда, представленного на рис. 28, б. Необходимость новой конструкции была вызвана поведением тампонажной смеси при твердении, а именно: сокращением ее объема с выделением воды. Свойство синтетической смолы сокращаться в объеме определяет характер связи между затвердевшей смолой и стенками скважины. Наблюдения контактов тампонажной смеси с породой в шпурах, пробуренных на поверхности, показывают, что смесь после твердения отслаивается от породы. Это обстоятельство, без сомнения, снижает качество тампонажных работ из-за возможности быстрого разрушения отслоенной корки, образованной без задавливания смеси в трещины. Более эффективным в таком случае является выдавливание тампонажной смеси из снаряда цементным раствором. Это позволяет, во-первых, подавать в зону поглощения тампонажный раствор, а не воду и, во-вторых, создавать давление на выдавленную смесь тяжестью столба цементного раствора. Давление столба цементного раствора способствует лучшему проникновению смеси в трещины и созданию более крепкого тампонажного слоя у стенок скважины.

Составными частями снаряда являются переходник 3, золотник 4, соединяющий при выдавливании смеси полости бурильных труб 1 и снаряда, пружина 5, колонковая труба 6, деревянная пробка 7, башмак 8, шарик 2 (бросается перед закачиванием цемента).

Учитывая, что задавливание тампонажной смеси может осуществляться не только цементом, но и другим путем, в частности, гидравлическим или механическим, были разработаны тампонажные снаряды с резиновыми пакерами.

Отличительной особенностью снарядов этих конструкций является наличие резервуара для дополнительной дозы отвердителя, выдавливаемой одновременно с тампонажной смесью в зоне поглощения. На рис. 29, а показан снаряд, в котором смесь в зону поглощения задавливается гидравлическим путем с помощью промывочного насоса или цементировочного агрегата (водой или цементным раствором). Снаряд состоит из четырех частей: опорных труб 11, 12, резинового пакера 8 с элементами крепления резервуара для тампонажной смеси (наружной 5 и внутренней 6 колонковых труб, переходника 4, деревянных пробок 7, 10), резервуара для отвердителя (переходников 1, 4, наружной 3 и внутренней 2 труб).

Резиновый пакер крепится в нижней части к гнезду 9, приваренному к трубе 11. Верхняя часть снаряда (резервуар для смеси)

при усилии подачи перемещается в осевом направлении относительно опорных труб 11, 12 и гнезда 9, находящихся на забое (или опорной пробке) скважины. Длина опорных труб зависит от интервала зоны поглощения.

Благодаря такому устройству пакер 8, при соответствующем усилии подачи сжимается и изолирует зону поглощения от остальной части скважины. После спуска снаряда в зону поглощения смесь и дополнительная доза отвердителя выдавливается ниже пакера через окна опорных труб.

Снаряд с таким устройством применяется в скважинах глубиной 1000—1200 м. При работе в более глубоких скважинах наблюдаются значительные потери напора промывочного насоса и эффективность срабатывания снаряда уменьшается. Учитывая это, для борьбы с поглощением в более глубоких скважинах был разработан снаряд механического действия (рис. 29, б).

Принцип работы этого снаряда остается прежним. Тампонажная смесь выдавливается поршнем из трубы 2 при осевом усилии буряльных труб 1. Резервуар для отвердителя находится в опорной трубе 7. Выдавливание кислоты осуществляется полым патрубком 4 при пажатии пробки 8 в конце хода поршня. После срабатывания снаряда через буряльные трубы подается цементный раствор, при этом выдавливается пробка 5 и цементный раствор поступает в зону поглощения ниже пакера 6.

В исходном положении поршень снаряда закреплен шплинтом 3, срезающимся при рабочем ходе поршня, соединенного с буряльной колонной. Выход смеси из резервуара перекрывается пробкой 8.

Упрощенным вариантом тампонажного снаряда, изображенного на рисунке 29, а является снаряд, показанный на рисунке 29, в. Отличительной особенностью такого снаряда является отсутствие пакера. Он состоит из резервуаров для смеси (труба 4) и отвердителя (трубы 1, 2).

Резервуар для смеси имеет две пробки 3, 5. Принцип работы резервуара для смеси не отличается от работы снаряда, изображенного на рисунке 28, а. Отвердитель через соответствующие каналы одновременно со смесью выдавливается в зону поглощения на выходе снаряда. При отсутствии пробки 3 выдавливание смеси из резервуара может производиться цементным раствором.

Резервуар для смеси этого снаряда ограничен. В случае необходимости увеличения объема разовой доставки тампонажной смеси, может быть использован снаряд, изображенный на рисунке 29, г. Резервуар 3 для смеси этого снаряда состоит из эластичного материала, закрепленного поперечно на деревянных держателях 4. Снаряд имеет резервуар 2 для отвердителя и золотниковый механизм 1 для закачивания цементного раствора.

В зоне поглощения секции резервуара для смеси разрушаются с одновременным выдавливанием отвердителя цементным раствором и накоплением последнего после срабатывания золотника, выше тампонажной смеси.

Успешное применение рассмотренных технических средств сопряжено с совершенствованием методики работ, которая имеет следующие особенности.

1. Определение времени затвердения тампонажной смеси в скважине с помощью контрольных проб этой смеси на поверхности. Суть этого положения заключается в том, что из приготовленной смеси отбирается проба объемом 0,5 л, которая помещается в резервуар с водой, имеющей температуру воды в зоне поглощения. После этого снаряд со смесью опускается в скважину. Выдавливание смеси из снаряда производится только в момент начала твердения пробы смеси на поверхности. Такое совмещение в работе позволяет предотвратить преждевременное выдавливание смеси из снаряда или опоздание с этой операцией. Это позволяет также сократить время на контроль, обычно затрачиваемое при самостоятельном изготовлении пробы и избежать возможной ошибки при перенесении данных по затвердению такой пробы на рабочую смесь.

2. Применение добавочных объемов отвердителя, сокращающих время затвердения смеси в скважине.

3. Применение дешевого и эффективного кордно-резного наполнителя, изготовленного из автопокрышек в условиях ГРП. Изготовление такого наполнителя осуществляется специальным станком (рис. 30).

Резание автопокрышек осуществляется барабаном 1, оснащенным победитовыми резаками, расположенными в шахматном порядке.

Движение автопокрышки к резу осуществляется барабаном 2, приводимым во вращение мотором 3 через редуктор 4.

4. Определение характера поглощений вертушкой или методом резистивиметрии. Результаты такого определения в большинстве случаев являются ориентировочными.

5. Применение цементных растворов для задавливания смеси в трещины зоны поглощения.

Используя разработанные технические средства при соблюдении этих особенностей методики были получены следующие результаты.

Борьба с поглощением производилась при бурении глубоких скв. 12200, 12934, 13441, 12964 и др.

Зоны поглощения этих скважин находились на глубине 240—1250 м. Интервалы зон поглощений были в пределах 2—20 м. Температура воды на глубине 250—1250 м равнялась соответственно 10,4 и 21°. Статические уровни воды в скважинах находились на глубине 100—350 м.

Все скважины имели полное поглощение промывочной жидкости.

В зависимости от получаемых результатов применяли ту или иную разновидность сварядов. В ходе работ по ликвидации поглощений было установлено следующее.

1. Суммарные расходы синтетической смолы по скважинам находились в пределах 70—1500 кг. Дополнительные расходы цемента составляли 1000—15 000 кг. Получаемые конечные результаты не определялись количеством затраченного тампонажного материала.

Так, на скв. 12934 и 12964 было полное поглощение промывочной жидкости. На ликвидацию поглощения в первой скважине было затрачено 70 кг смеси и 1600 кг цемента, на вторую скважину было

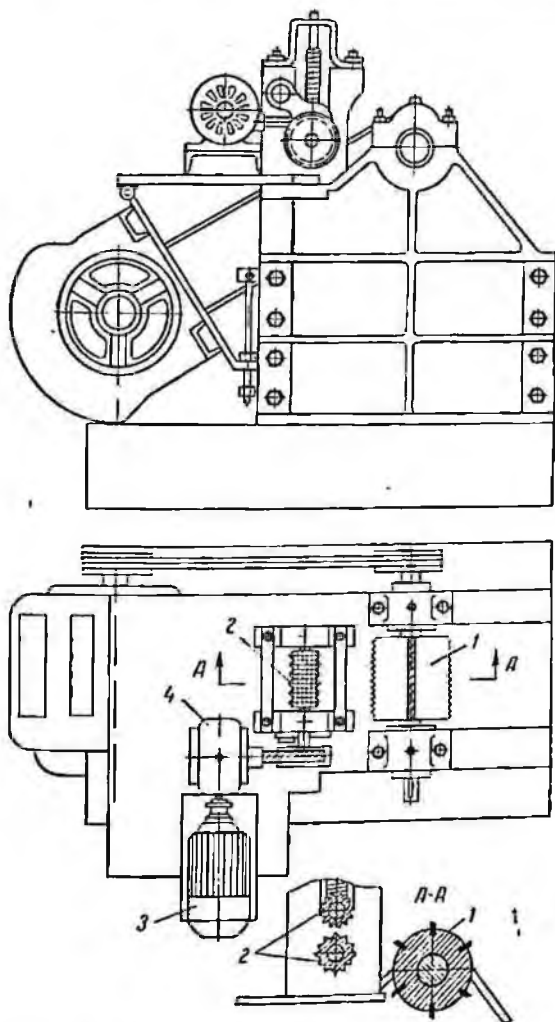


Рис. 30. Станок для приготовления кордио-резинового наполнителя.

затрачено 1500 кг смеси и 10 т цемента, однако поглощение в этой скважине не ликвидировано. Это говорит о необходимости дальнейшего изучения зон поглощения и совершенствования аппаратуры, предназначенной для этой цели.

2. Проведение термокаротажа показывает резкое колебание температур в одинаковых интервалах в близрасположенных скважинах (табл. 34). Поэтому необходимо в зонах поглощения каждой скважины измерять температуру. Возможно, в дальнейшем, при накопленном опыте использования дополнительных доз отвердителя в тампонажных снарядах, такая необходимость отпадет и в качестве исходных температур будут приниматься средние по участку.

Таблица 34

№ скважины	Температура (°С) в скважинах по глубинам					
	300	500	700	900	1100	1300
12440	16,30	17,60	18,9	20,4	21,6	22,4
10100	13,05	14,20	16,0	16,1	16,5	17,2
11660	13,50	13,55	13,7	14,0	14,4	15,0

3. Выдавливание смеси на глубине 1000—1250 м с помощью бурльной колонны диаметром 50 мм и насосов 9Гр и 11ГрБ при наличии сифонов в скважинах происходит при давлении ниже 40 кг/см².

4. Применяемые тампонажные смеси не исключают возможность схода бурового снаряда в сторону при их разбуривании в скважине. Случаи схода наблюдались на двух скважинах в породах VII—VIII категории по бурности.

5. Наблюдения показывают, что тампонажная смесь не сохраняет своей однородности до затвердения, а расслаивается при всплытии наполнителя. При извлечении керна смеси из скважины верхние его интервалы имеют большой процент наполнителя.

6. Некоторые результаты тампонажирования являются временными, что, по-видимому, говорит о малом сроке службы смеси (в виде тонкого слоя у стенок скважины).

7. Применение смеси усложняется в ненормальных скважинах. Так, например, положительные результаты тампонажирования трещины в затрубном пространстве скв. 12200 были ликвидированы в течение 1 ч работы бурльной колонны.

8. При разбуривании смеси в зоне поглощения возможно разрушение тампонажного слоя у стенок (особенно в скважинах с неразработанными стенками), из-за несовершенного метода разбуривания смеси твердыми сплавами. Буровой снаряд работает при большом боковом сопротивлении смеси.

9. Прочный контакт между породой и смесью, а также между цементом и смесью отсутствует, об этом свидетельствуют поднятые образцы керна.

10. В зоне интенсивного поглощения наблюдается размыв смеси, что подтверждает кавернозность поднятого керна.

11. Установлено, что смесь заполняет зону поглощения при значительно меньших объемных расходах, чем цементный раствор,

однако это не исключает отрицательного результата после разбуривания смеси. Повторные доставки смеси могут приводить к тем же результатам. Такая ситуация сложилась на скв. 12964, где было сделано около 20 последовательных доставок смеси с предварительным разбуриванием смеси предшествующих доставок. Последующее применение цементного раствора (после разбуривания смеси) этих добавок для ликвидации поглощения в этой скважине не дало результатов. При этом израсходованные 5 т цемента заняли интервал в скважине равный 3 м, в то время как такой же интервал занимали 140 л смолы.

12. Выполненный комплекс работ, включающий доставку смеси с дополнительной дозой отвердителя в зону поглощения и последующее задавливание ее цементным раствором, позволяет ожидать весьма обнадеживающих результатов при использовании тампонажных снарядов с механическим и гидравлическим задавливанием смеси.

В ы в о д ы

1. Разработаны новые технические средства доставки и задавливания тампонажной смеси в зоны поглощения.
2. Улучшена методика работы, позволяющая контролировать момент выдавливания тампонажной смеси в зону поглощения.
3. В результате применения технических средств получен ряд новых наблюдений и даны рекомендации, позволяющие улучшить данный комплекс работ.

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ — ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

В основе роста производительности труда лежит научно-технический прогресс и совершенствование организации производства труда и управления.

Научная организация труда устанавливает благоприятное сочетание труда рабочего с полным использованием механизмов. Это позволяет максимально повышать производительность труда, т. е. выпускать больше продукции за единицу времени. Для бурового персонала — это максимальная скорость бурения скважин и получение качественных геологических материалов в минимальные сроки.

Научная организация труда (НОТ) имеет в виду хорошо организованное производство работ, установленное в данной геологоразведочной партии. С применением НОТ улучшается достигнутый уровень производства. Там, где производство еще не стоит на высоком уровне, задачи НОТ имеют в виду устранение встречающихся повседневных недостатков в организации производства.

Организация труда понимается как совокупность мероприятий, направленных на наиболее четкое и целесообразное использование

рабочей силы при существующем техническом оснащении и разработанной технологии бурового процесса.

В геологоразведочном производстве уровень организации труда определяется балансом рабочего времени и главным образом наличием в нем простойго времени. К этому же относится выполнение норм выработки сменной бригадой.

Научная организация труда имеет в виду *совершенствование* существующего уровня производства и организации труда. При научной организации труда предусматривается постоянно проводить технические, организационные, экономические мероприятия, изучать физиологические факторы и предусматривать внедрение в производство новых достижений техники и передового опыта производства.

Основными задачами НОТ являются:

- 1) экономия живого труда (рабочего времени) работника в целях сокращения затрат труда на производство продукции;
- 2) создание условий, способствующих совершенствованию труда работника.

Переходом к научной организации труда прежде всего является устранение существующих недостатков в организации труда в бурении, которые в некоторой мере являются следствием неудовлетворительной работы буровых бригад от независящих от них причин.

Таковыми недостатками являются:

- 1) неудовлетворительная подготовка буровых вышек и рабочего места буровой бригады;
- 2) недостатки в организации бурового процесса и спуско-подъемных операций;
- 3) слабая квалификация рабочих и нарушение разработанной технологии бурения;
- 4) низкая культура производства;
- 5) плохое качество бурового и вспомогательного инструмента;
- 6) отсутствие четкости в снабжении материалами и глинистым раствором;
- 7) плохая организация связи и диспетчерской службы.

Научная организация труда и производства решает основную задачу — обеспечение роста производительности труда в результате внедрения комплекса научно обоснованных мероприятий, базирующихся на достижениях практики и передового опыта. При этом рост производительности труда достигается такими методами, которые исключают превышение научно обоснованных норм интенсивности труда.

В планах НОТ предусматривается совершенствование нормирования труда, внедрение последних достижений науки и техники, экономное использование материальных ресурсов, повышение квалификации работающих, коммунистическое отношение к труду, создание необходимых психофизиологических, санитарно-гигиенических, эстетических и безопасных условий работы.

План НОТ представляет собой ряд документов, включающих в себя таблицы достигнутых технико-экономических показателей, анализ главных факторов организации работ и условий труда, мероприятий, направленных на дальнейшее совершенствование труда и производства, основанных на производственной целесообразности и экономической эффективности их внедрения.

Составляемые партиями и экспедициями планы организационно-технических мероприятий, разработанные на основе научно-инженерного анализа, должны быть составной частью планов НОТ.

При разработке и внедрении планов НОТ необходимо учитывать достигнутые результаты исследований в области организации труда, а также эффект от экспериментального внедрения мероприятий в предложениях. При этом следует избегать введения в планы таких элементов, возможность внедрения которых нереальна.

Работа по научной организации труда — это постоянная функция управления, поэтому ею должны заниматься прежде всего руководящие инженерно-технические работники геологических организаций. К разработке планов НОТ следует привлекать квалифицированных специалистов и передовых рабочих.

Большая роль в составлении планов НОТ и их осуществлении отводится рационализаторам и новаторам производства, ударникам коммунистического труда, участникам различных общественных бюро.

В геологических партиях и экспедициях разработку и внедрение планов НОТ на рабочих местах и участках рационально проводить в четыре этапа.

Первый этап — организация творческих бригад, выбор рабочих мест и составление программы работы.

Для составления планов НОТ в геологических организациях создаются творческие бригады, работающие под общим руководством главного инженера, а на участках и рабочих местах — под руководством начальника участка.

В зависимости от характера работ в творческие бригады включаются геологи, геофизики, технологи, старшие мастера, экономисты и нормировщики, механики, передовые рабочие и специалисты других квалификаций.

Прежде чем приступить к разработке планов НОТ, творческая бригада проводит анализ состояния организации труда и производства на рабочих местах.

В результате анализа должны быть, прежде всего, выявлены причины, сдерживающие повышение производительности труда, отдельные буровые бригады, имеющие значительные потери рабочего времени по каким-либо причинам, горнопроходческие бригады, имеющие низкую производительность из-за применения в основном ручного труда, геофизические отряды и буровые бригады, работающие с низкой отдачей при имеющемся оборудовании и аппаратуре.

Разработка планов НОТ должна быть начата с мероприятий по ликвидации таких причин и затем постепенно охватывать все участки работ.

После определения рабочих мест и участков, для которых будут разрабатываться планы НОТ, составляют программу работы творческой бригады. В программе должно быть предусмотрено: проведение обследований и наблюдений, сбор статистических данных о работе того или иного участка, изучение опыта лучших рабочих, бригад и организаций, составление расчетов и т. д.

Составлением программы заканчивается первый организационный этап работы.

Второй этап — выявление резервов производства на рабочих местах и на участках путем анализа технико-экономических показателей, проведения фотохронометражных наблюдений, изучение организации труда и производства. Вся эта работа проводится в соответствии с ранее составленной программой.

Третий этап — составление планов НОТ.

Сравнивая существующее положение с известными передовыми методами организации труда, используя опыт, накопленный в других организациях, и результаты собственного эксперимента и наблюдений, творческая бригада разрабатывает мероприятия, направленные на улучшение условий труда и совершенствование производства. При этом учитываются реальные возможности проведения в жизнь каждого мероприятия. Мероприятия, требующие для внедрения материальных затрат, сопровождаются спецификациями материалов, аппаратуры, оборудования и т. п.

Каждое мероприятие плана, направленное на повышение производительности труда, снижение трудоемкости работ, экономию материалов обосновывается технико-экономическими расчетами.

Календарные сроки внедрения мероприятий и ответственные исполнители намечаются после обсуждения планов НОТ непосредственно на рабочих местах.

Четвертый этап — внедрение планов НОТ.

Разработанные мероприятия, в соответствии с составленным календарным планом внедрения в производство, доводятся до исполнителей в форме конкретных заданий. Творческие группы принимают активное участие во внедрении разработанных мероприятий, осуществляя оперативный контроль, изучая достигнутую эффективность и изыскивая новые резервы улучшения труда и производства.

Изучение организации труда и производства, составление и внедрение планов НОТ на рабочих местах и участках являются исходными материалами для составления планов НОТ геологической организации в целом.

Рабочими местами в геологоразведочных, геофизических и топогеодезических партиях на основных видах работ являются буровые вышки, горные выработки, каротажные станции, площадки, на которых производятся геофизические исследования или топогеодезические работы, и др. Все эти рабочие места являются преимущественно

бригадными, на них заняты группы трудящихся, с общей заинтересованностью в результатах труда (буровая, горнопроходческая, монтажная бригады, бригады при работе с геофизическими приборами, на каротажных станциях и т. д.).

Индивидуальные рабочие места при выполнении вспомогательных работ находятся в механических мастерских, автотранспорте, столярных мастерских, шлифовальных и т. п.

Составлению планов НОТ должно предшествовать детальное изучение организации труда и производства с целью вскрытия недостатков и имеющихся резервов.

Основными направлениями по вскрытию резервов в организации труда и производства являются следующие:

- а) планирование труда и обслуживание рабочих мест;
- б) условия работы;
- в) использование оборудования;
- г) технологические процессы и методы работ;
- д) нормирование и оплата труда;
- е) развитие творческих способностей работников.

Планирование труда и обслуживание рабочих мест

Начиная исследования на рабочем месте, творческая бригада прежде всего должна выяснить, как организовано и как обслуживается рабочее место. Для этой цели изучают следующие вопросы:

- а) порядок оперативного и низового планирования. Своевременность выдачи исполнителям нарядов и заданий, отражение в них затрат труда и материальных ресурсов;
- б) техническая документация, определение технологического процесса и требований, предъявляемых к качеству работы;
- в) система обеспечения материалами и оборудованием;
- г) условия хранения материальных ценностей;
- д) организация подсобно-вспомогательных служб;
- е) осуществление контроля за работой, методы контроля и его эффективность.

Условия работы. Изучение условий работы в организации труда занимает важное место, так как они целиком и полностью связаны с самими исполнителями работ, с выполнением их функций при производственном процессе.

Исследованию подлежит следующее.

1. Степень и равномерность загруженности в течение рабочего времени.

Наиболее эффективно этот анализ может быть проведен путем постановки фотохронометражных наблюдений.

Методически правильное проведение фотохронометражных наблюдений дает большой материал для выводов по различным вопросам, к которым прежде всего относятся: причины невыполнения или резкого перевыполнения норм выработки, степень загрузки во время отдельных рабочих, степень использования действующего

оборудования и аппаратуры, расход материалов, правильность определения категорий пород при буровых и горных работах и т. д.

Карта фотохронометражного наблюдения может быть одним из важнейших документов при вскрытии резервов производства, особенно на буровых и горных работах.

Анализируя использование рабочего времени, важно выявить потери по таким причинам, как отсутствие материалов или хождение за ними, отсутствие конкретного задания, ожидание транспорта, позднее начало или преждевременное окончание работы, отвлечение на другие работы и т. д.

2. Размещение оборудования и инструмента.

Изучая этот вопрос, необходимо обратить внимание на рациональность размещения оборудования, позволяющую наиболее полно использовать его технические возможности и обеспечить удобство управления механизмами.

Так, например, механизация спуско-подъемных операций на буровых работах требует такого размещения станка в буровом корпусе, чтобы можно было без затруднений при необходимости работать «на вынос». Одновременно это же требует и удобства размещения по отношению к буровому рабочему выключателя мотора штанго-разворота. Для сокращения нерациональных движений помощнику бурового мастера целесообразно применять передвижные стеллажи для гаечных, трубных, штанговых ключей и другого инструмента, которые при выполнении спуско-подъемных операций устанавливаются вблизи устья скважины.

3. Техническое состояние сменного оборудования и инструмента и их соответствие выполняемым работам.

Применение буровых паконечников без учета геолого-технических условий их эксплуатации может привести к резкому снижению производительности бурения и повышенному расходу истирающих материалов. При обслуживании буровых агрегатов необходим подбор ключей, наиболее удобных для данной модификации оборудования.

4. Условия для наблюдения за рабочим процессом и контрольной аппаратурой.

Этот фактор особенно важен при механизации спуско-подъемных операций на буровых работах, когда буровому мастеру необходимо обеспечить видимость на всю высоту подъема бурящих труб. При установке каретажной станции на значительном расстоянии от устья скважины также необходимо обеспечивать хорошую видимость от самого устья до барабана лебедки и т. п.

5. Состояние вентиляции.

Имеет важное значение при проходке подземных горных выработок, в помещениях для обработки проб, при работе с двигателями внутреннего сгорания в закрытых помещениях (буровой корпус, передвижная электростанция и т. д.).

6. Окраска производственного помещения и оборудования.

Научно доказано, что серая поверхность поглощает 65% естественного света, поэтому следует избегать окраски производственных помещений в темные, а оборудования в серые цвета.

Окраска не должна быть утомительной для глаз работающего и в то же время должна обеспечивать рельефность оборудования и предостерегать от движущихся и вращающихся частей с целью обеспечения безопасности работы.

7. Освещенность рабочего места.

Нормы искусственного освещения иногда не соблюдаются при круглосуточной работе при проходке подземных горных выработок. Для достижения нормального освещения рабочих мест в ночное время необходимо подбирать динамо-машины повышенной мощности, на буровых вышках предусматривать освещение от сети 127—220 в при светильниках закрытого типа, увеличивать число осветительных точек, во вспомогательных цехах устанавливать лампы дневного света.

8. Интенсивность шума.

Интенсивность шума свыше 70—85 дб отрицательно влияет на психологическое состояние работающего и значительно снижает производительность труда.

9. Наличие малой механизации.

Изучается возможность применения малой механизации, облегчающей труд рабочих при выполнении трудоемких работ (подъемные приспособления, автоматические ключи, клиновые захваты, тележки для выноса утяжеленного груза и т. д.), различных приспособлений, разработанных местными рационализаторами или заимствованных из других организаций.

10. Состояние рабочих мест и проходов.

Особенно важно не допускать загроможденности рабочих мест при проходке подземных горных выработок, при применении передвижных буровых установок на бурении скважин или при работе с аппаратурой, смонтированной на автомашинах и т. д.

Перечисленные в пунктах 2—5, 7—9 факторы должны находиться в так называемой зоне благоприятных условий, обеспечивающей нормальную работу трудящегося. Характеристики норм и состояния главных факторов условий труда приведены в табл. 35.

При геологоразведочных работах неотъемлемыми условиями, влияющими на нормальную деятельность, являются:

а) рациональные графики работы, режим труда и отдыха рабочих;

б) транспортировка рабочих к месту работ и обратно. При этом необходимо учитывать не только время и вид транспорта, но и удобства во время транспортировки;

в) размещение трудящихся на полевых работах в отдалении от основных баз, особенно в сезонных партиях;

г) условия быта: организация питания, отдыха и культурных мероприятий.

Показатели, определяющие условия труда	Условия труда			исполнимые
	оптимальные	благоприятные	неблагоприятные	
Цвет оборудования	Светло-зеленый, светло-голубой	Светло-зеленый, светло-голубой	Серый	Черный
Цвет стен и потолков	Белый, салатовый	Белый	Серо-грязный	Черный
Состояние остекления	Чистое	Чистое	Загрязненное	Грязное
Концентрация углекислоты, мг/л	Нет	Нет	0,1—0,3	Свыше 0,3
Загроможденность рабочих мест и проходов	»	»	Незначительное	Значительное
Подъем тяжестей, кг	До 10	10—20	20—50	Свыше 50
Наклон корпуса тела человека вперед и назад, град	0	До 5	5—20	» 20
Состав воздуха:				
концентрация аэрозоли, мг/м ³	Нет	До 0,2	0,2—0,3	» 0,3
То же, пыли, мг/м ³	»	» 0,5	5,0—10,0	» 10,0
» СО ₂ при давлении 760—660 мм рт.ст., %	»	» 0,17	0,17—10,0	» 10,0
То же, СО, мг/л	»	» 0,02	0,02—0,03	» 0,03
Освещенность, люкс	100	100—50	50—30	До 30
Температура, град	18	18—22	22—38	Свыше 38
Вибрация амплитуды, м.м	Нет	До 0,2	0,2—1,3	» 1,3
Шум, дБ	До 70	70—85	85—120	» 120

Изучение этих вопросов не исчерпывает всего многообразия факторов, влияющих на условия труда и зависящих от конкретных условий производства.

Анализируя степень использования оборудования, прежде всего необходимо определить следующее.

1. Соответствие бурового оборудования поставленным задачам. В практике геологоразведочных работ иногда отдельные виды оборудования используются без учета их мощности и экономической целесообразности применения.

Так, технически не обоснованное использование тяжелых буровых станков при бурении мелких скважин ведет к излишним затратам электроэнергии, материалов, удорожает транспортировку, увеличивает амортизационные отчисления и т. д. И, наоборот, использование легких станков на бурении глубоких скважин приводит к преждевременному выходу оборудования из строя, простоям из-за ремонтов и часто к излишним затратам времени на замену станка.

При проходке выработок с помощью взрывных работ необходимо учитывать физическое состояние пород и соответственно подбирать типы перфораторов во избежание излишней нагрузки рабочего, излишнего расхода воздуха и т. д. Приведенные примеры служат доказательством того, что разумный подход к выбору оборудования составляет существенный резерв производства.

2. Использование оборудования.

Данные об использовании оборудования в работе могут быть получены путем выборки из первичных документов: журналов работы оборудования, буровых журналов и рапортов, технических паспортов и других документов. Полученные данные за длительное время желательно подкрепить фотохронометражными наблюдениями.

При анализе использования оборудования особое внимание должно быть уделено внеплановым простоям, возникающим по организационным причинам. Простои могут возникнуть из-за отсутствия необходимых материалов, недостатка рабочей силы, нарушения трудовой дисциплины, несвоевременной подготовки сменного оборудования, нарушения технологического процесса и т. д.

На механическом колонковом бурении особенно значительны простои оборудования из-за внеплановых ремонтов. По данным фотохронометражных наблюдений, проведенных нормативно-исследовательской партией Укргеолуправления, за последние два года эти простои в большинстве случаев составляют более 40% всего простоя во время. В то же время предусмотренное ЕНВ техническое обслуживание отсутствует, не соблюдаются режимы работы оборудования и правила эксплуатации, отсутствует контрольно-измерительная аппаратура. Все это ведет не только к простоям, но и к возникновению серьезных аварий. Поэтому вопросы снижения простоев оборудования обязательно должны найти отражение в планах НОТ, а мероприятия, направленные к ликвидации простоев, должны быть тщательно отработаны.

3. Модернизация оборудования.

Значительная роль в полном использовании оборудования принадлежит модернизации и оснащению оборудования наиболее удобными приспособлениями. При исследовании этого вопроса большую помощь творческим группам должны оказать рационализаторы и изобретатели. В план мероприятий по модернизации оборудования необходимо включать элементы, проверенные в производственных условиях. В этом отношении целесообразно также использовать опыт других организаций, для чего необходима хорошая техническая информация.

Технологические процессы и методы работ

Технологические процессы при выполнении геологоразведочных работ и методы их выполнения прежде всего рассматриваются и изучаются с точки зрения их рациональности и соответствия требованиям, предъявляемым к качеству получаемых материалов (данных для составления карты геофизической изученности, керн из пробуренных скважин, отборной для анализа пробы и т. п.).

При изучении этого направления анализируются следующие вопросы:

а) прогрессивность применяемого технологического процесса и соответствие его уровню, достигнутому в передовых организациях, работающих в аналогичных условиях;

б) уровень механизации технологических процессов (применение механизмов, облегчающих труд работающих. Применение приспособлений и инструментов новых конструкций);

в) применяемые режимы работы на действующем оборудовании и обеспечение их контроля. В качестве примера для рекомендации можно привести успешное применение на механическом колонковом бурении малогабаритной электрической контрольно-измерительной аппаратуры типа ПКМ, позволяющей вести непрерывный контроль за параметрами бурового процесса и изменять их, обеспечивая наиболее эффективную работу буровой коронки и предупреждая возможность возникновения аварий;

г) правильность и целесообразность расстановки рабочих и наиболее эффективная последовательность операций технологического процесса. К этому относится например тщательная разработка графиков цикличности при проходке горных выработок, выбор наиболее рациональных маршрутов при геологической съемке и геофизических работах, установление наиболее эффективной последовательности операций бурового процесса и т. п.;

д) рациональность и экономичность рабочих движений особенно при применении ручного труда. Этот фактор может быть определен путем проведения специальных хронометражных наблюдений и кинофотосъемки.

В результате проведенных исследований и наблюдений за отдельными процессами и приемами работы должны быть составлены

технологические инструкции и карты и разработан регламент труда по отдельным объектам. Наибольший эффект от разработанных в этом направлении мероприятий может быть получен на трудоемких видах работ, связанных с обслуживанием механизмов и аппаратуры.

Нормирование и оплата труда

Нормирование и правильная организация оплаты труда работающих является неотъемлемой и существенной частью научной организации труда.

При изучении этих вопросов анализируется следующее:

а) выполнение существующих нормативов на отдельных видах геологоразведочных работ, их количество и соответствие достигнутому уровню производства;

б) количество технически обоснованных норм и их выполнение;

в) количество рабочих, не выполняющих нормы выработки, и причины невыполнения норм;

г) формы и системы оплаты труда, их эффективность и соответствие конкретным условиям.

На буровых работах основное значение при упорядочении нормирования и заработной платы имеет правильное определение категорий горных пород. Здесь должны найти широкое применение приборы для определения твердости горных пород (например, прибор системы ОТ-1 и др.), в значительной мере уменьшающие ошибки геологов в определении категорий.

Повышение культурно-технического уровня работающих является значительным резервом увеличения производительности труда и улучшения качества работ.

При составлении плана НОТ целесообразно изучить состояние квалификации работников.

В преобладающем большинстве геологоразведочных партий из-за сложных условий работы трудно решается вопрос комплектования квалифицированными кадрами.

Поэтому необходимо использовать все возможности и пути повышения квалификации работников полевых партий, а также учесть важность овладения ими смежными профессиями. Выбор формы обучения определяется в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы.

Для повышения квалификации рабочих и ИТР большое значение имеет обучение без отрыва от производства непосредственно в геологоразведочных партиях и экспедициях. Существуют следующие виды повышения квалификации рабочих без отрыва от производства: школы по изучению передовых методов труда, производственно-технические курсы, обучение вторым (смежным) профессиям и курсы целевого назначения.

В организациях треста Кривбассгеология применяются все перечисленные виды обучения, однако следует отметить, что лучшими

формами обучения, дающими значительный эффект в работе, являются производственно-технические курсы и школы по изучению передовых методов труда.

На производственно-технических курсах обучаются буровые мастера и их помощники с целью повышения своей производственной квалификации. Для организации таких курсов издается приказ по ГРП, в котором указываются срок обучения, дни занятий, список обучающихся и преподавательский состав. Занятия проводятся по 80- и 120-ч программе, утвержденной учебно-методическим советом треста. В программу вносятся пункты по изучению экономики геологоразведочных работ, новинки буровой техники и технологии бурения разведочных скважин. В процессе занятий на курсах преподавателями ведется журнал посещаемости и успеваемости слушателей. После окончания курсов слушатели сдают экзамены, по результатам которых им присваивается соответствующий квалификационный разряд.

Школы передового опыта в организациях треста являются основной формой изучения и внедрения прогрессивных приемов и методов труда. Они создаются в целях массового распространения достигнутых передовиков производства в каждой геологоразведочной партии, на базе передовых бригад, отдельных цехов, добившихся высокой организации и производительности труда. Для организации и направления работы школ при тресте создан учебный пункт, который занимается составлением программ, подбором руководителей и консультантов, обеспечением занятий необходимыми наглядными пособиями.

Занятия в школах передового опыта производились по следующим наиболее актуальным для производства темам:

- 1) изучение опыта направленного бурения разведочных скважин в Ингулецкой ГРП;
- 2) опыт бурения мелкоалмазными коронками в Центральной ГРП;
- 3) изучение конструкций двойных колонковых труб и технология бурения при их применении на буровых Октябрьской ГРЭ;
- 4) опыт работы по бурению глубоких скважин станком ВИТР-2000 в Ленинской ГРП;
- 5) опыт дробового бурения скважин с применением обратной промывки;
- 6) опыт обработки проб железистых кварцитов в опробовательском цехе Ленинской ГРП;
- 7) изучение конструкции и опыта применения электромагнитных расходомеров ЭМР-1 в Октябрьской ГРЭ;
- 8) опыт производства капитального ремонта бурового оборудования в ЦРММ треста;
- 9) опыт работы электриков по эксплуатации электрооборудования буровых вышек в Ленинской ГРП и др.

В тресте было создано с аналогичной тематикой 29 школ по изучению и распространению передовых методов труда. В этих школах

обучено и обменялись опытом работы свыше 500 буровых рабочих, работников геологической и механической службы.

Для занятий в школах передового опыта программы составляются по каждой теме занятий инструктором-методистом учебного пункта совместно с главными инженерами и технологами ГРП. Программы обсуждаются и утверждаются учебно-методическим советом треста.

Руководителями школ назначаются передовики производства, чаще буровые мастера, в совершенстве овладевшие технологией того или другого нового процесса, опыт которых заслуживает распространения, а консультантами — инженерно-технические работники, полностью изучившие и теоретически обосновавшие этот процесс. График занятий в школах передового опыта и тематика их своевременно доводятся до сведения слушателей. Занятия, как правило, проводятся непосредственно на рабочих местах (на буровых вышках, в слесарном цехе и т. п.).

Школы по изучению прогрессивных приемов труда наряду с повышением деловой квалификации рабочих являются и одной из форм обмена передовым опытом в их работе.

Взаимные посещения геологоразведочных партий комплексными бригадами, состоящими из буровиков, геологов, нормировщиков, экономистов, механиков и бухгалтеров. После ознакомления участники бригады собираются на специальное совещание, которое проводит руководитель бригады и начальник геологоразведочной партии. Участники совещания делятся своими впечатлениями о результатах изучения того или иного вопроса, вскрывают имеющиеся в этой ГРП недостатки, выявляют резервы производства, вносят свои конкретные предложения по устранению замеченных недочетов в работе.

Совещание вырабатывает рекомендации по устранению недостатков и использованию передового опыта других ГРП. Эти рекомендации ложатся в основу планов организационно-технических мероприятий по геологоразведочной партии и решаются руководством ГРП в оперативном порядке.

Периодические поездки делегаций в родственные геологоразведочные организации.

Регулярное проведение совещаний с отстающими буровыми бригадами, не выполняющими норм выработки и плана механического бурения. На такие совещания приглашаются отстающие и передовые бригады, работающие в одинаковых производственных условиях. При обмене мнениями и обсуждении причин, мешающих выполнению государственного плана, вырабатываются мероприятия, устраняющие недостатки и вскрывающие дополнительные резервы производства.

Большую помощь по внедрению передового производственного опыта, новейших достижений науки и техники оказывает коллективу созданный при тресте на общественных началах Университет технического прогресса. Слушателями университета состоят свыше 300 инженеров, техников и новаторов производства из всех ГРП и экспедиции треста.

Университет технического прогресса явился новой формой обучения ИТР и служащих, повышения их теоретических знаний и производственной квалификации, привлечения широкого круга работающих к управлению хозяйственным строительством, совершенствованию организации труда, методики и техники геологоразведочного производства.

Работа университета проводится по трем секциям: экономическая — для всех слушателей, техническая — для специалистов техники бурения и геологическая — для инженеров и техников-геологов. Некоторые лекции, представляющие общий интерес, читаются всем вместе.

План проведения занятий в университете разрабатывается учебно-методическим советом треста и утверждается председателем совета — главным инженером треста. Вся работа университета направляется учебно-методическим советом треста, а практически руководят занятиями главный инженер треста и секретарь учебно-методического совета, в нашем случае, главный геолог треста.

План работы составляется на квартал. Занятия проводятся 1—2 раза в квартал по лекционной системе. Если темы относятся ко всему составу, то число занятий не превышает трех в квартал. С докладами и лекциями выступают наиболее квалифицированные специалисты треста, а также научно-исследовательских и учебных институтов города. При каждом удобном случае к лекциям привлекаются приезжающие специалисты из иногородних организаций. Кроме того, учебно-методический совет через общество «Знание» приглашает лекторов по экономическим или общеполитическим темам. Такая система проведения занятий в университете дает возможность широко знакомить слушателей с новейшими достижениями в науке, технике, с достижениями передового опыта в области геологоразведочных работ. Причем ни одна тема не носит отвлеченный характер, все они непосредственно связаны с практической деятельностью слушателей и нередко являются результатом достижений отдельных работников или коллектива какой-либо организации.

Основная тематика занятий — это вопросы новой методики и техники геологоразведочных работ.

К работам по обмену опытом, организации инструкторских смен или бригад и работы с рационализаторами относятся следующие: выяснение наиболее ценных предложений, которые нашли применение в производстве, возможность привлечения к работе по рационализации как можно больше трудящихся; помощь рационализаторам, участие в работе общественных организаций, участие в социалистическом соревновании.

Организация соревнования и его совершенствование: обязательства, принятые работающими на рабочем месте, гласность соревнования.

Изложенные здесь основные направления изучения и анализа состояния организации труда на рабочих местах в геологических организациях не исчерпывают совокупности методов, с помощью

которых должно непрерывно совершенствоваться производство. При разработке плана НОТ на рабочем месте необходимо прежде всего уделять основное внимание тем направлениям, которые являются наиболее важными для улучшения организации труда и производства.

На основании планов НОТ, разрабатываемых для отдельных рабочих мест, разрабатываются планы научной организации труда и производства для участков и отрядов.

Последние в свою очередь служат основой для разработки планов НОТ для партий и экспедиции.

В зависимости от объемов работ планы научной организации труда и производства геологоразведочной организации должны представлять собой совокупность планов НОТ, составленных по отдельным рабочим местам, участкам и цехам. В этих планах следует учитывать общие перспективы работ, исходя из геологических предположений, возможных изменений направлений работ, замены одних видов работ другими, т. е. учитывать особенности, свойственные геологоразведочной службе.

В разрабатываемых планах НОТ по организации в целом должны быть вскрыты резервы и составлены мероприятия по совершенствованию организации обслуживания и управления производством на участках и рабочих местах. Планы НОТ партии или экспедиции должны быть направлены на обеспечение успешного выполнения планов НОТ, составленных в настоящих звеньях.

Основными направлениями по выявлению резервов производства являются следующие:

- а) планирование труда и производства;
- б) управление производством;
- в) материально-техническое снабжение;
- г) организация работы подсобно-вспомогательных служб.

Планирование производства

Успешное решение задач, поставленных перед геологической организацией, во многом предопределяется качественным составленным проектом, в котором должны быть предусмотрены элементы научной организации труда.

Производственно-техническая часть проекта должна четко определять способы, методику и организацию производства для наиболее эффективного выполнения геологического задания.

Анализ состояния оперативно-производственного плана дает возможность установить, насколько полно оно обеспечивает выполнение заданных объемов по всем видам работ. Необходимо изучить основные показатели, установленные для отдельных участков и рабочих мест, соответствие их реальным возможностям производства, достижениям передовых организаций, работающих в аналогичных условиях и требованиям к качеству получаемых геологических материалов, систему доведения планов до рабочих мест и исполнителей.

Оперативное планирование является основой хозяйственного расчета, который находит широкое применение при производстве геологоразведочных работ.

За последнее время в промышленных предприятиях все большее значение придается сетевому планированию, которое обеспечивает оперативный четкий контроль за выполнением плана производства. Сетевое планирование может найти также широкое применение и в геологоразведочных организациях. Так, например, оно будет весьма эффективным при организации новых участков или при подготовке к работам в сложных условиях, где необходимо четко спланировать очередность и сроки ввода отдельных объектов и где занят большой круг исполнителей.

Сетевой график был успешно применен при генеральном пересчете запасов крупного месторождения железных руд в Октябрьской геологоразведочной экспедиции. Работы по сетевому графику позволили в сжатые сроки, с хорошим качеством и снижением стоимости на 10—12% завершить подсчет запасов и защитить отчет в ГКЗ.

Таким образом, сетевое планирование является существенным элементом научной организации труда и одним из главных ее направлений.

Управление производством

Основной задачей управления производством в геологической организации является согласованность и ритмичность работы всех участков и рабочих мест, нередко удаленных друг от друга на многие километры. Управление в экспедициях и партиях осуществляется ведущими инженерно-техническими работниками: геологами, геофизиками, экономистами, технологами и т. д. При разработке планов ГОТ необходимо детально проанализировать их работу, отразив насколько обеспечивается согласованность работы взаимосвязанных отдельных участков и вспомогательных служб. Особое внимание должно быть уделено оперативности работы для удовлетворения текущих запросов производства. Это может быть осуществлено организацией диспетчерской службы. Диспетчерская служба должна найти широкое применение при проведении буровых работ на детальной разведке. Организация диспетчерской службы не требует больших затрат. Выбор места расположения диспетчерского поста зависит от конкретных условий производства работ.

Особое внимание должно быть уделено средствам связи между основной базой и отдельными участками работ.

Материально-техническое снабжение

Успешная работа отрядов, участков и бригад в значительной мере зависит от состояния материально-технического снабжения.

Изучение вопроса необходимо начинать с того, как планировалась организация снабжения партии или экспедиции оборудованием и материалами, каким образом были составлены расчеты норм

расхода по основным видам материалов, насколько они отвечают реальным потребностям производства и насколько полно удовлетворяются поставщиками.

При разработке планов научной организации труда последует вопрос состояния нормативов переходящих запасов материалов на базисных складах партии или экспедиций, которые обеспечивают текущие нужды производства. Выявляется номенклатура наиболее дефицитных материалов и их использование. Наряду с этим выявляются используемые материалы и оборудование и изыскиваются пути их реализации.

Одним из узловых вопросов материально-технического снабжения геологоразведочных работ является организация своевременной доставки материалов к рабочим местам, создание там необходимого запаса и условий хранения с целью устранения причин неоправданных потерь или порчи материалов.

Важное значение имеет учет и контроль расхода материалов на участках и в бригадах, работающих на основе хозяйственного расчета.

Организация работы подсобно-вспомогательных служб

Нормальная деятельность основного производства геологической организации находится в прямой зависимости от работы вспомогательных служб.

Для организаций, выполняющих большие объемы буровых и горных работ, важными вспомогательными службами являются транспорт и ремонтно-механические мастерские.

Транспорт. При проведении геологоразведочных работ организация обслуживания транспортом имеет особое значение. Удельный вес затрат на транспортировку грузов и обслуживающего персонала в общих ассигнованиях геологических организаций довольно высок, а рациональное использование транспорта позволяет снизить стоимость геологоразведочных работ.

Для выявления резервов улучшения работы транспорта изучают:

- а) обеспеченность потребностей производства соответствующими видами транспорта (конный, водный, автотракторный и воздушный);
- б) степень использования имеющегося транспорта;
- в) техническое состояние транспорта;
- г) состояние путей сообщения.

В результате изучения этих вопросов разрабатываются предложения по планированию, учету и рациональному использованию транспорта с необходимыми технико-экономическими расчетами и включаются в планы НОТ.

В частности, необходимо рассмотреть возможность организации четкой диспетчерской службы, изучить возможности составления определенных маршрутов (кольцевых или маятниковых) и расписания движения транспорта.

Ремонтно-механическая служба. Изучение вопроса начинают с анализа причин выхода из строя отдельных видов оборудования; а затем намечают пути вскрытия резервов:

- а) состояние технического обслуживания;
- б) наличие графиков планово-предупредительных ремонтов и их эффективность;
- в) проведение текущих, средних и капитальных ремонтов;
- г) наличие ремонтного оборудования и его соответствие выполняемым работам;
- д) методы проведения ремонтов, возможности применения поузлового метода;
- е) сроки нахождения оборудования в ремонте;
- ж) квалификация персонала, занятого на ремонтных работах.

На основании произведенных исследований разрабатывают мероприятия по улучшению организации ремонтных работ, которые обеспечивали бы нормальную работу оборудования при максимальных коэффициентах его использования.

Для улучшения работы ремонтно-механической службы большое значение имеет составление и внедрение планов НОТ на рабочих местах в механических мастерских. Для этого рекомендуется использовать методические указания, разработанные для машиностроительных предприятий.

В числе подсобно-вспомогательных служб в крупных геологических организациях имеются шлифовальная мастерская, дробильная, для обработки проб, которые обеспечивают своевременную и качественную подготовку материалов, необходимых для изучения геологической эффективности проводимых работ.

Поэтому в планах НОТ геологических организаций должны быть также отражены мероприятия, направленные на повышение производительности труда и улучшение условий работы в этих службах.

Научная организация труда в геологоразведочном деле должна стать повседневной и планомерной работой, охватывающей все рабочие места, участки и организации в целом. Систематическая работа в этом направлении позволит поднять уровень организации геологоразведочных работ, повысить их качество и эффективность.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Введение	3
Алмазное бурение	5
Рациональные технологические приемы алмазного бурения	19
Двойные колонковые трубы для алмазного бурения	35
Применение колонковых шарошечных долот	46
Бурение штыревыми долотами в сочетании с турбобурами	51
Работа электромагнитных расходомеров промывочной жидкости	55
Причины поломок бурильных труб и меры их ликвидации	59
Направленное бурение скважины бесклиновыми снарядами	78
О степени надежности инклинометрических замеров скважин	89
Способ выявления погрешности в работе керномера КР-2	92
Пути повышения выхода керна при бурении глубоких скважин	93
Скважины малого диаметра	99
Технические средства борьбы с поглощением промывочной жидкости с использованием мочевиноформальдегидной смолы	100
Научная организация — важный фактор повышения производительности труда	109

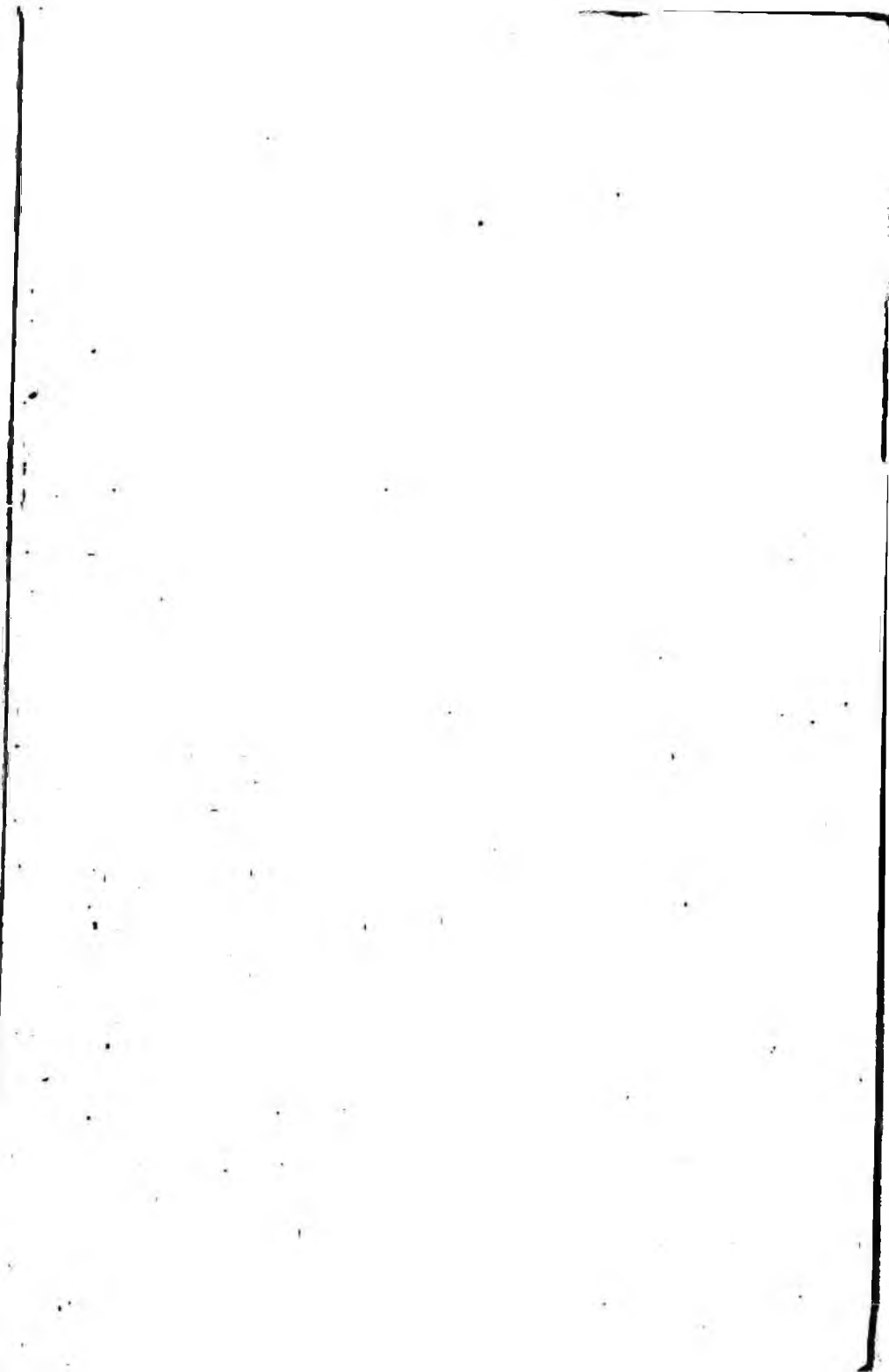
ПЛАТЕ АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ
ЯРОШЕНКО ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ
БОРЬКИН АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ
ПВАНОВ ОЛЕГ ВАЛЕНТИНОВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИШ

Редактор издательства *Е. П. Корсун*. Техн. редакторы: *В. И. Калужина, Н. В. Жидкова*
Корректор *Т. Г. Фонарева*

Сдано в набор 1/XII 1969 г. Подписано в печать 17/VI 1970 г. Т-10802.
Формат 60 x 90^{1/8}. Печ. л. 8,0. Уч.-изд. л. 8,50. Бумага № 2. Индекс 1-3-1.
Заказ 1128/035-5. Тираж 3400 экз. Цена 43 коп.

Издательство «Недра», Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19.
Ленинградская типография № 14 «Красный Печатник» Главполитграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР. Московский пр., 91.



ЦЕДРА · 1970