

Бурение

нефтяных и газовых скважин

3. ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Балаба Владимир Иванович
РГУ нефти и газа
им. И.М. Губкина



Породоразрушающий инструмент

Предназначен для формирования ствола скважины путем разрушения горной породы.

Эффективность разрушения горной породы (РГП**) зависит от ее механических свойств и характера воздействия породоразрушающего инструмента.**



4.1. Механические свойства и классификация горных пород

4.1.1. Твердость горных пород

Определяют по ГОСТ 12288-66 на стандартизованном приборе (УМПГ-3, УМПГ-4) путем вдавливания в образец породы штампа, имеющего плоскую опорную поверхность ($S=1-10 \text{ мм}^2$).

Применяют штампы двух видов: стальной и с твердосплавной вставкой.

Площадь штампа зависит от размера минеральных зерен, структуры и текстуры породы.

Балаба В.И.



Твердость горных пород

По характеру деформации под штампом все породы поделены на три класса:

- *хрупкие*
- *упруго пластичные*
- *пластичные*



Хрупкие породы

Твердость (твердость по штампу) $P_{ш}$ (МПа)- критическое давление под штампом на контакте с породой, соответствующее первому скачку разрушения.

$$P_{ш} = P_p / S, \quad \text{где}$$

P_p – нагрузка в момент хрупкого разрушения, Н;

S – поверхность контакта, м²

Балаба В.И.



Упруго пластичные породы

OA - упругая деформация,

AB - пластическая деформация.

P_0 - нагрузка, соответствующая пределу текучести.

Предел текучести

$$p_0 = P_0 / S$$

Коэффициент пластичности **$K = A_{пд} / A_{упр.д}$** , где

$A_{упр.д}$ - работа упругого деформирования;

$A_{пд}$ - работа полного деформирования (до момента разрушения).

Балаба В.И.

$$1 < K \leq 6.$$



Пластичные породы

Твердость по штампу
не определяется.

*Коэффициент
пластичности*

$$K = \infty$$

Предел текучести

$$p_o = P_o / S$$



Удельная объемная работа разрушения -
затрата энергии на разрушение единицы
объема горной породы под штампом
($A_{уд}$, Дж/см³)

Закон Гука для продольной деформации (линейное
растяжение или сжатие):

$$\sigma = E (\Delta l / l),$$

σ - напряжение линейного растяжения или сжатия, Па;

E – **модуль Юнга** (модуль продольной упругости), Па;

$\Delta l / l$ – относительное изменение линейного размера тела.



Механические свойства горных пород

Зависимость

коэффициента

пластичности (1),

твёрдости (2)

и **предела**

текучести (3)

для мрамора от

скорости

приложения

нагрузки

(штамп $S=10 \text{ мм}^2$)

Балаба В.И.



Характеристики горных пород, определенные по штампу

Горная порода	Твердость по штампу, МПа	Коэффициент пластичности К	Модуль упругости E, 10^{10} Па	Удельная объемная работа разрушения, Дж/см ³
Глинистый сланец	200-250	1,3-3,3	0,4-0,9	1,5-7,7
Ангидрит	950-1500	2,9-4,3	1,8-5,4	21-54
Песчаник и алевролит	200-350	1,4-4,3	0,5-3,5	5-59
Известняк	1000-2500	1,5-7,0	1,5-4,0	21-80
Доломит	1000-6000	1,5-6,0	5-9	39-151
Кремень	5000-7000	1,0-2,0	>10	≈20



4.1.2. Абразивность горных пород

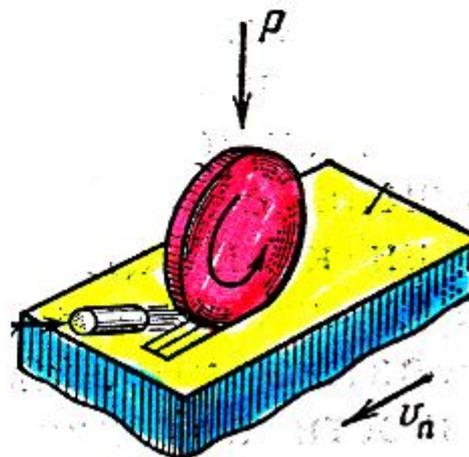
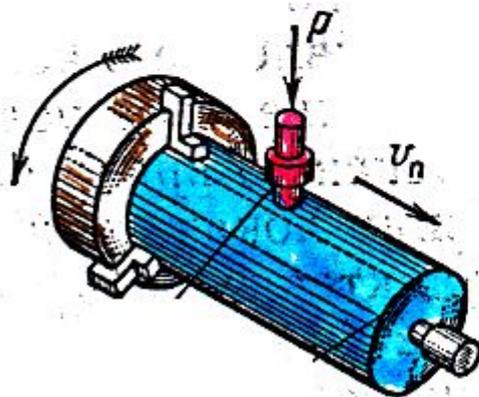
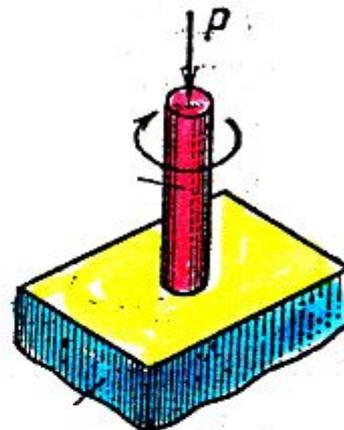
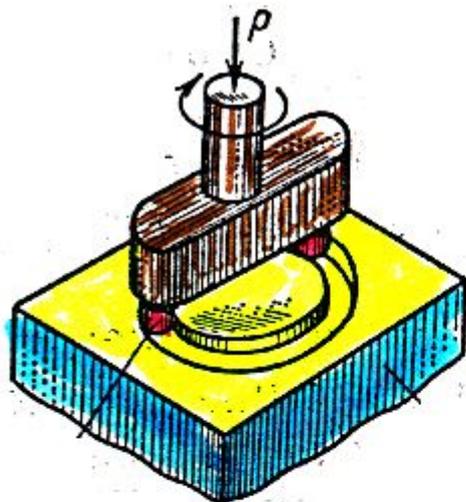
Абразивность горной породы характеризует ее способность изнашивать породоразрушающий инструмент.

Оценивается по интенсивности износа эталонного образца при взаимодействии с породой.

Показатель абразивности зависит от того, какой материал принят за эталонный (сталь, твердый сплав и т.д.).



Оценка абразивности горных пород



4.2. Способы разрушения горных пород на забое скважины

Резание – непрерывный процесс отделения и снятия тонкого слоя горной породы (ГП) с забоя.

Разрушению резанием поддаются очень слабосвязные пластичные ГП с низкой контактной прочностью

Балаба В.И.



Способы разрушения горных пород

Раздавливание – процесс разрушения ГП под воздействием контактного давления породоразрушающего инструмента, перемещающегося в постоянном контакте с забоем



Способы разрушения горных пород

Дробление – дискретный процесс РГП под воздействием контактного давления, появившегося в момент соприкосновения рабочего органа с забоем (ударная нагрузка)



Способы разрушения горных пород

Скальвание – периодический процесс отделения частиц ГП от забоя под воздействием усилия сдвига со стороны внедрившегося в забой инструмента. Скальванию предшествует раздавливание или дробление ГП под рабочим органом инструмента



Способы разрушения горных пород

Истирание (микроскальвание) – специфический РГП, когда в результате применения рабочих органов очень малых размеров (мелкие алмазные зерна и т.п.) удастся создать чрезвычайно **высокое контактное давление** и вызвать **пластическое деформирование** ГП под индентором с одновременным **микроскальванием** в прилегающей зоне.



4.3. Классификация породоразрушающего инструмента

По назначению:

- *Для сплошного бурения (долота)*
- *Для отбора керна (бурильные головки)*
- *Для специальных работ (калибраторы, расширители и т.д)*

По основному механизму РГП:

- *дробящий;*
- *скалывающий;*
- *дробяще-скалывающий;*
- *режущий;*
- *режуще-скалывающий;*
- *истирающий.*

Балаба В.И.



4.3.1. Классификация долот

По конструкции:

Опорные

На опоре закреплена *шарошка - вращающаяся относительно корпуса часть долота, оснащенная вооружением.*

Безопорные

Долото не имеет вращающихся частей



Опорные долота

Вооружение - совокупность элементов, непосредственно разрушающих породу.

Тип вооружения:

- *зубья*
- *зубки (штыри)*
- *комбинированное*

Количество шарошек: *1, 2, 3*

Система смазки опоры долота:

- *не герметизированная*
- *герметизированная*

Система промывки:

- *центральная*
- *периферийная (боковая, гидромониторная)*



Безопорные долота

- **Лопастные:**
 - длиннолопастные
 - коротколопастные
- **Матричные**
- **Комбинированные (гибридные)**



Взаимодействие элементов вооружения долот с ГП

**Резание-
скальвание**

Дробление

**Дробление-
скальвание**

Балаба В.И.

22

[Перейти на первую страницу](#)



Механизм РГП на забое скважины

P_c - давление в скважине

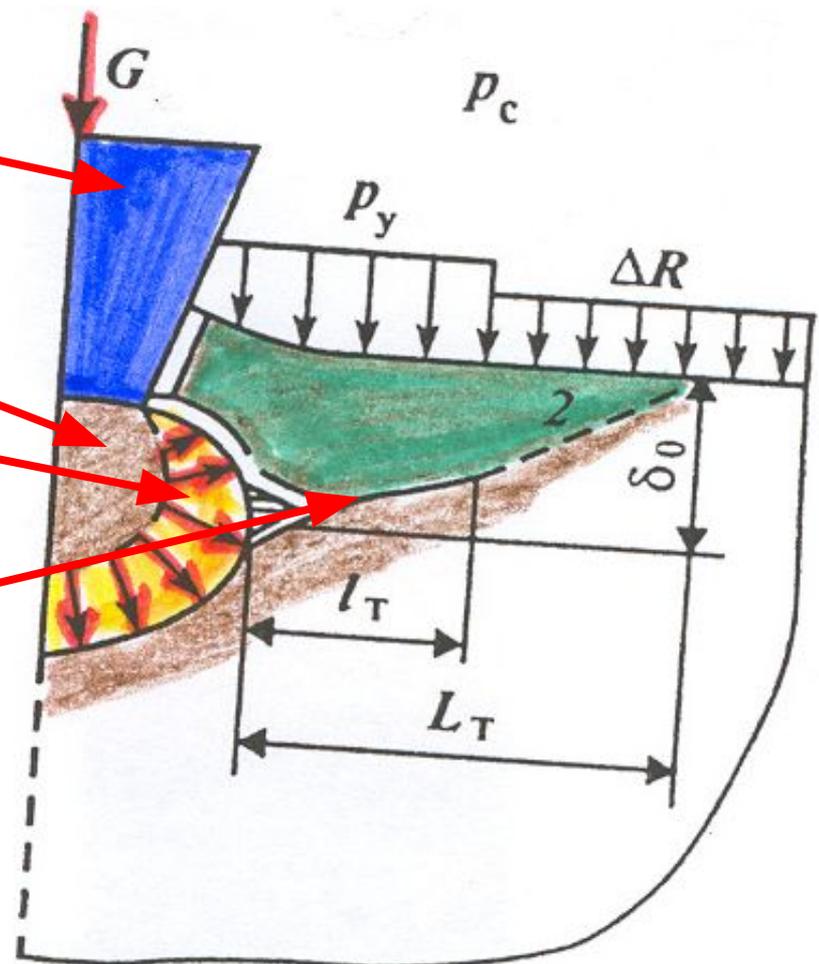
P_y - угнетающее давление

Зуб долота

Зона предельного
состояния ГП

Радиальные трещины

Магистральная
трещина



Динамика долота

Характер взаимодействия вооружения шарошки с забоем, и следовательно, специфика РГП на забое зависят от:

- размеров и плотности размещения вооружения в венце;
- конфигурации шарошек;
- расположения их осей.

В зависимости от этих факторов шарошечное долото может быть отнесено к породоразрушающему инструменту **дробяще-скальвающего** или **дробящего действия**.

У шарошечного долота, в отличие от лопастного, с забоем одновременно взаимодействует лишь небольшая часть вооружения.



Типы шарошечных долот и области их применения (ГОСТ 20692-75)

Общая характеристика горной породы	Характеристика механических свойств	Шифр олоота Д	Исполнение вооружения шарошки
Мягкие породы	Неабразивные рыхлые, пластичные (слабые супеси, наносы, пластичные глины, мягкие известняки и т.д.)	М	Фрезерованные зубья
	Абразивные слабосцементированные (слабые песчаники, суглинки, мергели и т.п.)	МЗ	Вставные зубки
Мягкие породы с пропластками пород средней твердости	Неабразивные породы (каменная соль с пропластками ангидритов, тонко переслаивающиеся глины с пропластками слабых песчаников и т.п.)	МС	Фрезерованные зубья
	Абразивные слабосцементированные породы (с пропластками песчаников, сланцы мягкие с пропластками сланцев средней твердости и т.п.).	МСЗ	Вставные зубки
		С	
		СЗ	
		СТ	
		Т	
		ТЗ	
Твердые с пропластками крепких	Неабразивные твердые породы с пропластками крепких (переслаивающиеся твердые известняки, доломиты, ангидриты и т.п.)	ТК	Комбинированное вооружение
		ТКЗ	
		К	
		ОК	

Балаба В.И.



Размеры шарошечных долот

В соответствии с ГОСТ 20692–75 шарошечные долота выпускаются 39 различных номинальных диаметров – от **46** до **508** мм.



ШИФРЫ УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДОЛОТ

- Г** – боковая гидромониторная промывка;
- Ц** - центральная промывка;
- А** - опоры шарошек на концевых и периферийном подшипниках скольжения и одном подшипнике качения,
- Н** - опоры шарошек на концевых подшипниках скольжения и двух подшипниках качения;
- В** - опоры шарошек на подшипниках качения;
- У** - конструкция долота с герметизированными маслонаполненными опорами.

Балаба В.И.



ШИФРЫ УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДОЛОТ

Число шарошек	Диаметр долота, мм	Тип олоота Д	Система промывки	Вид опор	Герметизация опор
III	190,5	МЗ	Г	А	У
III	215,9	ТКЗ	Г	Н	У
III	215,9	С	Г	Н	-
III	269,9	М	Г	В	-
III	295,3	Т	Ц	В	-

* арошек

III 215,9 ТКЗ-ГНУ - трехшарошечное долото диаметром 215,9 мм для бурения твердых абразивных пород с пропластками крепких; боковая гидромониторная промывка; опоры шарошек на концевых подшипниках скольжения и двух подшипниках качения, с герметизацией и смазкой

Балаба В.И.



4.3.3. Долота с фиксированным вооружением

Лопастные долота относятся к инструменту режущего или режуще-скалывающего действия. Предназначены для бурения в породах мягких и отчасти средней твердости.

Длиннолопастное долото ("рыбий хвост")

- 1 – головка с соединительной резьбой;
- 2 – корпус;
- 3 – лопасть;
- 4 – промывочное отверстие;
- 5 – твердосплавное покрытие;
- 6 – режущая кромка

Балаба В.И.



Короткопастные долота

Долота **ИСМ** (Институт сверхтвердых материалов, Киев) оснащены зубками из сверхтвердого материала «Славутич»



4.4. Бурильные головки

Используются в составе колонкового набора (колонкового долота).

Бурильные головки трех типов:

- лопастные
- шарошечные
- матричные.

Колонковое долото:

- 1** – бурильная головка
- 2** – керн
- 3** – кернаприемная труба
- 4** – корпус колонкового долота
- 5** – шаровой клапан



Классификация породоразрушающего инструмента

