

РУКОВОДСТВО ПО  
ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ДОЛОТ ДЛЯ  
НЕФТЕГАЗОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

## Регламент эксплуатации долот

АО «Волгабурмаш» и ОАО «Уралбурмаш» на разных этапах — от разбуривания элементов оснастки обсадных колонн скважины до поднятия долота на поверхность, включая оптимизацию его рабочих параметров, а также поиск и устранение неисправностей.

### Упаковка долота и его перемещение

Меры разумной предосторожности должны быть предприняты в процессе перемещения долота. На заводе долото упаковывается в деревянную или картонную коробку во избежание его повреждения в процессе транспортировки. Долото должно находиться в упаковке пока оно не используется. Не допускается падений упаковки с долотом. При перемещении долота вне упаковки необходимо использовать деревянную или резиновую подкладку под лицевую часть долота. Необходимо, также избегать ударов по резьбовому соединению. Помните, что вес долота PDC выше веса аналогичного по диаметру шарошечного долота.

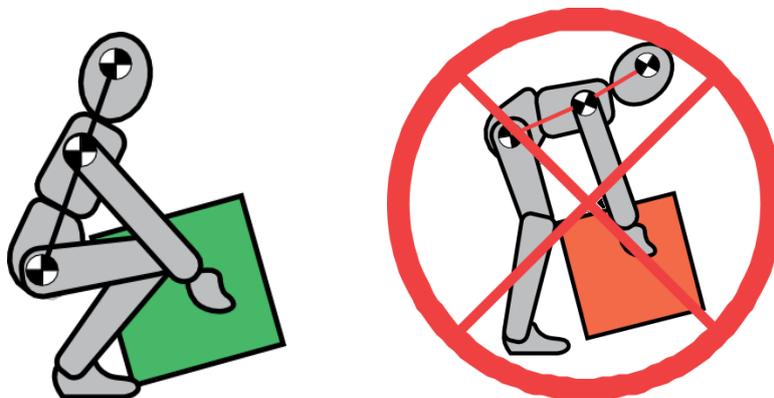
### ХРАНЕНИЕ ДОЛОТ

- Долота должны храниться в условиях, гарантирующих отсутствие прямого контакта упаковки и находящейся в ней продукции с любыми источниками влаги, включая атмосферные осадки. При хранении в закрытом помещении необходимо обеспечить контроль за уровнем относительной влажности воздуха и температуры.
- Хранение долот с герметизированной опорой при низких температурах не рекомендуется. Так же следует избегать резких перепадов температуры, т.к. это может повлиять на срок службы уплотнения.
- Хранение и транспортировка долот должна осуществляться в заводской таре с обязательным соблюдением правильной вертикальной ориентации упаковки (долото при этом располагается ниппелем вверх). Размещение и закрепление груза при транспортировке, а также погрузочно-разгрузочные работы должны обеспечивать сохранность тары при транспортировке и перемещении.
- На буровой долото должно храниться в заводской упаковке. Без оригинальной упаковки долото следует хранить ниппелем вверх с соблюдением мер, обеспечивающих защиту присоединительной резьбы от механических повреждений, а также от воздействия на долото влаги и атмосферных осадков.

### Подготовка к эксплуатации

- Подготовка долота проводится на буровой площадке, после подъема предыдущего долота. При подъеме долота отметьте наличие сужений ствола скважины. Если выявлено сужение ствола, проработайте ствол скважины, чтобы избежать проблем в дальнейшем.
- После подъема долота опишите его износ. Обратите особое внимание на сломанные или потерянные зубки (резцы), сломанные или потерянные насадки, сломанные лопасти, сломанные или потерянные шарошки, любые механические повреждения. Если в скважине присутствуют металлические обломки, существует опасность повреждения нового долота при запуске, поэтому рекомендуется использовать инструмент для чистки забоя.

- При подготовке нового долота следует накрыть стол ротора. Для шарошечного долота можно использовать доску отворота, для PDC долота — деревянную доску либо щит, полностью перекрывающий устье скважины. Прикрепите доску отворота к PDC долоту до установки на стол. Соблюдайте меры предосторожности, поднимая долото.
- Убедитесь, чтобы присоединительная резьба долота была покрыта слоем смазки.
- В соответствии с типоразмером присоединительной резьбы долота следует подобрать соответствующий момент наворота резьбового соединения.



Техника поднятия тяжестей

#### Рекомендуемый крутящий момент наворота

Присоединительная резьба		Крутящий момент, кН/м
по ГОСТ	по API	
3-50	-	2,1 – 2,4
3-66	2 3/8	4,0 – 4,8
3-76	2 7/8	6,0 – 7,5
3-86	NC 31	9,6 – 11,6
3-88	3 1/2	9,5 – 12,0
3-117	4 1/2	16,0 – 22,0
3-133	NC 50	15,0 – 17,0
3-152	6 5/8	38,0 – 43,0
3-177	7 5/8	46,0 – 54,0

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ

### Спуск долота в скважину

- После **наворота** аккуратно, избегая ударов, спустите долото через стол ротора, в под роторную воронку, сборку превенторов. **Следует помнить**, что неровности и уступы в скважине представляют опасность для алмазных резцов. **Внутри обсадных труб** такими местами являются первая труба колонны и разбуренная оснастка башмака, **в открытом стволе** – уступы, резкие изменения траектории, сужения. **Жесткость КНБК** также имеет значение.
- **Спуск бурильной колонны** в открытом стволе скважины производить плавно, не допуская посадок и разгрузок более 5 тонн. При необходимости провести проработку мест сужения и уступов.
- В случае необходимости проработки **значительной части** ствола скважины рекомендуется использовать шарошечное долото вместо долота PDC.
- **Спуск последней свечи** производить при ограничении скорости. При возникновении разгрузки «посадки» КНБК более 5 тонн следует: **приподнять** долото, **запустить** буровой насос, **промыть** скважину в течение 10-15 минут и **при нормальной циркуляции** бурового раствора **довести долото до забоя** с проработкой призабойной части ствола скважины.
- Следует помнить, что в процессе проработки долото PDC подвержено **боковой вибрации**, что может привести к **повреждению резцов**.

### Проработка и расширение ранее пробуренных интервалов

- Проработку ствола скважины проводите с **малой нагрузкой и при низких оборотах**.
- **Скорость промывки** скважины должна быть **максимально допустимая**.
- При проработке в интервалах залегания **твердых и абразивных пород** частота вращения долота должна быть **снижена**.
- **При роторном бурении** применяйте нагрузку 0,5-2,5 тонн при оборотах от 40 до 60 об/мин.
- **При работе с забойными двигателями** применяйте аналогичный режим минимальной нагрузки и минимально допустимый расход бурового раствора.
- В процессе проработки ствола скважины **не рекомендуется превышать нагрузку на долото более 2 тонн** во избежание повреждения вооружения долота.
- **Контролируйте крутящий момент** при проработке в интервалах залегания абразивных пород. Увеличение момента происходит, в основном, при значительном износе калибрующих резцов долот PDC либо потери диаметра шарошечного долота, что приводит к контакту корпуса долота или элементов КНБК со стенками скважины.

### Разбуривание

Способы разбуривания цементных стаканов (ЦС) и элементов оснастки обсадных колонн долотами PDC и шарошечными долотами имеют небольшое различие. Для предотвращения повреждения долота придерживайтесь нижеуказанных рекомендаций:

- **Разбуривание цементного стакана (ЦС)** и разделительной пробки осуществляется с максимально возможным расходом промывочной жидкости и минимальной нагрузкой.

- В процессе разбуривания ЦС **периодически производится расхаживание бурильной колонны**, которая способствует улучшению очистки долота от разбуриваемого материала.

**Частота расхаживания должна быть через каждые 5-10 минут бурения**, либо 5-10 см проходки на длину 1-1,5 м ведущей трубы. При резком снижении механической скорости, повторить эту процедуру до полной очистки забоя и долота.

- **Следите за давлением на стояке**, во избежание закупорки промывочных насадок долота.
- Измените частоту вращения бурильной колонны **при появлении вибрации и резких скачков крутящего момента**.
- **Если разделительная пробка провернулась**, попробуйте **без вращения** разгрузить на неё бурильную колонну. **Увеличьте нагрузку** на долото или **увеличьте расход бурового раствора** (должно подняться давление на стояке на 15-20 атм). **Начните вращать бурильную колонну** с частотой 40-60 об/мин. **Повторите эту процедуру** до появления уверенности в разрушении пробки.

### Формирование нового профиля забоя и приработка долота

- В начале работы с новым долотом очень важно **сформировать новый профиль забоя** в соответствии с геометрией долота. От качества выполнения этой процедуры зависит дальнейшая работоспособность долота и механическая скорость бурения.
- Необходимо быть особенно осторожным при формировании профиля забоя, если новое долото существенно отличается от предыдущего по своей геометрии и типу — долото PDC после шарошечного и наоборот.
- Следует помнить, что **шарошечное долото обычно образует скважину большего диаметра**, чем долото PDC.
- За полтора-два метра до предполагаемого забоя начать **прокачку промывочной жидкости** с заранее определенной оптимальной подачей. Рекомендуемая частота вращения — 40-60 об/мин.
- **Увеличение реактивного момента** и нагрузки свидетельствует о достижении забоя. Необходимо ограничить нагрузку 2-мя тоннами.
- По достижении забоя **приподнять инструмент** на 15-30 сантиметров от забоя и произвести в течение 5 минут **вымыв шламовой подушки**.
- Вернуться на забой и начать бурение с нагрузкой, **не превышающей двух тонн**. Пробурить с такой нагрузкой длину равную длине долота.
- Поддерживайте **минимальный и равномерный момент** на долоте.
- Продолжайте применять **щадящий режим бурения**, выбранный для формирования нового профиля забоя, до тех пор, пока не будет пройден интервал равный высоте долота. После этого можно выходить на бурение с оптимальными режимами.

### Бурение

Эксплуатационные параметры и режимы эксплуатации шарошечных и PDC долот указаны в паспортах на долота. Конкретные эксплуатационные параметры долот всегда определяют в соответствии с данными о литологии и технологическими данными скважины.

- В мягких породах рекомендуется максимально возможная частота вращения и относительно небольшая нагрузка на долото.
- В средних по прочности породах рекомендуется поддерживать среднюю нагрузку на долото при средней частоте вращения. По мере износа резцов рекомендуется увеличить нагрузку на долото.

- В твердых породах наиболее эффективным считается режим бурения при средних-больших нагрузках на долото и малой-средней частоте вращения.
- Не рекомендуется одновременно применять к долоту верхние значения эксплуатационных параметров бурения. Эксплуатационные параметры указываются в спецификации на долото.
- Избегайте резких перепадов нагрузки на долото, так как подача нагрузки рывками по 3-5 тонн влечет за собой резкое увеличение момента на долоте, что в свою очередь приводит к скачкам давления на стояке и остановке забойного двигателя, а также может привести к образованию сальника на долоте.
- Для определения нагрузки на долото в вертикальном стволе перед началом бурения замерьте вес инструмента на весу при включенных насосах. В условиях высоких механических скоростей вес инструмента на весу должен быть замерен при движении колонны вниз к забое с ожидаемой скоростью проходки. Это связано с тем, что фактическая нагрузка на долото может быть меньше, чем замеряемое значение веса инструмента на величину гидравлического подъема (при включенном насосе), действующего из-под долота. Гидравлический подъем действует на любой тип долота, на котором создается перепад давления из-за потока раствора между лицевой поверхностью долота и породой.
- В наклонно-направленном, либо горизонтальном стволе оптимальная нагрузка на долото определяется дифференциальным давлением (разница давления нагнетания при нахождении инструмента «на забое – над забоем»). Рекомендуемое минимальное дифференциальное давление — 20 атм. В процессе бурения контролируйте нагрузку на долото путем поддержания постоянного дифференциального давления на стояке.
- При использовании забойных двигателей показатели работы долота при прочих равных условиях определяются техническим состоянием ГЗД. Поэтому: перед спуском компоновки в скважину проверьте фактические технические характеристики забойного двигателя, устанавливаемые путем стендовых испытаний после каждого ремонта. Результаты стендовых испытаний указываются в паспорте. К ним относятся: момент силы на выходном валу (в рабочем режиме и в режиме максимальной мощности); частота вращения выходного вала (в холостом режиме, в рабочем режиме и при максимально допустимой подаче); дифференциальный перепад давления на моторе (в режиме холостого хода, в рабочем режиме и при тормозном режиме).

## Оптимизация параметров режима бурения

Два условия для проведения теста:

- Проведение теста возможно только после приработки долота;
- Пласт относительно однородный.

### Пассивный тест:

- Выбрать нагрузку до нуля, исключить зависание инструмента.
- При умеренной частоте вращения создать максимально допустимую нагрузку на долото и зафиксировать талевый блок.
- Фиксировать изменение нагрузки постоянно, записывать время, за которое нагрузка на долото уменьшается (вес на крюке увеличивается) на определенное значение (например, на 2 тонны) в зависимости от диаметра и типа долота.
- Продолжать запись периодов времени, за которые нагрузка на долото уменьшается на одинаковые значения до тех пор, пока скорость проходки не станет значительно меньшей по сравнению с началом теста.
- Определить нагрузку на долото, изменение которой на заданную величину произошло за наименьшее время. Эта нагрузка является оптимальной для данной частоты вращения.
- Повторите тест для других частот вращения до наиболее высоко возможной (для долота и привода) частоты.
- Оптимальной комбинацией значений частоты и нагрузки будут значения, при которых время на уменьшение нагрузки на определенную величину будет наименьшим.
- Пассивный тест может быть остановлен, если при приложении нагрузки не происходит её снижения. Это может свидетельствовать о недостаточной подаче нагрузки на долото.

### Активный тест:

- Установить среднюю оптимальную частоту вращения долота.
- Установить нижний уровень нагрузки на долото от оптимального диапазона, и зафиксировать скорость проходки для 5-ти минутного интервала.
- Повторить запись скоростей проходки несколько раз, прикладывая каждый раз большую нагрузку на долото.
- Повторять до верхней границы оптимального диапазона нагрузок.
- Определить диапазон параметров, при котором скорость проходки максимальна.
- Повторите тест несколько раз при различных показателях осевой нагрузки.
- После установления показателя оптимальной осевой нагрузки путем его повышения и понижения может быть оптимизирована скорость вращения.

## Поиск и устранение неисправностей

Ресурс долота напрямую зависит от соблюдения рекомендованных эксплуатационных режимов указанных в спецификации долота, тем не менее по ряду причин, долото может выйти из строя раньше запланированного срока эксплуатации, поэтому очень важно своевременно оценить проблемную ситуацию и дать рекомендации по решению проблемы, т.е. провести поиск и устранение неисправностей.

На поверхности о наличии неисправностей могут сигнализировать параметры:

- Давление
- Крутящий момент
- Скорость вращения
- Осевая нагрузка
- Расход жидкости
- Механическая скорость бурения
- Вибрация
- Образцы породы

Каждый из перечисленных сигналов неисправности может быть обусловлен несколькими факторами. Некоторые факторы очень специфичны. Тщательно изучите проблему и перейдите к поэтапному устранению ее причин.

### **Изменение рабочего давления**

#### **PDC долото**

- Налипание сальника на долото
- Образование сальника в затрубном пространстве
- Изменение расхода жидкости

#### **Шарошечные**

- Налипание сальника на долото
- Изменение расхода жидкости

#### **Дополнительные причины:**

- Повышение расхода жидкости
- Повышение массы или вязкости бурового раствора
- Закупорка насадки
- Сужение затрубного пространства
- Кольцевой износ или кернение долота
- Налипание сальника на долото

#### **Причины понижение давления:**

- Снижение расхода жидкости
- Снижение массы или вязкости бурового раствора
- Промыв инструмента
- Газированный буровой раствор
- Выброс газа
- Поглощение бурового раствора
- Потеря насадки
- Слом бурильной колонны

### **Вращающий момент**

#### **Повышение**

- Повышение осевой нагрузки
- Изменение породы
- Сужение затрубного пространства

- Выход из строя опоры шарошечного долота
- Износ калибрующей части вооружения

**Снижение**

- Снижение осевой нагрузки
- Изменение породы
- Износ или повреждение долота
- Налипание сальника на долото

**Колебания**

- Перепластование или трещиноватая порода
- Зависание КНБК при спуске
- Избыточная осевая нагрузка
- Износ калибрующей части вооружения
- Посторонние предметы в скважине
- Резкое сужение или искривление ствола скважины

**Механическая скорость бурения****Повышение механической скорости бурения**

- Изменение породы
- Снижение веса или улучшение характеристик бурового раствора
- Повышение порового давления
- Оптимизация осевой нагрузки
- Оптимизация скорости вращения
- Оптимизация очищения долота (гидравлика)

**Снижение механической скорости бурения**

- Изменение породы
- Повышение веса или ухудшение характеристики бурового раствора
- Не оптимизирована осевая нагрузка
- Не оптимизирована скорость вращения
- Плохое очищение долота (гидравлика)
- Износ вооружения долота

**Колебания механической скорости бурения**

- Перепластование или трещиноватая порода
- Налипание сальника на долото
- Не равномерное хождение КНБК

**Расход жидкости****Повышение расхода жидкости при постоянном давлении нагнетания**

- Промыв инструмента
- Газированный буровой раствор
- Выброс газа
- Поглощение бурового раствора
- Снижение удельного веса или вязкости бурового раствора

**Снижение расхода жидкости при постоянном давлении нагнетания**

- Сужение затрубного пространства
- Закупорка насадки или промывочной канавки
- Налипание сальника на долото
- Повышение удельного веса или вязкости бурового раствора
- Кольцевой износ или кернение долота

**Устранение сальника и налипания глины**

В мягких гидрофильных глинах при применении бурового раствора на водной основе возможна их гидратация и налипание на долото вследствие чего резко падает эффективность бурения.

**Признаками налипания являются:**

- значительное падение реактивного момента,
- значительное снижение скорости проходки,
- увеличение давления на стояке.

**Для очистки долота необходимо выполнить следующие действия:**

- Приподнять долото от забоя на 5 сантиметров.
- В течение 5-15 минут необходимо подавать промывочную жидкость с максимально возможным расходом.
- В этот промежуток увеличивать до максимально возможного значения скорость вращения долота в течение 1 минуты, повторять указанное действие с перерывом в 1 минуту.
- После указанной процедуры необходимо установить новые параметры бурения:
  1. Установить максимально возможную частоту вращения.
  2. Установить максимально возможный расход промывочной жидкости.
  3. Установить значение нагрузки на долото равное 80% от нагрузки, при которой произошло налипание глины.

Помните, что для выявления основной причины неполадки необходимо проверить не один, а несколько параметров.

**Подъём долота****Подъем долота обусловлен несколькими причинами:**

- Достижение конечной глубины скважины
- Заданный интервал
- Замена долота или другого оборудования при смене породы
- При наклонно-направленном бурении – достижение начала резкого искривления ствола скважин или смена породы
- При отборе керна – достижение нужной глубины или породы
- Внезапное повышение или понижение крутящего момента без видимых причин
- Боковые биения или крутильные колебания
- Внезапное резкое падение механической скорости бурения

## Система оценки износа буровых долот

Параметры оценки							
● Режущая структура (вооружение)				● Подшипник (опора)	● Наружный диаметр долота	● Примечания	
● Внутренние ряды	● Наружные ряды	● Характер износа	● Место-положение	● Уплотнение подшипника	● Износ по диаметру 1/16	● Другие типы износа	● Причина подъёма
(I)	(o)	(D)	(L)	(B)	(G)	(O)	(R)

## ● (I) Внутренние ряды (2/3 диаметра долота)

## ● (o) Наружный ряд

В колонках (I) и (o) для описания состояния режущей структуры применяется линейная шкала в диапазоне от 0 до 8

**Для долот с фрезерованными зубьями:**

Измерение уменьшения высоты зуба вследствие абразивного износа или скола

0 – зуб не изношен

8 – полный износ

**Для долот с твердосплавными вставками:**

Подсчет изношенных, выпавших или сколотых вставок

0 – нет выпадения, износа или скола вставок

8 – все вставки изношены, сколоты или выпали

**Для долот типа PDC:**

Подсчет выпавших, изношенных или сколотых резцов

0 – нет выпадения, износа или скола вставок

8 – все вставки изношены, сколоты или выпали

## ● (D) Типы и другие характеристики износа

Применяется только для режущей структуры

\*BC – Слом шарошки

BF – Отслоение породоразрушающих пластин для ПДС

BT – Слом зубьев и резцов

BV – Заклинка шарошек глинистым сальником

\*CC – Трещина в шарошке

\*CD – «Лыски» от заклинки

CI – Взаимокасание шарошек

CR – Слом вершин шарошек

CT – Скол (выкрашивание) зубьев

ER – Эрозионный износ

FC – Плоский износ для стальных зубьев

HC – Температурные трещины на вставках

JD – Работа по металлу

\*LC – Оставление шарошки на забое

LN – Выпадение насадки

LT – Выпадение вставок

OC – Эксцентричный износ долота  
 PB – Работа в суженном стволе  
 PN – Забитая насадка  
 RG – Закругление периферийного (калибрующего) ряда  
 RO – Кольцевая канавка на рабочей поверхности ПДС  
 SD – Разрушение козырька лапы  
 SS – Самозатачивание зубьев  
 TR – Износ тела шарошки между зубьями  
 WO – Размыв корпуса долота  
 WT – Плоский абразивный износ вставок  
 NO – Отсутствие износа

\* - Покажите номер или номера шарошек в колонке (L)

### ● (L) Местоположение

#### Для шарошечных долот

N – Центральные ряды  
 M – Средние ряды  
 G – Калибрующие ряды  
 A – Все ряды  
 1 2 3 – Номер(а) шарошек

#### Для долот PDC

C – Центральный конус  
 T – Боковой конус  
 G – Калибрующая часть  
 N – Торцевая часть  
 S – Переходная зона (от бокового конуса к калибрующей части)  
 A – Все части

### ● (B) Подшипники / уплотнения

**Открытая опора** – линейная шкала от 0 до 8 применяется для указания моторесурса подшипника

0 – ресурс подшипника не использован  
 8 – ресурс подшипника использован полностью

#### Герметизированная опора

E – уплотнения не нарушены  
 F – разрушение уплотнений  
 N – невозможно оценить износ  
 X – долото ПДС (подшипник отсутствует)

### ● (G) Наружный диаметр долота

I – соответствует номинальному размеру  
 1/16 – 1/16 дюйма отклонение от номинальных размеров  
 1/8 – 1/8 дюйма отклонение от номинальных размеров  
 1/4 – 1/4 дюйма отклонение от номинальных размеров

### ● (O) Другие типы износа (см. коды в колонке D)

**● (R) Причина подъёма**

ВНА – Смена КНБК  
DMF – Отказ забойного двигателя  
DTF – Отказ другого забойного оборудования  
DSF – Поломка элементов бурильной колонны  
DST – Работа испытателя пластов  
DP – Разбуривание цементных пробок  
CM – Проблемы с параметрами бурового раствора  
CP – Проведение отбора керна  
FM – Изменение породы  
HP – Проблемы в скважине  
LIN – Оставление элементов КНБК в скважине  
HR – Выработка ресурса долотом  
LOG – Проведение каротажа  
PP – Изменение давление  
PR – Уменьшение скорости проходки  
RIG – Ремонт буровой установки  
TD – Достижение проектного забоя  
TW – Обрыв инструмента  
TQ – Резкое изменение крутящего момента  
WC – Погодные условия