



Работа бурильной колонны в скважине

Тюменский
государственный нефтегазовый
университет

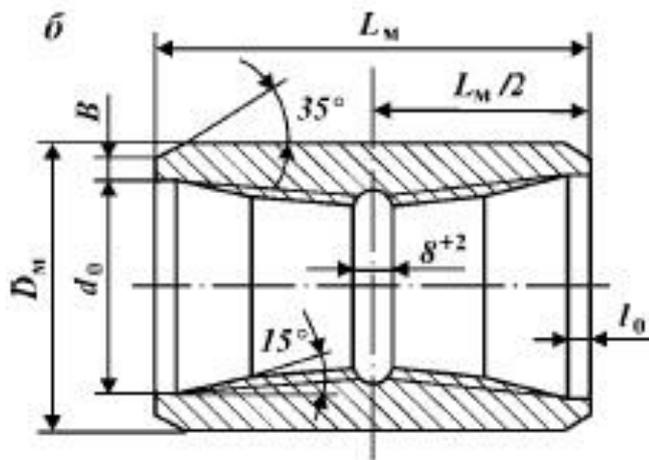
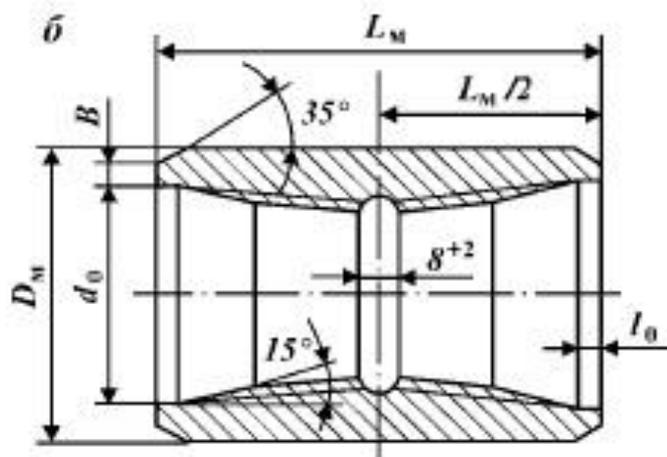
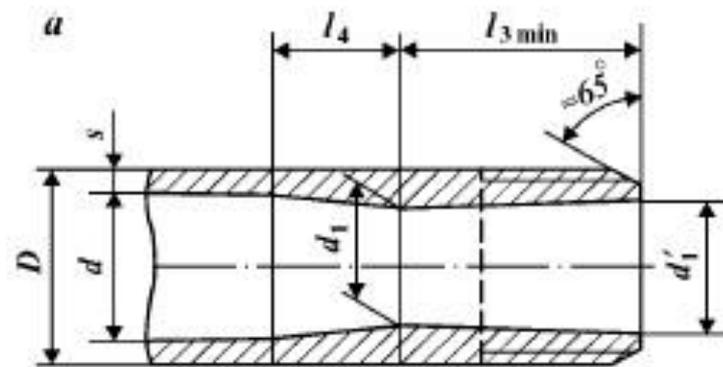
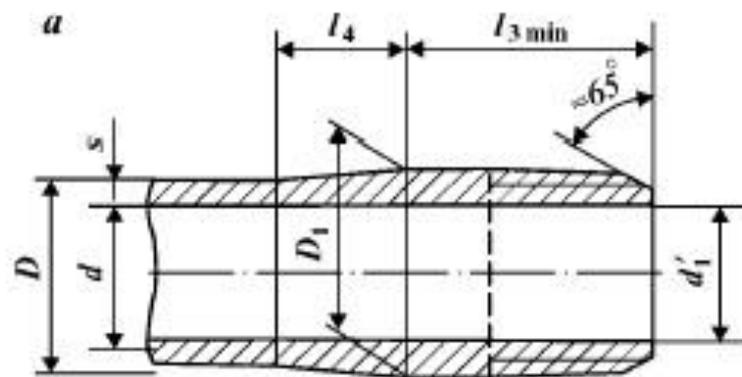
НАЗНАЧЕНИЕ: М MR (ТРУБОПРОВОД)

ФУНКЦИИ: (В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА БУРЕНИЯ);

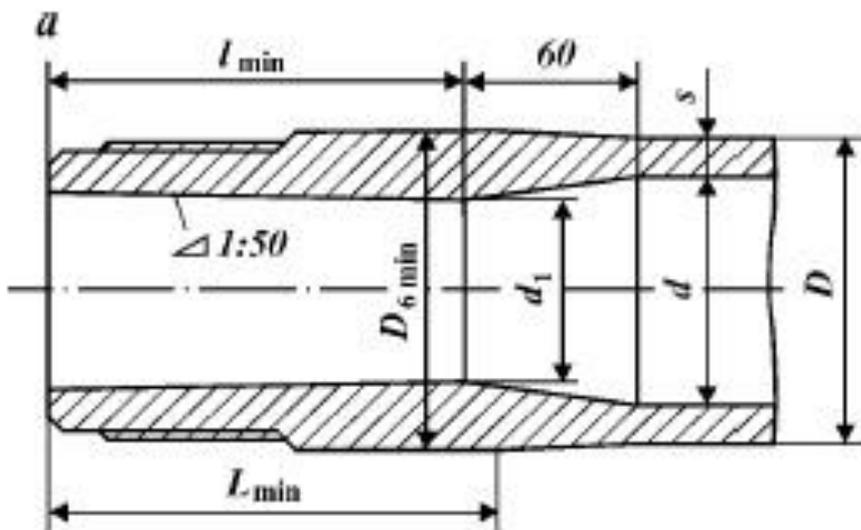
СОРТАМЕНТ:

Тип трубы	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм
В	73,89, 114, 127, 140	От 9до 11
ВК	73,89, 114, 127, 140	От 9до 11
П	73,89, 114, 127, 140, 146, 155	От 9до 13
ПК	73,89, 114, 127, 140, 146, 155	От 9до 13
ЛБТ	73,89, 114, 129, 140, 147	От 9до 18

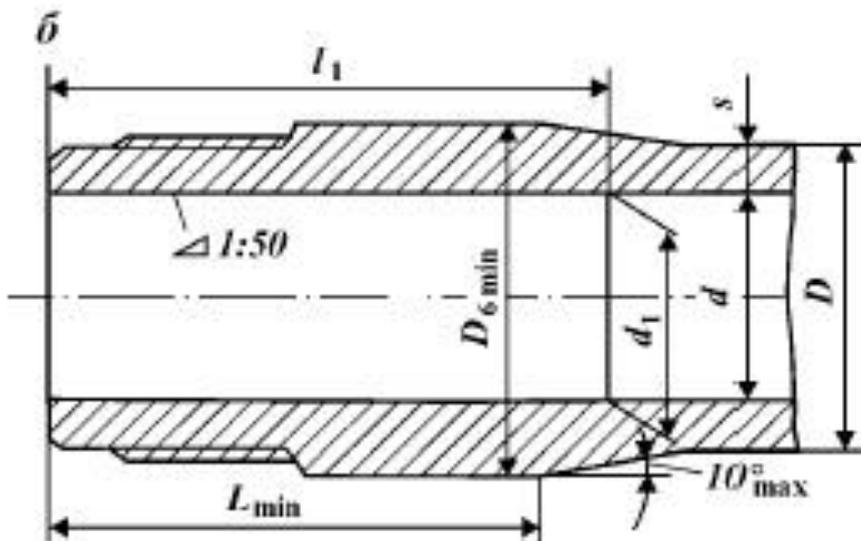
Трубы стальные с высаженными наружу и внутрь концами



Трубы стальные бурильные с коническим стабилизирующим пояском

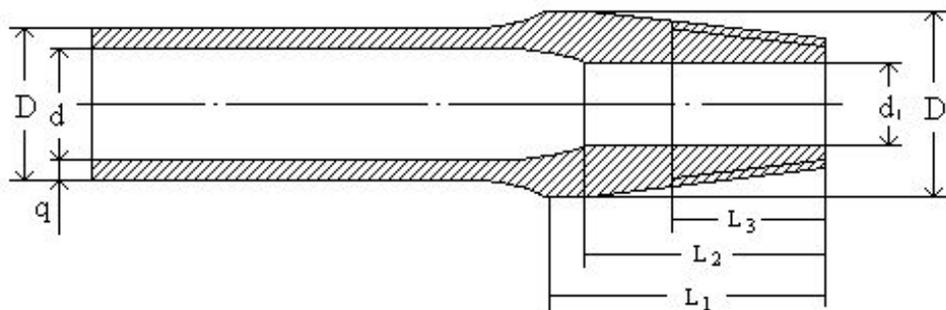


**А) конец трубы с
высаженными внутрь
концами и коническими
стабилизирующими
поясками**

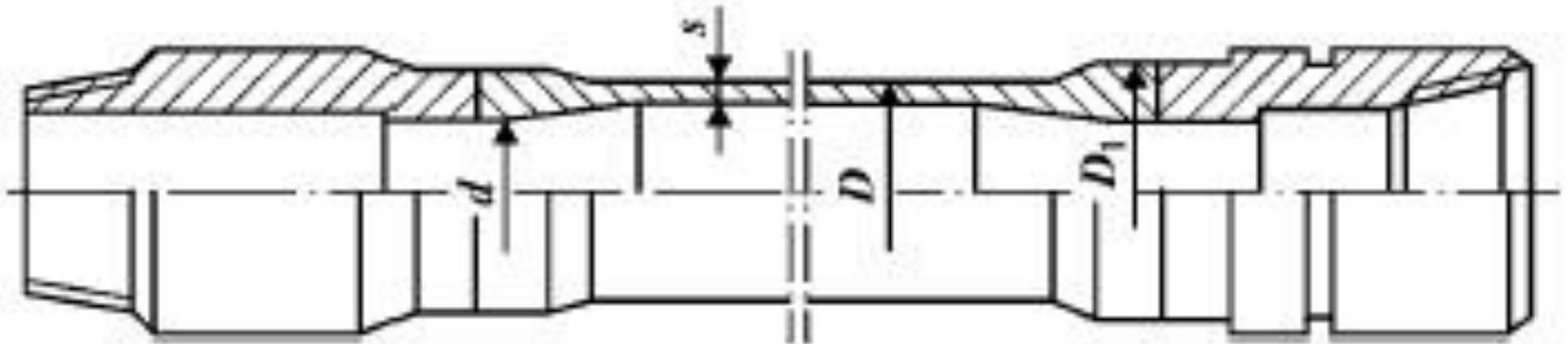


**Б) конец трубы с
высаженными наружу
концами и коническими
стабилизирующими
поясками**

В глубоком бурении применяют горячекатаные бесшовные *стальные* (СБТ) и *легкосплавные* (ЛБТ, АБТ) бурильные трубы с номинальными диаметрами (60, 73, 89, 102), 114, 127 и 140 мм. Толщина стенок труб от 7 до 11 мм, длина 11,5 м.

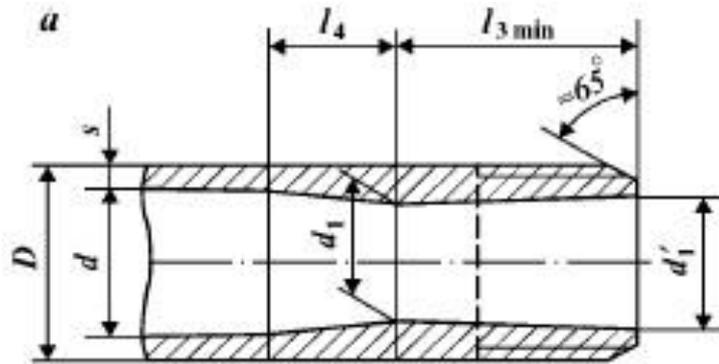


Труба бурильная с приваренными замками ПК



Легкосплавные бурильные трубы (ЛБТ)

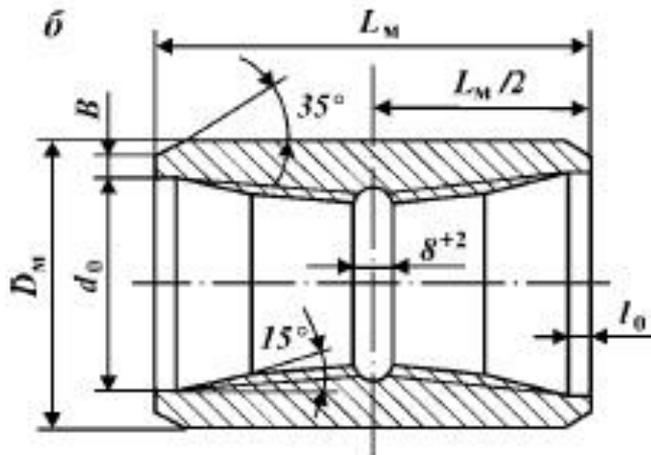
Д16 системы А1 - Си-Мг. Химический состав этого сплава Д16 (ГОСТ 4784-65) следующий: медь 3,8 - 4,9 %; магний 1,2 - 1,8 %, марганец 0,3 - 0,9 %, примеси 1,5 %, алюминий - остальное.



Выпускаются *легкосплавные бурильные трубы* с высаженными внутрь концами диаметром 73, 93, 114, 129 и 147 мм.

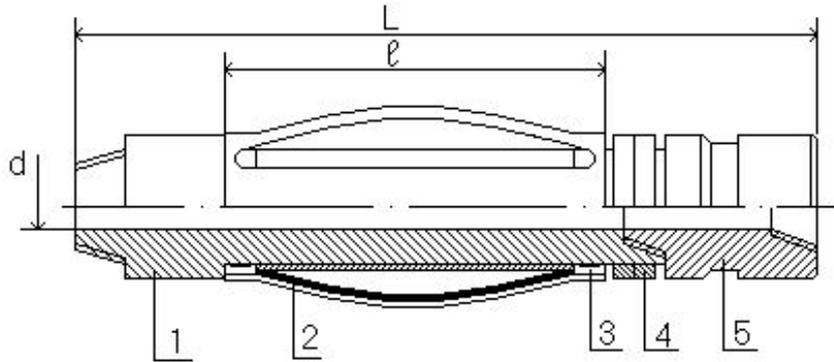
На концах ЛБТ нарезается стандартная трубная резьба. Свинчиваются они при помощи стальных бурильных замков.

40ХНМА



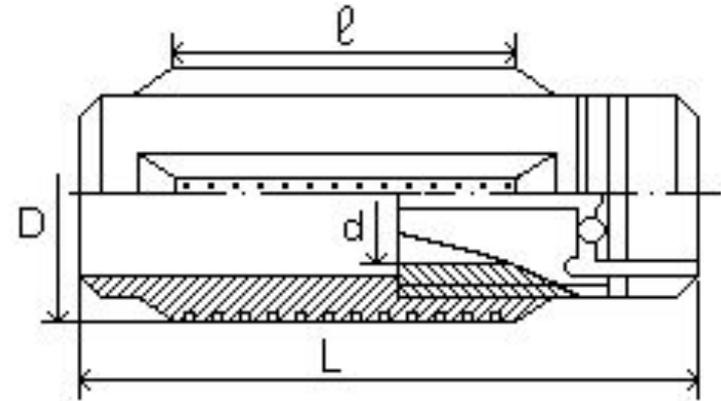
Д16Т, или АК4 - 1Т1 (термостойкий) и 1953Т1 (высокопрочный коррозионно-стойкий) с накрученными на безупорной треугольной резьбе облегченными стальными замками типа ЗЛ.

Центраторы и калибраторы

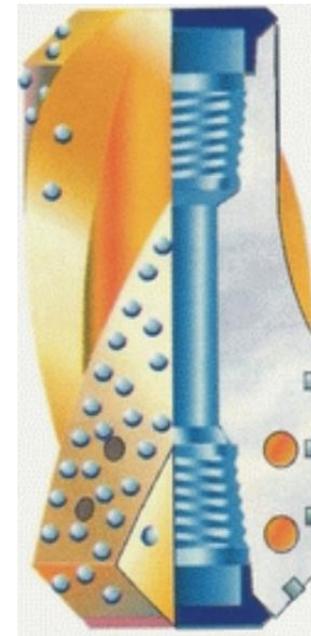


Центратор упругий

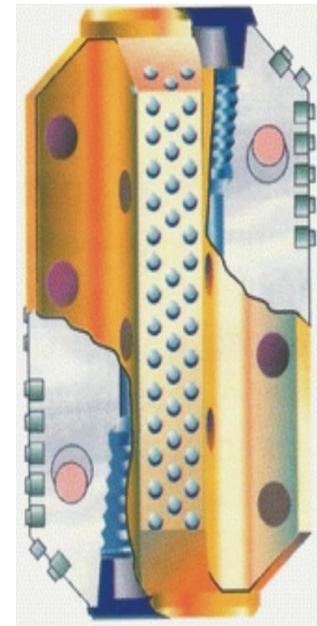
- 1 - ствол,
- 2 - каркас с упругими опорными планками,
- 3 - радиальная опора,
- 4 - осевая опора,
- 5 - переводник.



Передвижной центратор
забойного двигателя 3-ЦДП

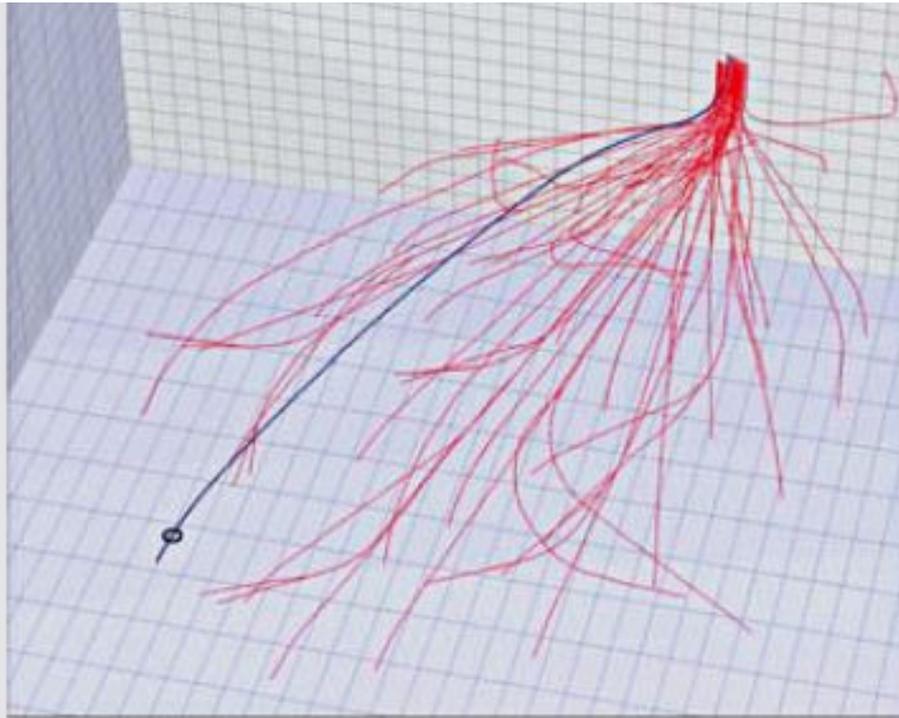


спиральный

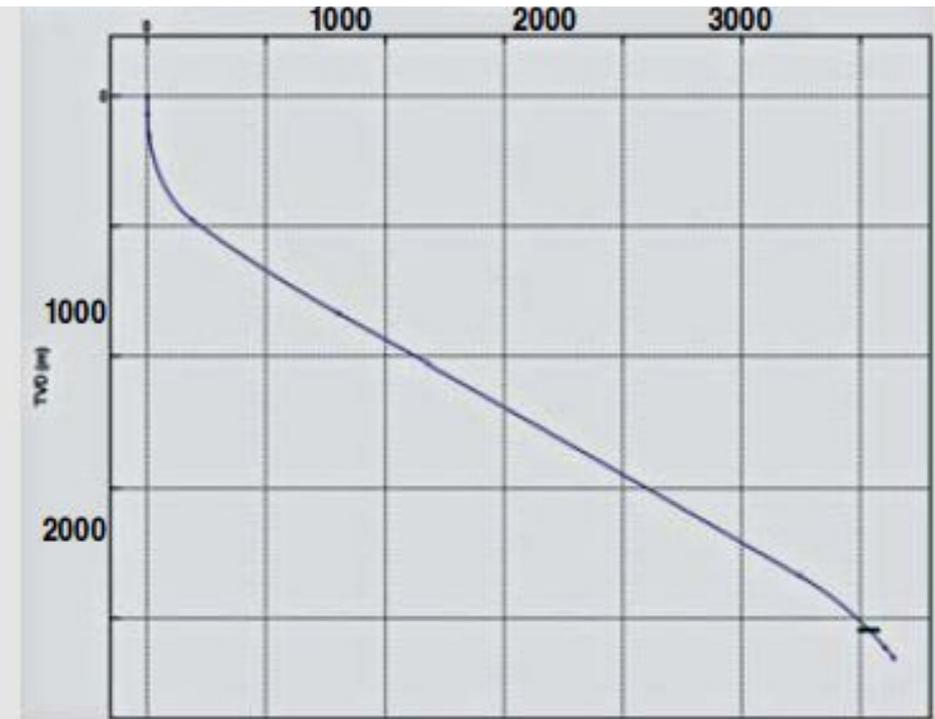


прямой

ПАРАМЕТРЫ ПРОФИЛЯ СКВАЖИН УСТЬ-ТЕГУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



3D проекция скважин на кустовой площадке



Вертикальная проекция скважин на кустовой площадке

КОМПОНОВКА НИЗА БУРИЛЬНОЙ КОЛОДЦЫ



УСЛОВИЯ РАБОТЫ БК В СКВАЖИНЕ

Наиболее существенные факторы:

- **величина и характер действующих нагрузок;**
- **концентрация напряжений в местах сопряжения элементов БК;**
- **коррозионное воздействие среды;**
- **абразивное воздействие стенок скважины и БШ;**
- **трение БК об обсадную колонну;**
- **колебательные процессы и резонансные явления в бурильной колонне.**

В процессе бурения БК подвергается действию **статических, динамических и переменных** (в т.ч. циклических) **нагрузок**.

Основные нагрузки на БК

Роторное бурение	Бурение с забойным двигателем
<ul style="list-style-type: none">● Осевая нагрузка растяжения от собственного веса БК, подвешенной в скважине, и перепада давления в долоте.● Продольное усилие сжатия в нижней части БК, разгруженной на забой.● Осевые динамические (инерционные) нагрузки, возникающие при проведении СПО.● Дополнительные осевые нагрузки, необходимые для преодоления местных сопротивлений и сил трения при подъеме БК и при освобождении ее от прихвата.	

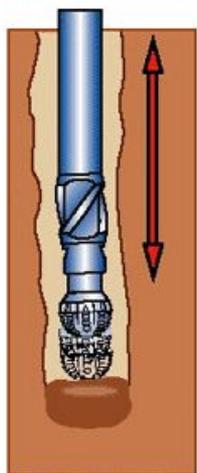
Основные нагрузки на БК

Роторное бурение	Бурение с забойным двигателем
<ul style="list-style-type: none">• Дополнительные переменные изгибающие нагрузки, возникающие при вращении БК	<ul style="list-style-type: none">• Дополнительная осевая нагрузка растяжения в подвешенной колонне от перепада давления в турбобуре
<ul style="list-style-type: none">• Крутящий момент, необходимый для вращения БК в скважине и подвода мощности к долоту	<ul style="list-style-type: none">• Реактивный момент, воспринимаемый БК при работе забойного двигателя
<ul style="list-style-type: none">• Изгибающий знакопеременный момент при вращении БК в искривленном стволе скважины	<ul style="list-style-type: none">• Статический изгибающий момент при размещении БК в искривленном стволе скважины



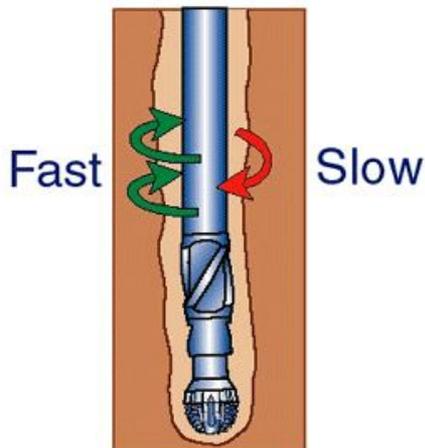
ДИНАМИКА РАБОТЫ КНБК

Скачки долота



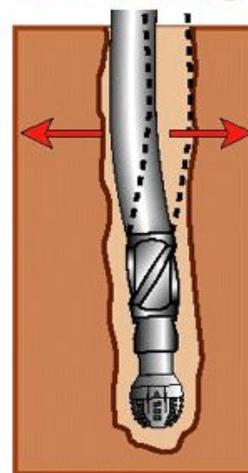
Осевое

Прерывистое вращение



Торсионное

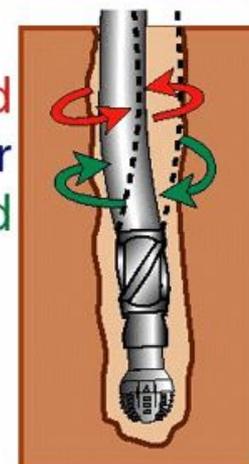
Изгиб



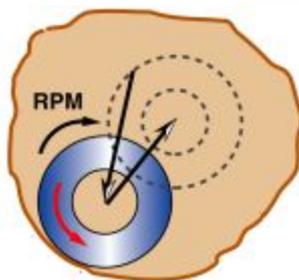
Поперечное

Закручивание КНБК

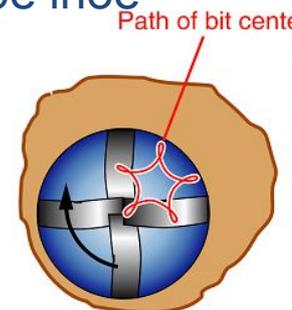
Backward
or
Forward



Эксцентричное



Вращательные удары



Смещение долота

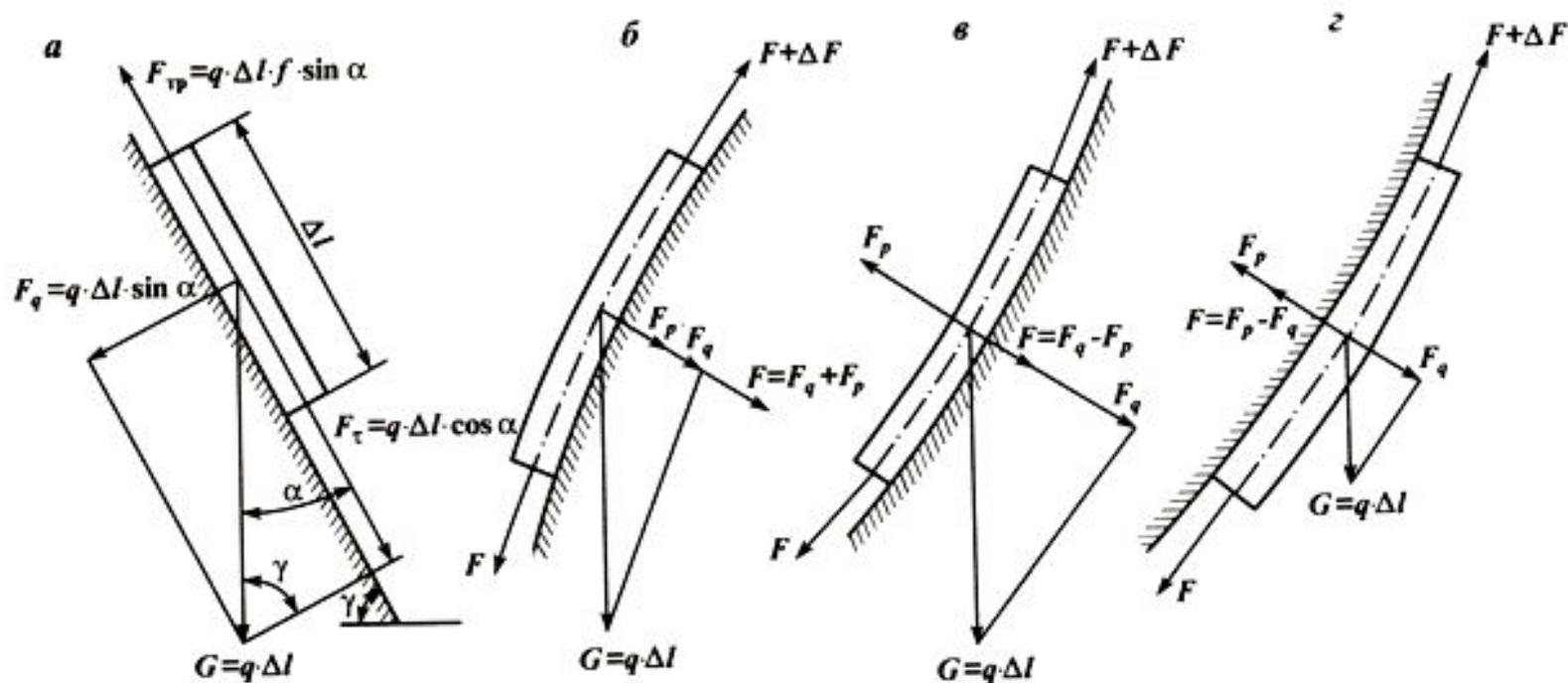
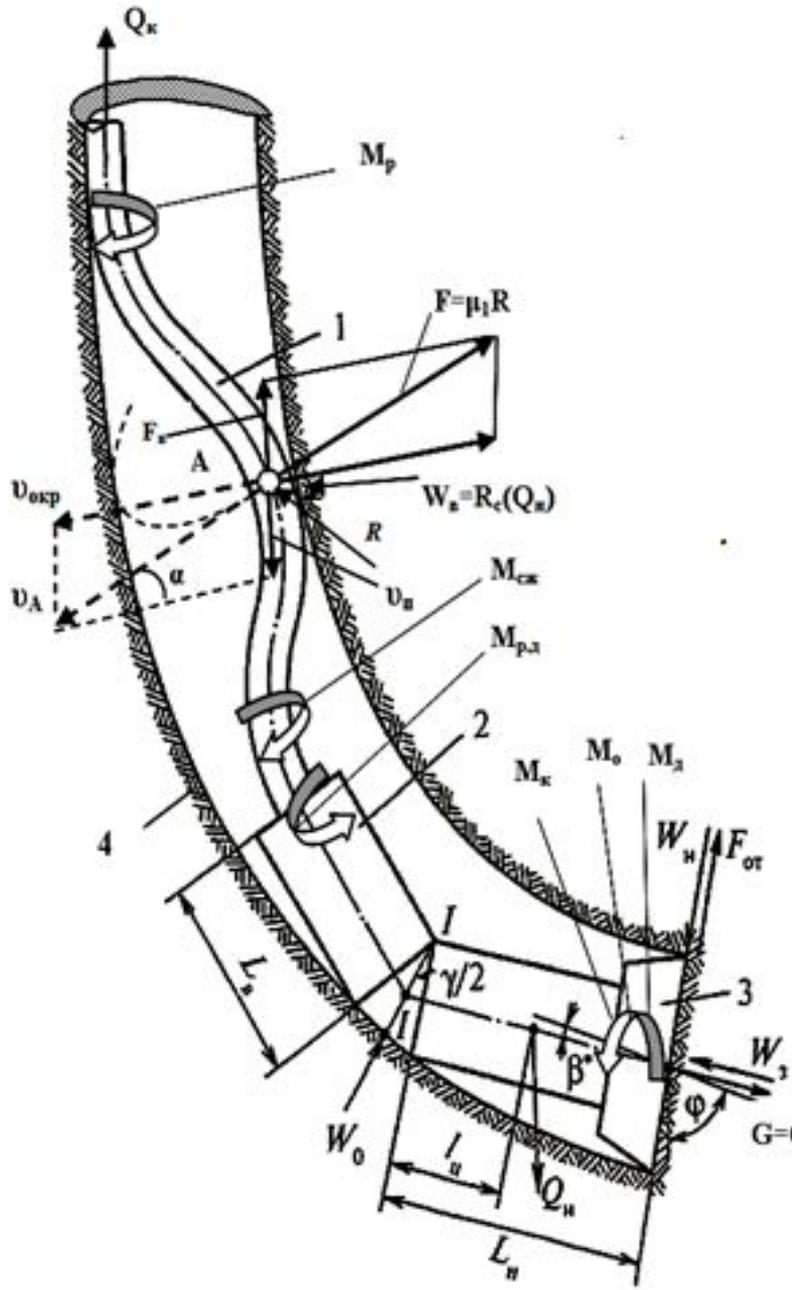


Рисунок 27 – Силы, действующие на буровую колонну на участках скважины без потери ее устойчивости: (а) – прямолинейный, (б) – выпуклый, (в, г) – вогнутый

Схема действия сил в системе



словные обозначения: 1 - бурильная колонна; 2 - забойный двигатель; 3 - долото; 4 - скважина; G - осевая нагрузка; $F_{от}$ - отклоняющая сила на долоте; W_z - реакция забоя; W_o , W_n , W_k - реакция стенок скважины; φ - зенитный угол; β^* - угол между осями скважины и долота; γ - угол перекоса осей секций двигателя

эпюры осевых усилий и моментов в БК с включением в КНБК забойного двигателя (а) и роторным способом (б).

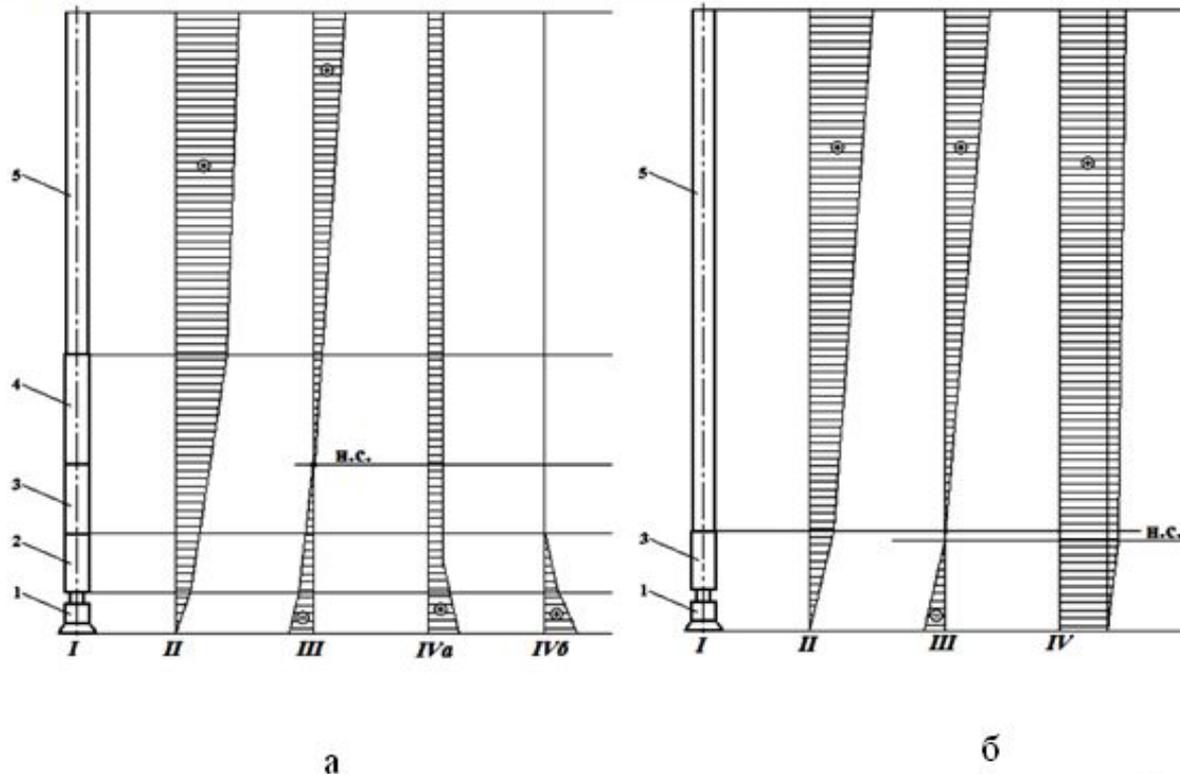
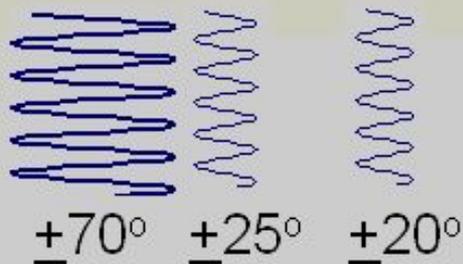
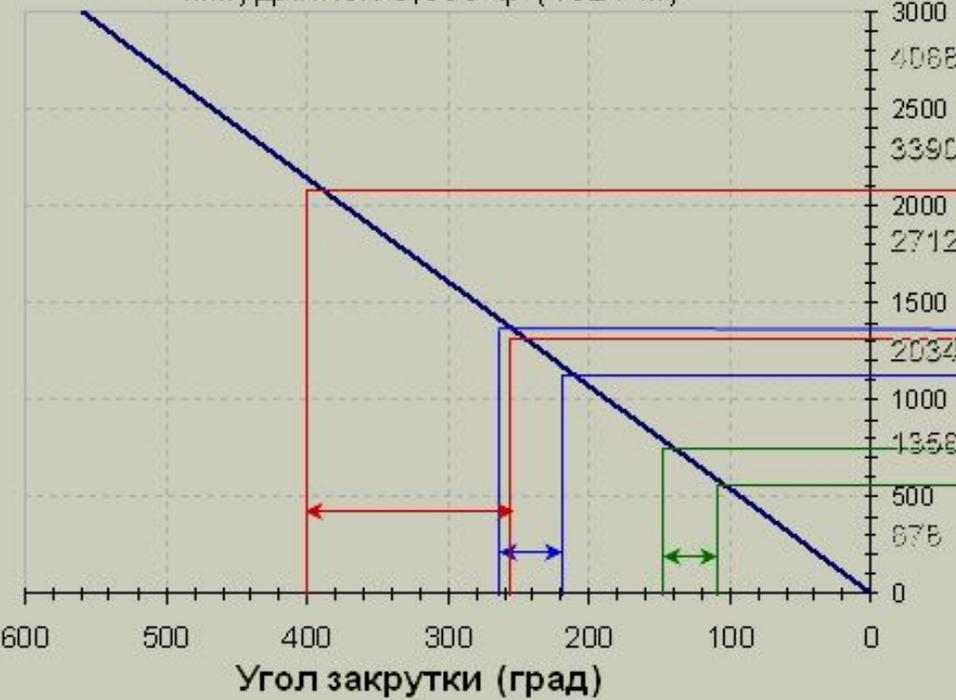


Рисунок 28 – Эпюры осевых усилий и моментов в буровой колонне:
I – схема компоновки буровой колонны; II – эпюра осевых усилий при ненагруженном долоте; III – эпюра осевых усилий в процессе бурения; IV – эпюра крутящего момента в процессе бурения (а – реактивный крутящий момент достигает устья; б – реактивный крутящий момент не достигает устья); н.с. – условно нейтральное сечение; 1 – долото; 2 – забойный двигатель; 3 – утяжеленные буровые трубы; 4, 5 – колонна СБТ ЛБТ

Угол закрутки бурильных труб в зависимости от прилагаемого момента.

Колонна стальных бурильных труб 4 1/2" (114,3 мм) длиной 5,000 ф (1524 м)



Момент на долоте в зависимости от осевой нагрузки



Момент на долоте (фунты на фунты (Нм))

Расчет растягивающих напряжений

$$\sigma_p = \frac{K_d}{F_{\text{ТЛ}}} \cdot [b \cdot (G_3 + q_y \cdot l_y + q_{\text{ПК}} \cdot l_{\text{П}}) + q_{\text{Л}} \cdot l_{\text{Л}} \cdot b_{\text{Л}} + F_{\text{В}} \cdot (P_{\text{Т}} + P_{\text{Д}}) + G_{\text{тр}}]$$

$$\sigma_p \leq \frac{\sigma_{\text{Т}}}{K_3}$$

расчет результирующих напряжений

(статический расчет с учетом растягивающих и касательных напряжений)

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_{сж}^2 + \sigma_{изг}^2 + 4\tau^2}$$

$$\tau = \frac{M}{W} \quad \sigma_{изг} := \frac{E \cdot I \cdot K_2 \cdot d_H}{2 \cdot I_0} \quad I := \frac{\pi \cdot d_H^4}{64} \cdot \left(1 - \frac{d_B^4}{d_H^4} \right)$$

$$M = M_B + M_0 = \frac{N_B}{2\pi \cdot n} + M_0 \quad W_p := \left[\frac{\pi \cdot d_H^3}{16} \cdot \left(1 - \frac{d_B^4}{d_H^4} \right) \right]$$

$$M_0 = 250 \cdot D_d$$

$$N_B = C_n \cdot \gamma_{ж} \cdot \sqrt{n^3 \cdot D_c} \cdot (l_k \cdot d_H^2 + l_y \cdot d_{Hy}^2)$$



$$R_c := \frac{q \cdot \omega_{кр}^2 \cdot l_{кр}^2}{g} + F_{откл}$$

$$F_{откл} := \frac{(M_y - Q_H \cdot l_{ц} \cdot \sin(\alpha - \beta))}{L_1}$$

$$l_p := 1.4 \cdot l_{кр}$$

$$R_{скв} := \frac{d_d}{2}$$

$$M_{кр} := M_1 + M_2$$

$$M_1 := \mu_1 \cdot R_c \cdot R_{скв}$$

$$M_2 := \mu_1 \cdot R_c \cdot r_{бк} + M_0$$

$$M_0 := 1.12 \cdot G_{сдвига} \cdot I_0 \cdot K_2 \cdot 1.5$$



ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{\left(E \cdot I - \frac{P \cdot l_{кнбк}^2}{\pi^2} + 0.013 \cdot \frac{q_H \cdot l_{кнбк}^4}{f} \right) \cdot g \cdot \pi^4}{q \cdot l_{кнбк}^4}}$$

E - модуль Юнга, Па

I - осевой момент инерции, м⁴

P - осевая нагрузка на долото, Н

q - вес одного метра БК, Н

q_H - вес в зависимости от угла наклона скважины, Н

l_{кнбк} - длина КНБК, м

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ СТЕРЖНЯ

$$l_{кр} = \frac{\pi}{\omega_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{-P \cdot g}{2 \cdot q} + \sqrt{\left(\frac{P \cdot g}{2 \cdot q} \right)^2 + \frac{E \cdot I \cdot g \cdot \omega_{кр}^2}{q}}}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ДОЛОТО И КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ БК О СТЕНКИ

$$\mu < \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{P^2 \cdot R_{скв}}{\left(P^2 \cdot r_{бк} + 2(E \cdot I) \cdot \frac{q}{g} \cdot \omega_{кр}^2 \cdot D_d \right)}$$

μ - коэффициент трения

r_{бк} - средний радиус бурильной колонны, м

R_{скв} - радиус скважины, м

D_д - Диаметр долота, м

$$P_{кр} = \sqrt{\frac{8\pi \cdot \mu \cdot (E \cdot I) \cdot \omega_{кр}^2 \cdot D_d \cdot q}{g \cdot (R_{скв} - 4\pi \cdot \mu \cdot r_{бк})}}$$

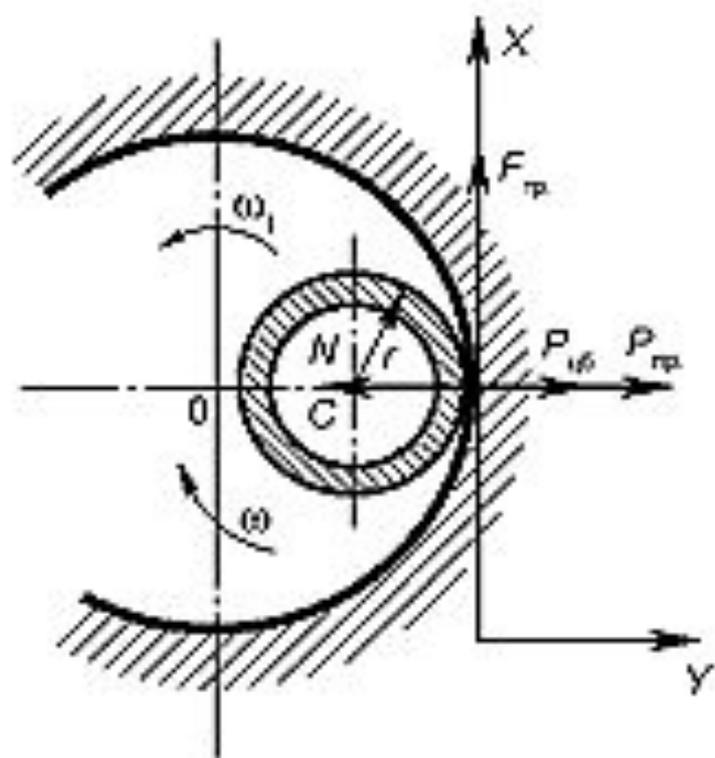


Рис. 3. Схема действия радиальных сил в сечении буровой колонны

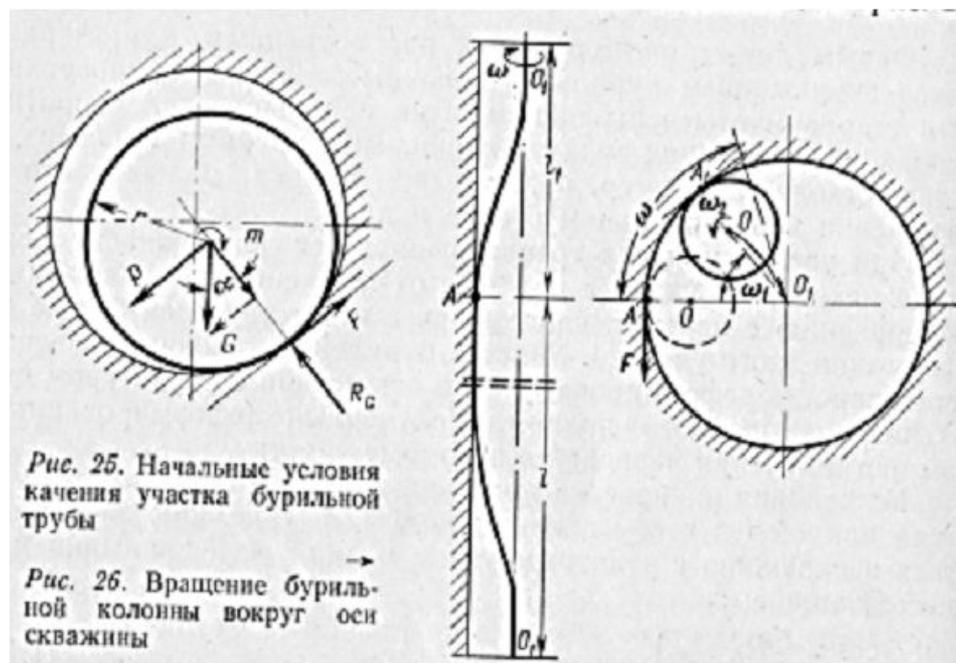


Рис. 25. Начальные условия качения участка буровой трубы

Рис. 26. Вращение буровой колонны вокруг оси скважины





$$h = \frac{N}{\frac{\omega_{\text{переносное}}}{\omega_2} \cdot \omega_{\text{в.взД}} \cdot 60}$$

h - время работы ВЗД, час

N - количество циклов переменных напряжений ($1 \cdot 10^{10}$)

ω_2 - частота вращения ВЗД относительно стенки скважины, с^{-1}

$\omega_{\text{переносное}}$ - угловая скорость вала ВЗД (переносное движение), с^{-1}

$\omega_{\text{в.взД}}$ - частота вращения вала ВЗД относительно собственной оси, с^{-1}

