

Рисунок 4 – Конструкція скребка для надійного зчеплення з тілом штанги

Отримані результати дають можливість правильно вибрати конструкцію скребка для конкретних умов експлуатації, що сприятиме підвищенню ефективності очищення штанг і НКТ від АСПР.

#### Література:

1 Копей Б.В., Копей В.Б. Аналіз конструкцій скребків і протекторів для насосних штанг // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2001. – № 38. – Т. 4. – С. 42-52. – Серія: Нафтопромислове обладнання.

2 [www.rmenergy.com](http://www.rmenergy.com)

3 Копей В.Б., Чаплинський С.С. Аналіз і раціоналізація конструкцій протекторів для насосних штанг за допомогою параметричного тривимірного моделювання та методу скінченних елементів // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2004. – № 1(7). – С.23-28.

УДК 622.243.054:004.18

## ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ОКРЕМИХ ВИДІВ ОБЕРТАННЯ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ В СВЕРДЛОВИНІ

І. І. Чудик

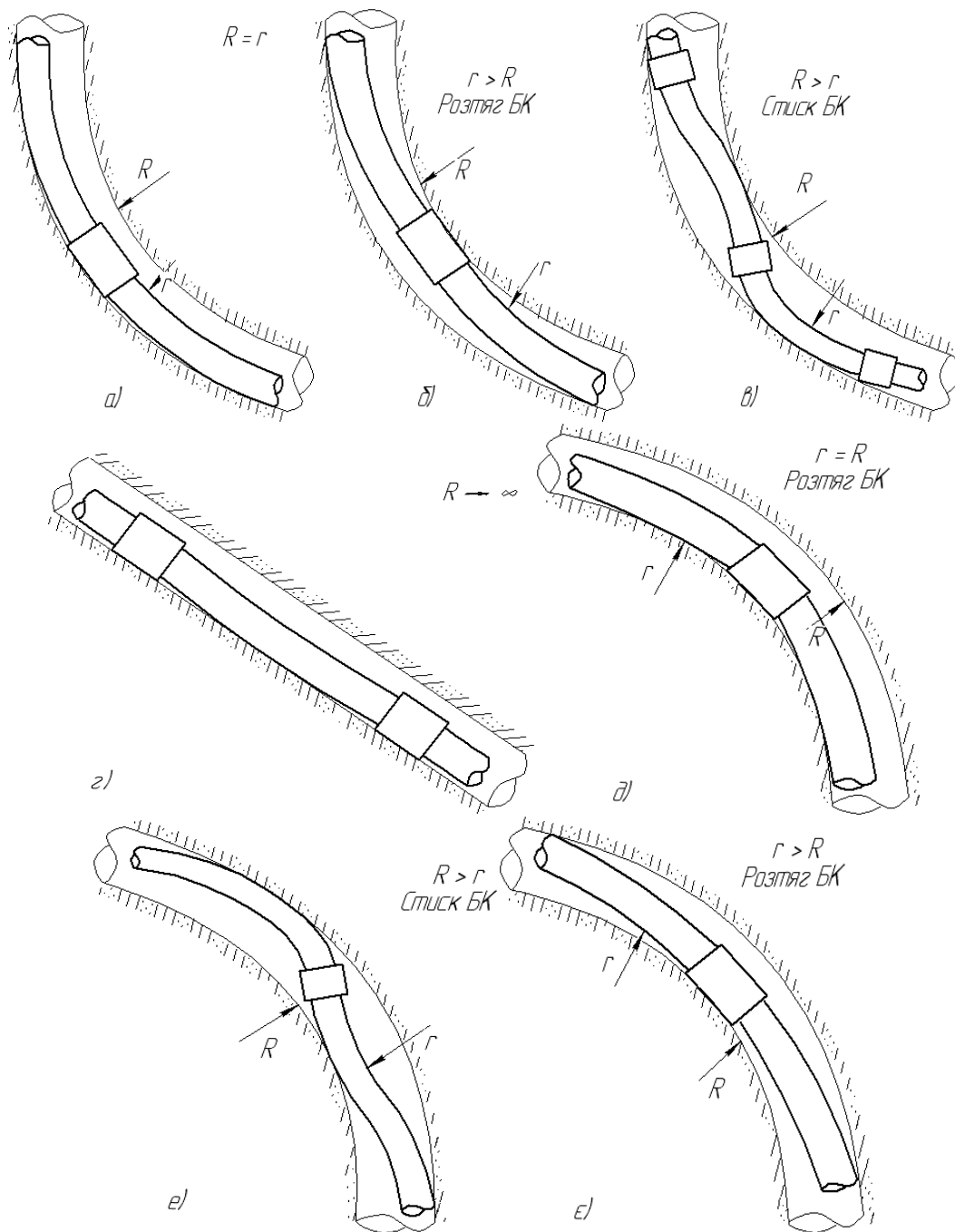
ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 45560,  
e-mail: [chudoman@ukr.net](mailto:chudoman@ukr.net)

Приводятся исследования некоторых случаев расположения нагруженной осевыми растягивающими и сжимающими силами буровой колонны в скважине сложной пространственной конфигурации с участками различной интенсивности искривления, длины, форм и размерами поперечного сечения скважины. При данных исследованиях впервые предложено к использованию учитывать при изучении видов вращения и их изменения нецилиндрической и непрямолинейной формы ствола скважины. В данном направлении ведутся дальнейшие исследования.

The following article is about the researches of all possible cases of placement of the boring column, which is pressured by axial compressing and stretching forces in a borehole of a complicated structure, made of parts of different intensity of curve, length, forms and sizes of transverse cut of pipe. The following researches are the first to take into account untrue and crooked forms of a drilling hole structure to study the kinds of boring column and its changes. In the given direction the further researches are conducted.

Бурильна колона (БК) є механічною системою із послідовним з'єднанням великої кількості однотипних елементів. Основна її відмінність від інших конструкцій полягає в тому, що за значної величини відношення довжини до діаметра колони внаслідок втрати стійкості вона обертається в свердловині, втративши прямо-

лінійну форму рівноваги. Відомо, що стовбур гірничої виробки має складну просторову конфігурацію, утворену ділянками різної інтенсивності викривлення, довжинами, формами і розмірами поперечного перерізу [1-4]. Залежно від цього можливі різні випадки розташування БК у свердловині [5-7] (рис. 1).



**а)** стиснута частина бурильної колони (СЧ БК) на ділянці збільшення кривини ( $R = r$ );  
**б)** розтягнута частина бурильної колони (РЧ БК) на ділянці збільшення кривини ( $R < r$ );  
**в)** СЧ БК на ділянці збільшення кривини ( $R > r$ );  
**г)** БК у прямолинійній ділянці свердловини ( $R = r = \infty$ );  
**д)** РЧ БК на ділянці зменшення кривини ( $R = r$ );  
**е)** СЧ БК на ділянці зменшення кривини ( $R > r$ );  
**е)** РЧ БК на ділянці зменшення кривини ( $R < r$ )

**Рисунок 1 — Можливі форми плоскої деформації БК у свердловині з ділянками різної кривини**

Отже, від цього на подолання сил тертя (опору) під час обертання однієї півхвилі згину БК затрачається потужність, яка виражається [5]:

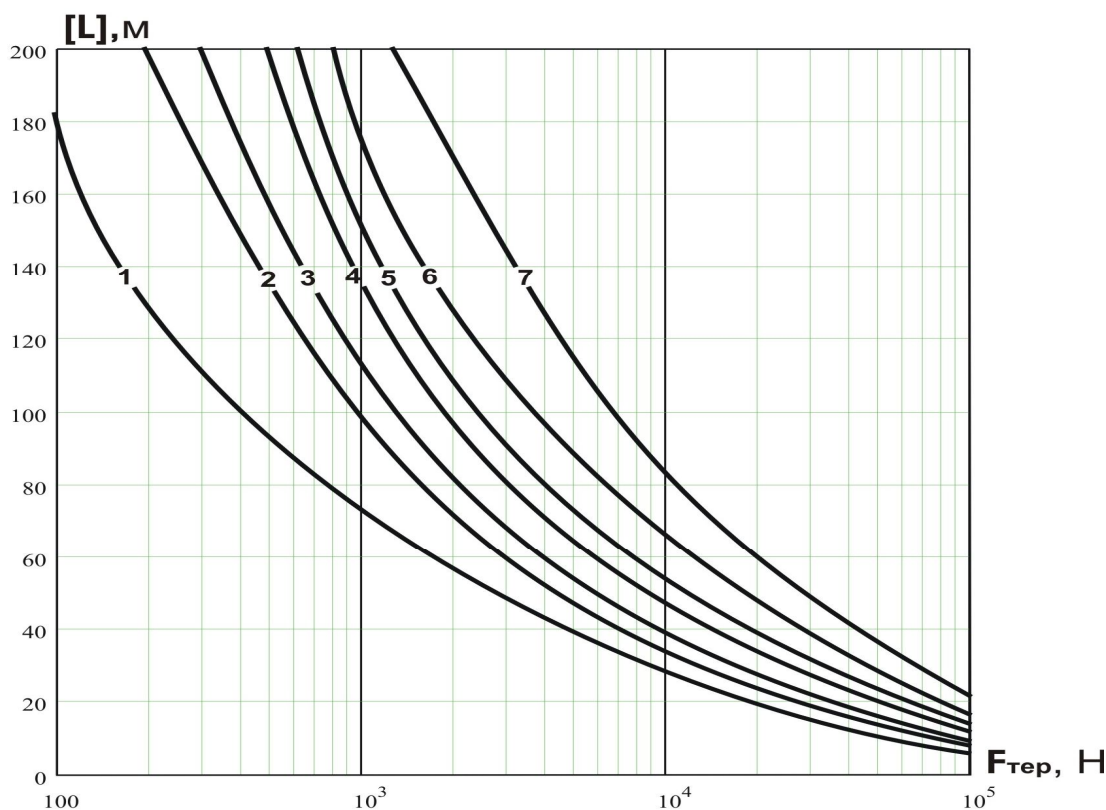
навколо осі свердловини:

$$N = m_T \cdot \omega^3 \cdot \frac{(D_{св} - D_{бк}) \cdot L_{ПХ} \cdot D_{св}}{\pi^2}; \quad (1)$$

навколо осі БК:

$$N = m_T \cdot \omega^3 \cdot \frac{(D_{св} - D_{бк}) \cdot L_{ПХ} \cdot D_{бк}}{\pi^2} \cdot D_{бк} + \frac{2 \cdot \omega}{R} \cdot \sqrt{EI \cdot GI_p}, \quad (2)$$

де:  $m_T$  — маса погонного метра БК;



1 – Ø 60 мм, 2 – Ø 73 мм, 3 – Ø 89 мм, 4 – Ø 102 мм, 5 – Ø 114 мм, 6 – Ø 127 мм, 7 – Ø 140 мм

**Рисунок 2 – Залежність довжини півхвилі згину від сил опору, які діють на нижче розташовану її частину в момент зміни виду обертання БК**

$\omega$  – кутова швидкість обертання БК;  
 $D_{св}, D_{бк}$  – діаметри свердловини і БК;  
 $L_{ПХ}, R$  – довжина півхвилі згину БК та радіус її кривини;  
 $EI, GI_p$  – жорсткості на згин та кручення БК.

Для встановлення виду обертання БК в умовах розтягування чи стискування на ділянках свердловини довільної кривини використовується енергетичний метод, згідно з яким для однієї півхвилі згину енергія її пружних деформацій визначається [5]:

$$U_{кр} = \frac{M_{кр}^2 \cdot L_{ПХ}}{2 \cdot GI_p}, \quad (3)$$

$$U_{зг} = \frac{M_{зг}^2 \cdot L_{ПХ}}{2 \cdot EI}, \quad (4)$$

де:  $U_{зг}, U_{кр}$  – енергії згину та кручення півхвилі БК;

$M_{кр}, M_{зг}$  – крутний та згинаючий моменти, який діє на півхвилю згину БК;

$r$  – радіус викривлення півхвилі згину БК

$$r = \frac{L_{ПХ}^2 + 4 \cdot f^2}{8 \cdot f}, \quad (5)$$

де:  $f$  – радіальний проміжок між осями БК і свердловини.

Згідно з залежностями (3) і (4) Сарояном [5] встановлено, що для обертання БК навколо власної осі (рис. 1, а, б, д, е) необхідно забезпечити крутний момент, рівний:

$$M_1 = M_{кр} + F_{ТЕР} \cdot \frac{D_{бк}}{2}, \quad (6)$$

де  $F_{ТЕР}$  – сила опору обертанню БК у свердловині.

Для обертання БК навколо осі свердловини (рис. 1, в; е) необхідно створити крутний момент, рівний:

$$M_2 = F_{ТЕР} \cdot \frac{D_{св}}{2}. \quad (7)$$

Перехід від одного виду обертання БК до іншого визначається із рівності залежностей (3) і (4):

$$[L] = 2 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \sqrt{EI \cdot GI_p}}{F_{ТЕР}} - f^2}. \quad (8)$$

З метою встановлення зміни величини  $[L]$  проведено розрахунок, згідно з (8) для труб ТБВК [8] діаметрами від 73 до 168.3 мм. Згідно з рис. 2 за реальних зусиль, що діють на БК у процесі буріння свердловини [8], під впливом різноманітних чинників у вертикальних ділянках відбувається перехід від одного виду обертання (навколо власної осі) до іншого (навколо осі виробки). Причому перехід характеризується силою опору  $F_{ТЕР}$  при обертанні нижче роз-

ташованого бурового глибинного обладнання. І чим вона більша тим більшою буде імовірність обертання труб навколо власної осі.

Взаємодія БК із стінками свердловини (умовно вертикальна ділянка) характеризується радіальними проміжками по БК  $f=(f_{ок})$  і їх замках  $f_{зам}$  (рис. 3). За реальних навантажень на БК довжина півхвилі згину в ідеально вертикальній свердловині змінюється в широкому діапазоні (5÷200 м) [9]. Стовбур гірничої виробки має форму просторової спіралі з ділянками різних радіусів викривлення, вписуючись в які, БК, внаслідок обмеження стінками, набуває іншого виду обертання. У випадку відхилення осі свердловини від вертикалі в інтервалі довжиною  $L_{св}/2$  на величину  $X$ , радіальний проміжок ( $f$  та  $f_{зам}$ ) зменшиться за умови, що  $f_{зам} < X$  на величину ( $\Delta=f_{зам} - X$ ), що обмежить відцентрове зміщення труби. Якщо  $X \geq f_{зам}$ , відбувається дотикання замка труби із стінкою свердловин і поява ще однієї точки їх контакту зі зміною просторової орієнтації БК.

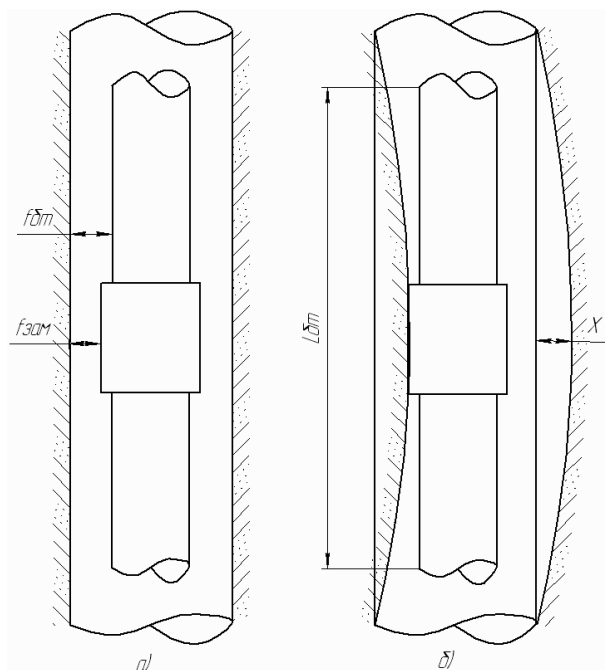


Рисунок 3 – Схема взаємодії БК із стінками свердловини

### Висновки

1. На основі проведеного аналізу встановлено, що обертання труб навколо власної осі під впливом сил опору в циліндричному стовбурі можливе не лише на ділянках спаду і набирання кута викривлення, але й навіть у умовно вертикальній його частині. В вертикальному стовбурі свердловини ідеально циліндричної форми можливі зміни виду обертання БК. Тому для визначення моменту переходу від одного виду обертання БК до іншого по довжині півхвилі згину за сил опору  $F_{ТЕР}$  встановлено розрахункові залежності. У розтягнутій частині БК довжина півхвилі велика і, не зважаючи на вплив відцентрових сил, обертання її відбува-

ється навколо власної осі. У стиснутій частині БК (в більшості випадків ОБТ) за рахунок незначної величини  $X$  навіть при можливих величинах  $L_{БТ} < [L]$  можливе обертання колони навколо осі свердловини.

2. У випадку збільшення діаметра бурильної колони (з величини стандартного ряду) у відповідності до мінімально допустимого значення  $f_{ом}$  за однакових значень  $[L]$  перехід від одного виду обертання до іншого характеризується більшими величинами сил опору  $F_{ТЕР}$  і, відповідно, додатковими затратами потужності на обертання БК. Для наближеного визначення форми обертання ділянки БК у стовбурі свердловини за довжиною півхвилі згину  $L_{ПХ}$  за сили опору під час обертання  $F_{ТЕР}$  для різних діаметрів колони наводиться діаграма, яка зображена на (р. 2). Як бачимо, в розтягнутій частині БК (велике значення  $L_{БТ}$ ) перехід від одного виду обертання до іншого характеризується меншим значенням  $F_{ТЕР}$ ; у стиснутій – навпаки. При  $L_{ПХ} > [L]$  БК обертається навколо власної осі, а при  $L_{ПХ} < [L]$  – навколо осі свердловини.

### Література

- 1 Белов В. П. Образование каверн при бурении скважин. – М.: Недра, 1970. – 150 с.
- 2 Пейсиков Ю. В. Кавернообразование при бурении скважин // Геология нефти и газа. – 1992. – № 6. – С. 25–30.
- 3 Фролов Е.П., Кошелев Н.Н., Алишанян Р.Р. Механизм желобообразования и некоторые основные факторы, определяющие его развитие // РНТС, ВНИИОЭНГ, сер. Бурение. – 1970. – №7. – С. 3–5.
- 4 Таванец А.И., Ченцев В.Т. О форме каверн // Нефтяное хозяйство. – 1983. – № 8. – С. 15 – 18.
- 5 Сароян А.Е. Теория и практика работы бурильной колонны. – М.: Недра, 1990. – 264 с.
- 6 Работа бурильной колонны в скважине / Б.З.Султанов, Е.И.Ишемгузин, М.Х.Шаммасов, В.Н.Сорокин. – М.: Недра, 1973. – 217 с.
- 7 Расчет бурильных труб в геологоразведочном бурении / Е.Ф.Епштейн, В.И.Мацейчик, И.И.Ивахнин, А.Ш.Асатурян. – М.: Недра, 1979. – 160 с.
- 8 Иогансен К.З. Спутник буровика. – М.: Недра, 1981. – 99 с.
- 9 Калинин А. Г. Искривление скважин. – М.: Недра, 1974. – 304 с.