

УДК 622.691.4

ФОРМУВАННЯ СИЛИ ПРИХОПЛЕННЯ БУРИЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ В ЖОЛОБІ СВЕРДЛОВИНИ

В. Г. Ясов

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153

e-mail: public@ifdtung.if.ua

Рассмотрены условия образования желобов и их характеристика, получены формулы для определения силы прихвата трубы в желобе и сформулированы рекомендации по предупреждению образования желобов и профилактики прихвата в них.

Conditions for well gutter formation and their characteristics are described; the formula for determination of drill pipe sticking force in well gutter are obtained and recommendations to prevent the well gutter creation as well as prevention of drill pipe stick.

Жолоб як одностороння виробка на стінці свердловини може утворитися лише при збігові ряду факторів. Основними передумовами утворення жолоба є:

– наявність локальних перегинів стовбура свердловини та зон викривлення, в яких гарантоване притискання бурильної колони до стінки свердловини на певній довжині,

– геологічний розріз на цій ділянці представлений здебільшого зв'язними гірськими породами, в яких може вироблятися жолоб замками бурильної колони при повздовжньому її переміщенні, що має місце насамперед при спуско-підймальних операціях.

Жолоб там, де є передумови для його утворення, формується поступово. Швидкість його утворення залежить від форми локального викривлення, міцності гірської породи, питомої сили притискання бурильної колони до стінки свердловини на цій ділянці, кількості спуско-підймальних операцій, довжини бурильної колони нижче місць утворення жолоба, властивостей бурового розчину. Обертання бурильної колони, поздовжні вібрації інструменту також сприяють “росту” жолоба.

Розміри жолоба в поперечному перерізі визначаються розмірами замків бурильних труб нижче місця утворення жолоба. Глибина жолоба зростає в міру його вироблення.

Форма жолоба за довжиною і його протяжність залежать від характеру силової взаємодії важкої, пружної бурильної колони із стінкою свердловини при її повздовжньому переміщенні в процесі буріння свердловини із врахуванням перерахованих вище факторів. Довжина жолоба, як правило, зростає в міру його поглиблення. Багато тут залежить від форми стовбура свердловини на цій ділянці. Жолоб може утворюватися як на лежачому, так і на висячому боці свердловини в зоні локального викривлення.

Найнебезпечнішим, з точки зору можливо-го прихоплення, є жолоб, глибина якого не менша за радіус замка великої довжини, що його утворює, сформований в літологічно однорідній зв'язній гірській породі. У цьому випадку стінки жолоба будуть рівними, гладкими, тобто не матимуть помітної шорсткості, що забезпечує щільне притиснення прихопленої колони по

всій довжині жолоба і в його гирловій частині. Зрозуміло, що сила прихоплення в жолобі, тобто утримуюча сила, залежить від характеру взаємного контакту труби з жолобом. За даними ВНДІБТ, найбільша ймовірність заклинювання в жолобі існує при виникненні такого співвідношення [1]:

$$1 < \frac{d}{d_z} < 1,25, \quad (1)$$

де: d – діаметр бурильної труби в жолобі;

d_z – діаметр замка, що утворює жолоб або діаметр жолоба.

Проте до цього співвідношення необхідно додати глибину жолоба, яка повинна бути не меншою за його радіус, про що було сказано вище. Форму і розміри можна оцінити за допомогою профілеміра (проте без орієнтації жолоба по азимуту).

Практика буріння свердловин свідчить, що затяжка труби в жолоб має місце при підйомі бурильної колони і відбувається майже миттєво. Бурильна труба, що потрапила у жолоб, протягується в ньому на деякій довжині. Це сприяє витисканню з поверхні контакту глинистої кірки, зволоженої в'язкої субстанції гірської породи і т. п., що забезпечує щільне притискання труби в жолобі по поверхнях контакту. У цьому полягає суттєва відмінність особливості формування зони контакту труби в жолобі порівняно з прихопленням під дією перепаду тиску. В останньому випадку має місце просто статичне притиснення інструменту до стінки свердловини у зоні проникної гірської породи через глинисту кірку.

Утримуюча сила прихоплення у жолобі загалом має комплексний характер. Сила притискання труби до стінок жолоба забезпечується перепадом тиску і нормальної складової зусилля дії бурильної колони, що формує силу тертя і силу адгезії. Крім того, при $d/d_z > 1$ (див. співвідношення (1)) під дією сили притискання виникає заклинювання труби в жолобі. Сила заклинювання може бути дуже великою.

Отримані формули для визначення сили прихоплення труби в жолобі і сформульовані рекомендації з попередження формування жолобів і профілактики прихоплення в них.

Розглянемо два характерних положення прихопленої труби в жолобі.

1. Діаметр труби дорівнює діаметру жолоба, а глибина жолоба не менша за радіус замка, що його утворив.

2. Діаметр труби більший за діаметр жолоба, тобто труба не впирається в днище жолоба, і виникає заклинювання труби.

Для першого положення утримуючу силу, тобто силу прихоплення, слід визначати за формулою

$$F_1 = (f \cdot \Delta p + 1,57\tau_a) \cdot d \cdot l_n + f \cdot N, \quad (2)$$

де: f – коефіцієнт тертя труби у жолобі,

τ_a – дотичне напруження адгезії,

d – діаметр труби,

l_n – ефективна довжина жолоба,

N – нормальна складова дії ваги колони на дно жолоба.

У свою чергу

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (3)$$

де: p_1 – гідростатичний тиск у свердловині на глибині прихоплення;

p_2 – середньозважений тиск під трубою в жолобі.

Прихоплення в жолобі у більшості випадків відрізняється тим, що в формулі (3) $p_2 \rightarrow 0$ і

$$\Delta p \approx p_1 = \rho \cdot g \cdot z, \quad (4)$$

де: ρ – густина бурового розчину;

z – висота стовпа розчину над зоною прихоплення.

Сила прихоплення за (2) із врахуванням (4), як правило, дуже велика.

Теоретичний аналіз умов заклинювання труби в жолобі (друге положення) дав змогу отримати формулу для розрахунку сили прихоплення. Ця формула має такий вигляд:

$$F_2 = \frac{f \cdot N}{\sin(90 - \varphi)}, \quad (5)$$

де φ – половина центрального кута труби в усті жолоба, виміряного від точок дотику труби з бортами жолоба. Інші величини аналогічні формулі (2).

Кут φ в (5) для реалізації заклинювання повинен знаходитися в межах: $0 \ll \varphi < 90^\circ$.

У свою чергу кут $(90 - \varphi)$ – це половина кута загострення своєрідного клина при розміщенні труби в жолобі.

Із (5) знаходимо так званий приведенний коефіцієнт тертя f_n [2]

$$f_n = \frac{f}{\sin(90 - \varphi)} = \frac{F_2}{N}. \quad (6)$$

В табл. 1 наведено залежність f_n від функції кута φ при $f = 0,15$, а відповідно і сили прихоплення через заклинювання.

Таблиця 1 — Залежність f_n від функції кута φ

φ , град	60	74	80	87
f_n	0,3	0,58	0,86	2,88

Із табл. 1 випливає, що сила прихоплення при збільшенні кута φ з 60° до 87° збільшується у 9,6 рази. Із врахуванням даних табл. 1 і формул (2,5,6) співвідношення (1), що показує найбільшу імовірність прихоплення у жолобі, слід записати так:

$$1 \leq \frac{d}{d_3} \leq 1,15. \quad (7)$$

Отримані формули для визначення глибини занурювання труби в жолоб, починаючи з точок дотику труби з бортами жолоба, та розміри хорди труби в цій частині.

Глибина занурення труби в жолоб визначається за формулою

$$h = \frac{d}{2} \cdot (1 - \cos \varphi), \quad (8)$$

а розмір хорди —

$$l = d \sin \varphi, \quad (9)$$

де: d – діаметр труби,

φ – половина центрального кута труби в усті жолоба (формула 5).

При глибині жолоба не меншій за його діаметр, розмір хорди дорівнює діаметру жолоба.

Зі збільшенням кута φ тиск труби на борти жолоба значно збільшується (формула 5, табл. 1). При відповідних умовах зростання тиску викличе пластичну деформацію гірської породи, що призведе до утворення площин дотику труби з бортами жолоба. У цьому випадку труба буде притискатися до бортів жолоба крім сили N ще й під дією перепаду тиску, і почне діяти складова сили за рахунок напруження адгезії (формула 2). При деформації бортів труба буде обов'язково заглиблюватися в жолоб. Всі ці процеси призведуть до значного збільшення сили прихоплення. Таким чином прихоплення в жолобі з часом, як правило, поглиблюється.

Висновки

1. Для запобігання утворенню жолобів при бурінні свердловини необхідно звести до мінімуму (а ще краще виключити) локальні викривлення і перегини стовбура, особливо на ділянках залягання певних гірських порід.

2. Бажано уникнути небезпечного співвідношення (7) шляхом використання відповідних за діаметром замків бурильних труб, діаметрів ОБТ і турбобура, а КНБК обладнувати центрами тощо.

3. Підтримувати на належному рівні масильні властивості бурового розчину.

4. Повніше узагальнювати промисловий матеріал щодо утворення жолобів і прихопленнях в них.

Література

1. Ясов В.Г., Мысльюк М.А. Осложнения в бурении. – М.: Недра, 1991. – 365 с.
2. Поляков В. С. и др. Детали машин. – М.: Машгиз, 1954. – 380 с.

IV Міжнародна виставка**“Ресурс.
Техноресурс–2002”**

**та науково-практична
конференція з питань
управління відходами**

*м. Київ (Україна)
8-11 жовтня 2002 р.*

Оргкомітет виставки і конференції

*Експоцентр “Наука” НАН України,
навільйон № 23
пр-т Академіка Глушкова, 1
03680, м. Київ, Україна*

Сахарова Світлана Іванівна
Тел. (044) 251-93-20

Волошина Маргарита Іванівна
E-mail: system@nauka_expo.kiev.ua

**НДЕІ Міністерства економіки з питань
європейської інтеграції України**
*б-р Дружби народів, 28, кімн. 532
01103, м. Київ, Україна
тел.: (044) 296-97-54
факс: (044) 296-57-66*

Щусть Володимир Іванович
E-mail: resurs_u@i.kiev.ua

Основні розділи виставки:

- Системи, обладнання та вироби для централізованого та індивідуального тепло-, електро-, водозабезпечення службових, промислових, житлових будівель та приміщень
- Енерго- та ресурсозберігаюче устаткування, обладнання, вироби і технології в індивідуальному та централізованому тепло- та електропостачанні
- Засоби контролю, регулювання та обліку паливно-енергетичних ресурсів
- Прогресивні технології та устаткування з утилізації і переробки відходів у галузях

**Тематика науково-практичної
конференції:**

- Створення сучасних систем управління відходами
- Створення й удосконалення еколого-економічного механізму ефективного використання відходів
- Правове, нормативно-методичне, інформаційне, організаційне забезпечення діяльності в сфері поводження з відходами
- Перспективні науково-дослідні, проектно-конструкторські розробки і технології утилізації відходів
- Сучасні підходи до вирішення проблеми збору і переробки відходів споживання, в тому числі використаної тари і упаковки
- Пошуково-розвідувальна оцінка технологічних відходів як нового джерела мінеральної сировини
- Облік об'єктів й утилізації відходів
- Паспортизація, удосконалення статистичної звітності, стандартизація
- Підготовка фахівців у сфері поводження з відходами
- Перелік послуг, запропонованих вченими і фахівцями у сфері управління збирання, утилізації, знешкодження відходів виробництва і споживання