

## ДО ВТРАТ ГІДРАВЛІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ПРОМИВАННЯ СВЕРДЛОВИНИ

I. I. Чудик

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

*Проведено теоретичні дослідження пропускної здатності різьбових з'єднань бурильних замків та втрат гідравлічної енергії бурового насоса у процесі промивання свердловини. Визначено вплив окремих конструктивних та режимно-технологічних чинників процесу на витіки бурового розчину через різьбові з'єднання бурильної колони. Запропоновано шляхи зменшення втрат гідравлічної енергії під час промивання свердловини.*

*Приведено теоретические исследования пропускной способности резьбовых соединений бурильных замков и потерь гидравлической энергии бурового насоса в процессе промывания скважины. Установлено влияние некоторых конструктивных и технологических аспектов процесса на виток бурового раствора через резьбовые соединения бурильной колонны. Предложено пути уменьшения потерь гидравлической энергии при промывании скважины.*

*The theoretical investigations of threaded drill pipe joints flow capacity and mud pumps hydraulic power losses during the well flushing are carried out. The effect of some design and technological factors of the process on mud leaks across threaded joints of drill string is defined. The ways of hydraulic energy losses reduction during well flushing are proposed.*

Великі затрати електроенергії та паливомастильних матеріалів при бурінні, видобуванні, транспортуванні поставили під сумнів перспективність розробки окремих родовищ нафти і газу. У процесі буріння свердловини приблизно 70% потужності приводу припадає на її промивання і виведення шламу на денну поверхню. Окрім видалення частинок гірської породи, буровий розчин є ще носієм гідравлічної енергії, яка реалізується у вигляді механічної роботи турбобура чи гвинтового вибійного двигуна, струминами гідромоніторного долота та ін. Каналом передачі енергії від бурового насоса до долота є бурильна колона. За рахунок значної довжини малих поперечних розмірів внутрішньої порожнини, наявності великих подач насоса, бурильних замків та реологічних параметрів промивальної рідини у процесі прокачування бурового розчину по трубах виникають великі втрати гідравлічної енергії.

Бурильна колона складається з труб, з'єднаних між собою за допомогою різьб, в яких під перепадом тиску бурового розчину можливі його пропуски і зменшення величини подачі насоса внаслідок негерметичності [1-5]. В останні роки зросли глибини буріння, і тому збільшилася кількість замків по довжині бурильної колони, тиски помпування бурових насосів та навантаження, які сприяють зносу і розслабленню різьбових з'єднань [6].

Між вершинами і впадинами різьби є канал для циркуляції бурового розчину, і герметизація пари скручування при цьому є тільки у торцевому контакті ніпеля та муфти. Якщо в даному місці є дефект або різьба недостатньо затягнута під тиском бурового розчину, що створює насос, відбувається його перетікання з трубного в кільцевий простір. Це зумовлює зменшення

подачі насоса та гідравлічної енергії на долоті, розмивання різьбового з'єднання і погіршення промивання свердловини.

Згідно методики [3], витік бурового розчину через різьбове з'єднання визначається за такою залежністю:

$$Q = S \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot (P_H - P_{BT})}{\xi \cdot \rho_{BR}}}, \quad (1)$$

де:  $S$  – площа січення каналу між вершиною і впадиною витка різьбового з'єднання;

$P_{BT}$  – втрати тиску помпування бурового насоса по довжині бурильної труби і замків;

$P$  – тиск помпування бурового насоса в даному січенні і бурильної колони;

$\rho_{BR}$  – густина бурового розчину;

$\xi$  – коефіцієнт гідравлічного опору січення каналу між вершиною і впадиною витка різьбового з'єднання, [3].

$$\xi = 175 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda_{TR} \cdot \frac{R_0}{D_G} \cdot \delta_0, \quad (2)$$

де:  $D_G$ ,  $R_0$  – гідравлічний діаметр вхідного січення між вершиною і впадиною витка різьбового з'єднання та середній радіус його заокруглення;

$\lambda_{TR}$  – коефіцієнт опору тертя одиниці довжини каналу різьбового з'єднання;

$\delta_0$  – кут повороту каналу по довжині різьби  $l$ .

$$\lambda_{TR} = 2.65 \cdot 10^{-3} \cdot (P - P_{BT})^{0.42}, \quad (3)$$

$$\delta_0 = 360 \cdot \frac{l}{t}, \quad (4)$$

де:  $t$  – крок різьби.

Таблиця 1 – Конструктивні параметри бурильних труб

Діаметр бурильних труб, м	Тип різьби (шифр)	Конусність	Крок різьби, 10 <sup>-3</sup> м	Довжина різьби, 10 <sup>-3</sup> м	d <sub>1</sub> , 10 <sup>-3</sup> м	d <sub>2</sub> , 10 <sup>-3</sup> м	r, 10 <sup>-3</sup> м	D <sub>0</sub> , 10 <sup>-3</sup> м
0.1016	3-122	1:6	5,08	98	122,8	103,8	0,508	124,6
0.1143	3-122	1:4	6,35	98	122,8	103,8	0,635	124,6
0.127	3-133	1:6	6,35	98	133,3	114,3	0,635	135,6

Згідно з розрахунковою схемою (рис. 1) для визначення величин  $S$ ,  $R_0$ ,  $D_{\Gamma}$ , використовуються наступні залежності:

$$S = \left[ h \cdot \left( 2 \cdot r + h \cdot \operatorname{tg}(30^0) \right) + \frac{\pi \cdot r^2}{2} \right] \cdot 10^{-4}, \quad (5)$$

де:  $r$  – радіус заокруглення впадини різьби;  
 $h$  – величина зносу профілю різьби по висоті.

$$R_0 = \left[ \frac{d_1 + d_2 - r - 2 \cdot h}{2} \right] \cdot 10^{-2}, \quad (6)$$

де:  $d_1$  і  $d_2$  – відповідно діаметри більшої та меншої основ різьбової частини конуса.

$$D_{\Gamma} = \frac{4 \cdot h \cdot \left[ 2 \cdot r + h \cdot \operatorname{tg}(30^0) \right] + 2 \cdot \pi \cdot r^2}{10 \cdot \left[ 5 \cdot 14 \cdot r + 6 \cdot h \cdot \operatorname{tg}(30^0) \right]}, \quad (7)$$

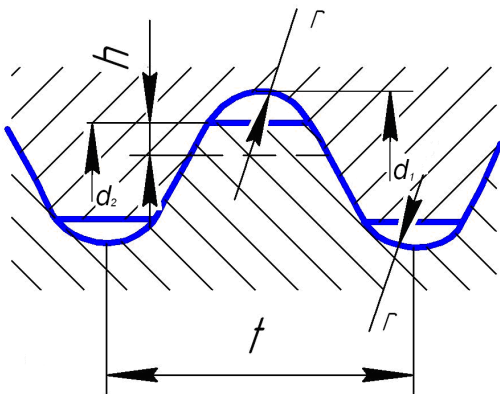


Рисунок 1 – Фрагмент різьбового з’єднання замка бурильної колони

На основі вищенаведеного, проведено ряд досліджень можливих втрат гідравлічної енергії у різьбових з’єднаннях бурильної колони різних діаметрів та режимів промивання свердловини. У ході проведення розрахунків взято до уваги параметри в межах: подача насоса  $Q_H = (0.02 \div 0.045) \text{ м}^3 / \text{с}$ , тиск при цьому –  $P = (2 \div 26) \text{ МПа}$ ,  $\rho_{БР} = (1100 \div 1500) \text{ кг} / \text{м}^3$ ,  $h = (0.01 \div 0.1) \times 10^{-3} \text{ м}$ , довжина бурильної колони 760 м при довжині труби 12 м і (табл. 1).

На основі наведеної методики та вихідних даних отримано ряд графічних залежностей (рис. 2-6), за якими встановлено вплив окремих техніко-технологічних чинників на можливі втрати подачі насоса у замкових різьбових

з’єднаннях. Згідно з рис. 2 внаслідок зменшення напору бурового насоса по довжині бурильної колони  $\varnothing 127 \text{ мм}$  (табл. 1) з віддаленням від устя свердловини, величина втрат  $Q$  через різьбові з’єднання спадає. При цьому теоретично встановлено сумарну величину втрат подачі насоса в замках за  $Q_H = 0.02 \text{ м}^3 / \text{с}$  з початковим тиском помпування насоса  $P = 26 \text{ МПа}$  та коефіцієнті його наповнення  $b = 1$  для бурильних труб ТБВ 127×9 становить  $0.0045 \text{ м}^3 / \text{с}$ , що відповідає 18 % від  $Q_H$ .

Внаслідок абразивного зношення та ряду інших причин, втрачається висота витка різьби і зростає пропускна здатність різьбового з’єднання та втрата гідравлічної енергії. Так, за  $Q_H = 0.02 \text{ м}^3 / \text{с}$  та  $\rho_{БР} = 1100 \text{ кг} / \text{м}^3$  у діапазоні зносу висоти витка різьби  $h = (0.01 \div 0.1) \times 10^{-3} \text{ м}$  (рис. 3 і рис. 4) щосекунди втрачається від 54 до 70 кДж гідравлічної енергії бурового насоса. Причому для наведених вихідних даних встановлено, що вплив величини зносу висоти витка на пропускну здатність різьбових з’єднань за тиску помпування бурового насоса  $P_H < 10 \text{ МПа}$  має незначний вплив і становить близько 8%, поступово збільшуючись до 30% за  $P_H = 26 \text{ МПа}$ .

Збільшення діаметра бурильної колони (наприклад, з 101,6 мм до 127 мм) за інших рівних умов викликає зростання (майже вдвічі) втрат гідравлічної енергії бурового насоса в її різьбах. Окрім того, збільшення зносу різьб не лише спричиняє зростання ймовірності виникнення аварій з бурильною колоною, а і є причиною втрати гідравлічної енергії потоку бурового розчину у процесі буріння свердловини.

У процесі промивання свердловини важливим технологічним чинником є густина бурового розчину. Її збільшення викликає зростання втрат тиску у елементах циркуляційної системи зумовлює зменшення пропускної здатності різьбових з’єднань і енерговитрат при цьому (рис. 5) до 12%.

Тому заповнення різьб в’язкими наповнювачами (мастильно-герметизуючого призначення) є одним із шляхів зменшення втрат гідравлічної енергії бурового насоса вздовж бурильної колони.

Вагомим чинником впливу при регулюванні гідравлічної енергії у процесі промивання свердловини є подача бурового насоса (рис. 6).

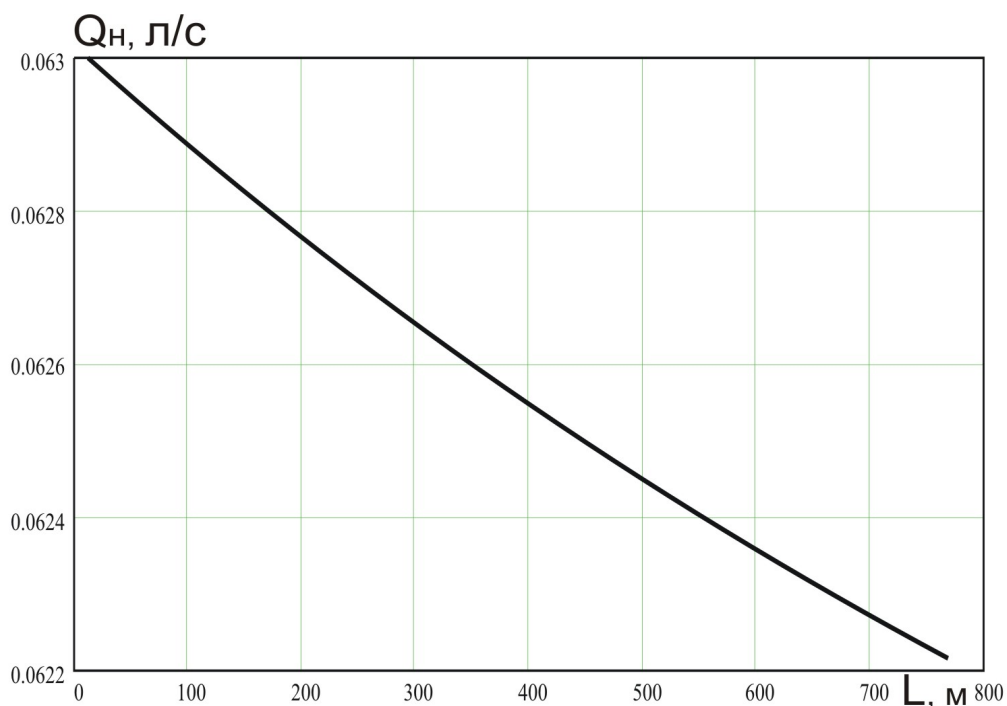


Рисунок 2 — Залежність втрат подачі насоса через різьбове з'єднання в міру його віддалення від устя свердловини

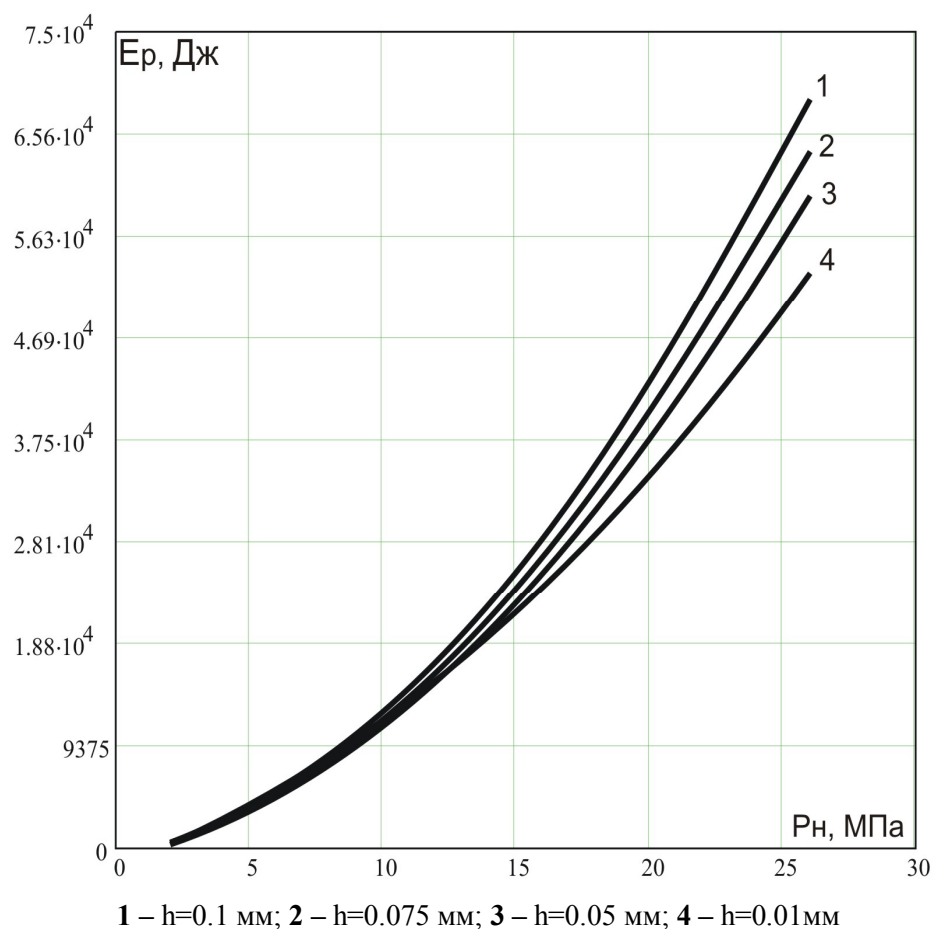


Рисунок 3 — Залежність втрат гідравлічної енергії у різьбових з'єднаннях ТБВ 101.6 від тиску помпування бурового насоса та величини зносу витка різьби

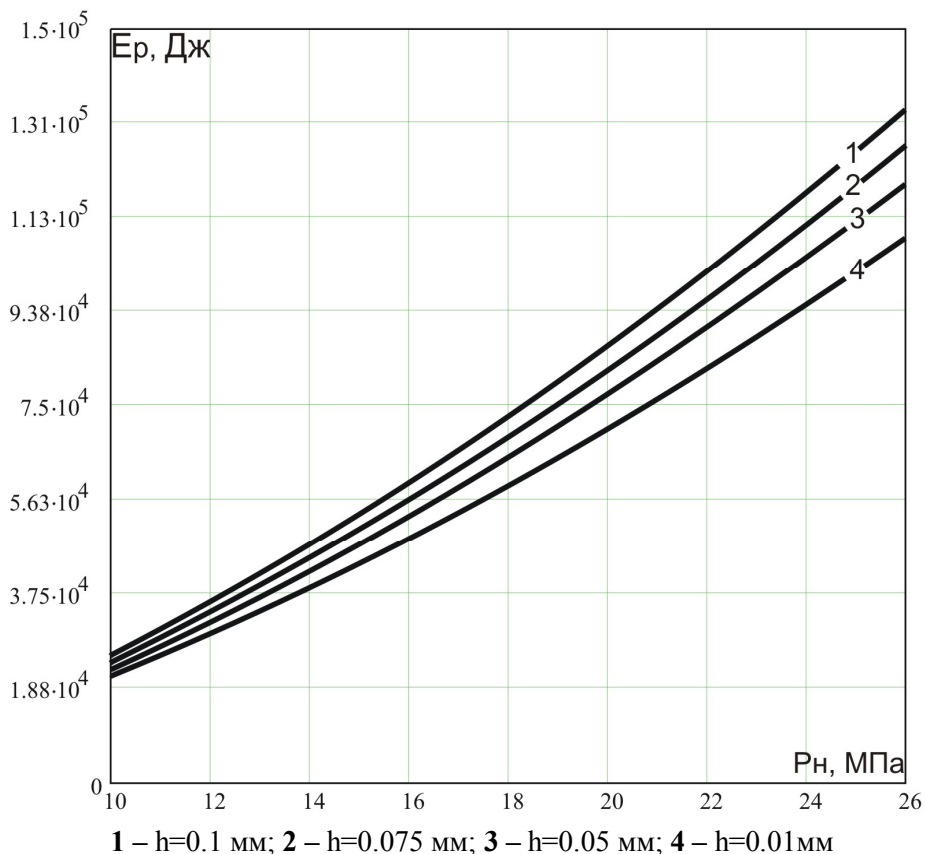


Рисунок 4 – Залежність втрат гідравлічної енергії у різбових з'єднаннях ТБВ 114 і ТБВ 127 від тиску помпування бурового насоса та величини зносу витка різьби

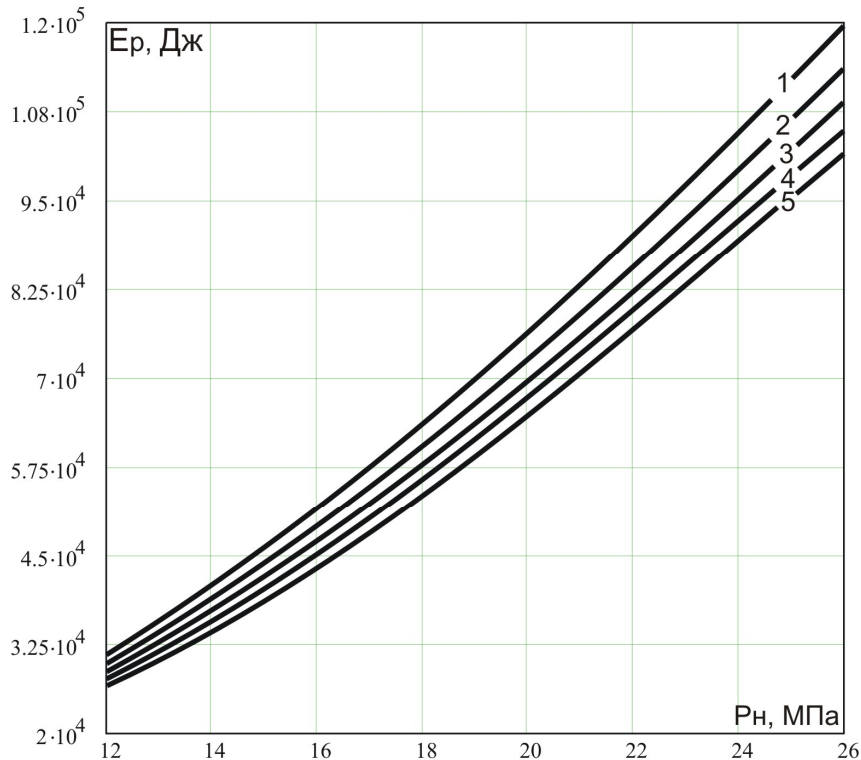
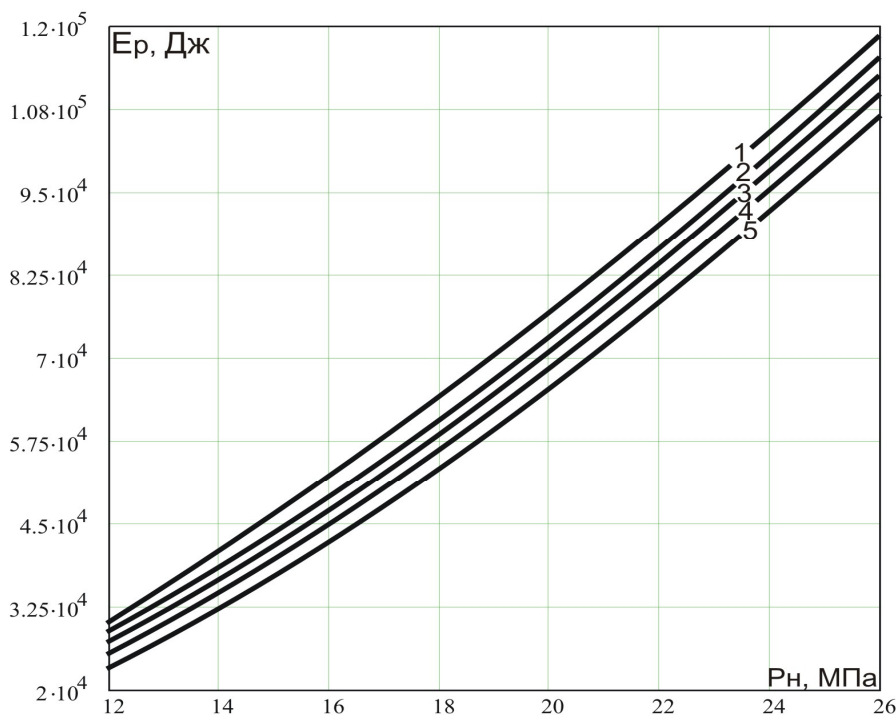


Рисунок 5 – Залежність втрат гідравлічної енергії у різбових з'єднаннях ТБВ 127 від густини бурового розчину та тиску помпування бурового насоса при  $h=0.075$  мм



1 –  $Q_H=0.025 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 2 –  $Q_H=0.03 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 3 –  $Q_H=0.035 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 4 –  $Q_H=0.04 \text{ м}^3/\text{с}$ ; 5 –  $Q_H=0.045 \text{ м}^3/\text{с}$

**Рисунок 6 – Залежність втрат гідравлічної енергії у різьбових з'єднаннях ТБВ 127 від подачі та тиску помпування бурового насоса при  $h=0.075 \text{ мм}$**

У діапазоні зміни тиску помпування ( $12 < P_H < 26$ ) МПа у разі збільшення  $Q_H$  від 0,025 до 0,045 м<sup>3</sup>/с втрати гідравлічної енергії на прокачування розчину через різьбові з'єднання зменшуються на 14%. Даний процес обумовлюється значними загальними втратами гідравлічної енергії бурового насоса по довжині бурильної колони та зменшенням перепаду тиску при цьому.

### Висновки

Збільшення зносу різьб не лише спричиняє зростання ймовірності виникнення аварій з бурильною колоною, а фактично і є причиною втрат гідравлічної енергії потоку бурового розчину у процесі промивання свердловини, які залежать від віддалення замків від бурового насоса, його робочого тиску помпування, густини бурового розчину, повздовжніх і поперечних геометричних розмірів труб і замків до них, зносу їх різьби.

Шляхом мінімізації втрат гідравлічної енергії в різьбових з'єднаннях бурильної колони у процесі промивання свердловини є зменшення їх кількості за рахунок збільшення довжин труб або використання колтюбінгу, оптимальних тисків помпування бурових насосів; вдосконалення конструкції різьбових з'єднань; застосування герметизуючих матеріалів для різьбових з'єднань; відмова від високонапірного породоруйнівного інструменту (з гідромоніторною системою промивання), обмеження впровадження в буріння гідравлічних вибійних двигунів.

### Література

- 1 Бичкурин Т.Н. Потери промывочной жидкости через резьбовые соединения буровых труб и замком [Текст] / Т. Бичкурин // Новости нефтяной и газовой техники. – 1962. – №10. – С. 10 – 13.
- 2 Измерение утечки промывочной жидкости через соединения бурового снаряда [Текст] / С.А.Волков, Л.Д.Базанов, Е.Д.Хромин // Разведка и охрана недрис. – 1975. – №4. – С. 21 – 24.
- 3 Лачинян Л.А. Работа бурильной колонны [Текст]: Л. Лачинян – М.: Недра, 1979. – 207 с.
- 4 Наумов А. К вопросу определения утечек промывочной жидкости через резьбовые соединения буровых труб и замком [Текст] / А.Наумов, Н.Богданов // Труды Уфимського нефтяного НИИ. – 1970. – Вып. 26. – С. 76–81.
- 5 Янтурин А.Ш. Предупреждение аварий с колоннами буровых труб / А. Янтурин // Обзорная информация ВНИИОЭНГ. Строительство скважин. – 1989. – Вып. 7. – 52 с.
- 6 Чудик І. Оптимальна подача промивальної рідини на вибій свердловини при бурінні свердловини / Ігор Чудик, Роман Бабій // Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 3(4). – С. 71-75.

Стаття постуила в редакційну колегію  
31.03.09

Рекомендована до друку професором  
Коцкуличем Я.С.