

зависимости от их свойств, геометрических параметров и физико-механических свойств типичных представителей буримых горных пород.

5. В процессе экспериментальных исследований должно изучаться влияние состава и качества промывочных жидкостей на эффективность разрушения пород и стойкость инструмента.

6. Наряду из разработкой твердосплавной коронки определяется также целесообразность проработки вопроса создания супперэффективной коронки, армированной АТП и АКТМ.

*На підставі аналізу результатів практичного використання твердосплавних коронок вітчизняного виробництва розроблені основні напрямки робіт по створенню суперефективної коронки для обертального колонкового буріння.*

**Ключові слова:** *твердосплавна коронка, обертальний колонкове буріння, армування.*

*On the basis of analysis of practical application of tverdospлавnih koronok of home production basic directions are developed of works on creation of supereffective koronki for the rotatory kolonkovogo boring drilling.*

**Key words:** *carbide crown, rotating core drilling, reinforcement.*

### Литература

1. Кожевников А.А., Гошовський С.В., Мартиненко И.И., Вырвинский П.П. Разрушение горных пород при колонковом бурении геологоразведочных скважин: Монография. – К.: УкрГГРИ, 2006. – 146 с.
2. Постановление 13-й Международной конференции «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения».- К.: ИСМ НАН Украины, 2010. – 11 с.
3. Збірник укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН), розділ 13, Буріння геологорозвідувальних свердловин. Держкомгеології України, Державний інформаційний геологічний фонд України «Геоінформ».Київ, 1999, 342 с.
4. Зыбинский П.В., Богданов Р.К., Загора А.П., Исонкин А.М.. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении: Монография. - Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.

*Поступила 14.07.11*

УДК 622. 276.054

**Б. О. Чернов**, д-р техн. наук; **М. Є. Чернова**, канд. тех. наук;  
**І. М. Ільків**, асп.; **В. М. Мовчан**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна*

### ПІДВИЩЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ОБСАДНИХ КОЛОН ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

*Запропоновано конструкції муфтових з'єднань обсадних та теплонагнітальних труб з високогерметизуючим елементом для забезпечення герметичності обсадних та теплонагнітальних колон за високих параметрів тиску і температур. Науково обґрунтовано пружно-деформований стан труб зі вставним герметизуючим елементом. Подано результати експериментальних досліджень натурних зразків обсадних труб на герметичність, які підтвердили високі експлуатаційні характеристики з'єднань.*

**Ключові слова:** *герметичність, з'єднання, конструкція, елемент.*

Для забезпечення України енергоносіями необхідне підвищення рівнів видобування вуглеводневої сировини, що є неможливим без збільшення об'єму бурових робіт та без підвищення якості кріплення та довговічності свердловин.

Особливо важливою є проблема забезпечення стійкості обсадної колони під час кріплення пластичних порід (зокрема соленосних відкладів). Масивні сольові відклади присутні на родовищах Дніпровсько-Донецької западини. Головною особливістю буріння та кріплення в цих умовах є наявність хомогенних відкладів нижньої пермі, до складу яких входять дуже агресивні, різні за товщиною прошарки бішофітових відкладів, які, в основному, і є причиною ускладнень при бурінні та експлуатації свердловин.

Останнім часом для інтенсифікації видобування в'язкої парафіністої нафти все ширшого застосування набувають теплові методи (внутрішньо пластове горіння, закачування теплоносіїв в пласт).

В зв'язку з впровадженням в нафтову промисловість термічної дії на продуктивний пласт виникає проблема подачі теплоносія на глибину 2000÷4000 м.

Необхідною умовою є подача теплоносіїв на проектну глибину з мінімальними втратами температури і тиску. Це пов'язано з тим, що на нафтовий пласт необхідно діяти достатньо високою температурою, яка не повинна втрачатись при проходженні теплоносія по колоні.

Дуже часто в якості нагнітальних свердловин використовують експлуатаційні свердловини, а для закачування теплоносія в пласт використовують звичайні обсадні труби.

При транспортуванні теплоносія в експлуатаційній колоні на труби та різьбові з'єднання діє температура до 620÷670°C при тисках 30÷45 МПа, а точніше не сама температура, а циклічні зміни температури. Крім того на колону діють статичні та динамічні навантаження, а також фретинг-корозія, які впливають на міцнісні характеристики колони та герметичність різьбових з'єднань. Відповідно, виникає питання по розробці внутрішньо свердловинного обладнання, яке б володіло високими міцнісними характеристиками та герметичністю.

Обсадні труби нафтового сортименту у відповідності ГОСТ-632-80\* виготовляються з різьбою трикутного та трапецеїдального профілю (ОТТМ, ОТТГ). Конструктивно різьбове з'єднання з різьбою трикутного профілю є не герметичне.

Експериментальні дослідження натурних зразків з'єднань обсадних труб з різьбою ОТТМ виявили, що така конструкція різьби безупорного типу не забезпечує високої герметичності різьбових з'єднань обсадних труб, а відповідно і довговічності свердловин.

Для забезпечення герметичності обсадних колон у ВНДБТ розроблено конструкції з'єднань ОТТГ [1], які відрізняються від ОТТМ наявністю ущільнюючого пояса у торця труби, а також тим, що ці з'єднання є упорного типу.

Теоретичні і експериментальні дослідження виявили, що герметичність з'єднань з різьбою ОТТГ забезпечується при наявності додатного осевого натягу між поверхнею ущільнюючого пояса і відповідною поверхнею муфти та опорі торців труби в опорні уступи муфти при дії крутного моменту згвинчування. Промислові дослідження з'єднань ОТТГ виявили, що в процесі згвинчування і розгвинчування часто здійснюються задири по ущільнюючих конічних поверхнях, що привело до необхідності зменшення величини діаметрального натягу, а

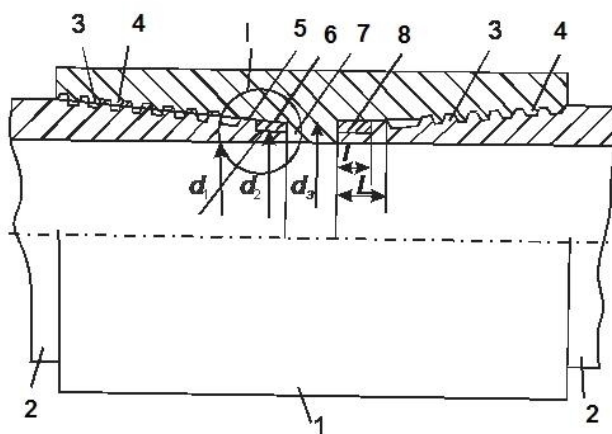


Рис. 1. Схема з'єднання обсадних труб з різьбою ОТТГ: 1 - муфта, 2 - труба, 3 - різьба на трубі, 4 - різьба на муфті, 5 - за різьбова канавка, 6, 8 - герметизуючий елемент, 7 - циліндрична частина муфти

відповідно, і степені герметичності різьбових з'єднань.

З метою підвищення герметичності та експлуатаційної надійності обсадних колон при роботі в умовах підвищених тисків та температур нами розроблено конструкції високогерметичних з'єднань з різьбою трапецеїдального профілю (ОТТПГ) [2]. Схема запропонованої конструкції різьбового з'єднання труб приведена на рис. 1.

Для визначення оптимальних геометричних параметрів та технологій кріплення різьбового з'єднання досліджено пружно-деформований стан запропонованої конструкції з'єднання з герметизуючим елементом при дії високих значень тиску і температури. [3]

Посадка герметизуючого елемента здійснюється з заданим діаметральним натягом. При загвинчуванні різьбового з'єднання оптимальним крутним моментом здійснюється щільна посадка конічних ущільнюючих поверхонь та поверхонь герметизуючого елемента з початковим діаметральним натягом  $\Delta_{\text{поч}}$ , в результаті чого виникають значні напруження, які призводять до деформації муфти, ніпеля та герметизуючого елемента. З підвищенням температури, за рахунок різних значень коефіцієнтів об'ємного розширення матеріалів, виникають додаткові контактні тиски по взаємодіючих поверхнях.

Згідно теоретичних розрахунків запропонована конструкція з'єднання забезпечує герметичність до тисків при яких настає залишкова пластична деформація металу та розрив вздовж різьби.

Для підтвердження результатів аналітичних досліджень проведені експериментальні дослідження на герметичність натурних зразків муфтових з'єднань обсадних труб діаметром 168 мм з різьбою ОТТГ та ОТТПГ із сталі групи міцності Д і Е.

Тиск створювався пристроєм УНГР-3000, а в якості робочої рідини було використано трансформаторне масло. Герметизуючий елемент на ніпельній частині з'єднання був виготовлений з бронзи ОСЦ-555 з діаметральним натягом 0,5 мм. Різьбові з'єднання згвинчувались з рекомендованим крутним моментом 9000 Н·м та 12000 Н·м. Дослідження проводились в інтервалі температури 293÷640<sup>0</sup> К.

Аналіз результатів досліджень виявив, що муфтові з'єднання обсадних труб з різьбою ОТТГ при температурі 293<sup>0</sup> К та 593<sup>0</sup> К залишаються герметичними до тисків 38÷39 МПа, а з різьбою ОТТПГ при температурі 293<sup>0</sup> К порушення герметичності відбувалося при тиску 57-58 МПа, а при температурі 393<sup>0</sup> К і вище різьбові з'єднання ОТТПГ залишилися герметичним аж до критичних тисків, тобто тисків при яких настає залишкова пластична деформація матеріалу труб.

При згвинчуванні та розгвинчуванні муфтових з'єднань з різьбою ОТТПГ задрів та подряпин на конічній поверхні герметизуючого елемента виявлено не було. Це пояснюється тим, що коефіцієнт тертя бронзи зі сталлю на 50 % менший ніж сталь зі сталлю.

Оскільки в свердловинах середня температура 320÷340<sup>0</sup> К, то обсадні труби з різьбою ОТТПГ забезпечують герметичність обсадних колон, а відповідно підвищують їх надійність та довговічність в процесі експлуатації.

Оскільки, великий відсоток від виробництва обсадних труб, складають труби з трикутною різьбою (ОТТМ), актуальними є питання забезпечення герметичності обсадних колон із застосуванням даного муфтового з'єднання.

Для підвищення герметичності муфтових різьбових з'єднань трикутного профілю присвячено достатньо велике число робіт, які дозволили значно підвищити експлуатаційні характеристики. Проте, досить часто відбуваються аварії з обсадними колонами за рахунок втрати герметичності. Муфтове різьбове з'єднання ОТТМ є з'єднання без упорного типу.

З метою підвищення герметичності і довговічності обсадних колон розроблено конструкції різьбових з'єднань ОТТМГ з герметизуючим елементом [4]. Герметизуючий елемент встановлюється всередині муфти і своїми конічними поверхнями взаємодіє з відповідними конічними внутрішніми поверхнями труб. Крім того на зовнішній і внутрішній поверхнях циліндричної частини герметизуючого елемента виконуються кільцеві канавки для зменшення жорсткості циліндричної частини. Визначено оптимальні геометричні параметри різьбового з'єднання з герметизуючим елементом, досліджено пружно-деформований стан. Герметизуючий елемент виготовляється із матеріалу з більшим коефіцієнтом об'ємного розширення ніж матеріал труб і муфти (напр. бронза ОСЦ-555 та ін.). Відомо, що температура в свердловинах змінюється від 50 до 150<sup>0</sup>С то з підвищенням температури за рахунок різниці коефіцієнтів об'ємного температурного розширення матеріалів відбувається підвищення контактних тисків по ущільнюючих конічних поверхнях герметизуючого елемента і труб, а також підвищення контактного тиску по упорних торцях труб і уступах герметизуючого елемента. Таким чином муфтове різьбове з'єднання обсадних труб (ОТТМ) з без упорного типу перетворюється на високо герметичне різьбове з'єднання упорного типу.

Для підтвердження результатів аналітичних досліджень проведено експериментальні дослідження взірців натуральних конструкцій обсадних труб з різьбою ОТТМ та ОТТМГ. Аналіз результатів експериментальних досліджень підтвердив високу герметичність обсадних труб з різьбовим з'єднанням ОТТМГ.

Оскільки всі труби нафтового сортаменту з'єднуються конічними різьбами, дослідимо кут підйому витка конічної різьби. Параметри конічної гвинтової лінії вказано на рис. 2.

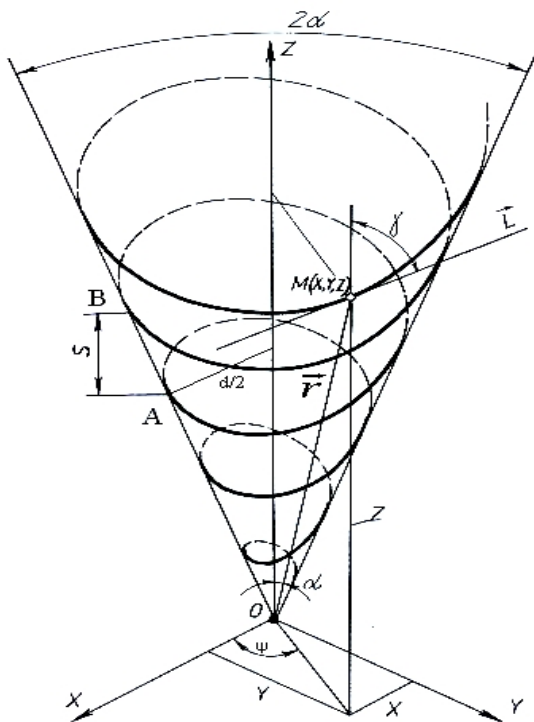


Рис. 2. Параметры конической гвинтовой линии

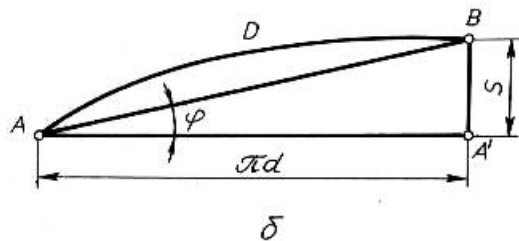


Рис. 3. Розгортка витка конічної гвинтової лінії

При переміщенні матеріальної точки  $M(x, y, z)$  вздовж твірної гвинтової лінії, навколо осі різьби на кут  $2\pi$ , вона переміститься вздовж осі на величину, рівну кроковій різьби  $S$ . Розгортка витка гвинтової лінії зображена на рис. 3.

Приймаючи, що кут підняття гвинтової лінії не змінюється, і лінія  $AB$  є прямою, одержали залежність для визначення кута  $\varphi$  підняття гвинтової лінії:

$$\varphi = \arctg \frac{S}{\pi d}. \quad (1)$$

Проте, ця залежність справедлива лише для циліндричних різьб, тому що в конічних різьбах діаметр змінюється і розгортка має криволінійну форму (лінія  $ADB$  рис. 3).

Під час проектування конічних різьб і визначення геометричних параметрів у формулі (1) під  $\alpha$  розуміють середній діаметр витка різьби, а під  $\varphi$  – середнє значення кута його підняття за виток. Розрахунок за формулою (1) призводить до отримання значних похибок у випадку малого діаметра, великого кроку і конусності різьби.

Виведемо рівняння конічної гвинтової лінії на основі елементів векторного аналізу, використовуючи параметр  $\psi$  – кут повороту навколо осі  $OZ$ ,  $S$  – крок різьби,  $\alpha$  – кут нахилу  $\vec{r}$  від осі  $OZ$  ( $S$  і  $\alpha = \text{const}$ ).

Нехай точка  $M(x, y, z)$  належить лінії. Параметричне рівняння лінії:

$$\begin{cases} x = \frac{s \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} \psi \cos \psi; \\ y = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} \psi \sin \psi; \\ z = \frac{S \cdot \psi}{2\pi}. \end{cases} \quad (2)$$

Запишемо вектор-функцію  $\vec{r}(t)$ , годографом якої є сама гвинтова лінія:

$$\vec{r}(t) = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} \psi \cos \psi \cdot \vec{i} + \frac{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} \psi \sin \psi \cdot \vec{j} + \frac{S \cdot \psi}{2\pi} \vec{k}. \quad (3)$$

Взявши похідну за часом з рівняння (3), одержимо:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} (\cos \psi - \psi \sin \psi) \vec{i} + \frac{S \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi} (\sin \psi + \psi \cos \psi) \vec{j} + \frac{S}{2\pi} \vec{k}. \quad (4)$$

Кут нахилу вектора  $\frac{d\vec{r}}{dt}$  до осі  $OZ$ :

$$\cos \gamma = \frac{\frac{dz}{dt}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}} \quad (5)$$

Після підстановки (5) в (4) одержимо:

$$\begin{aligned} \cos \gamma &= \frac{S}{2\pi \sqrt{\frac{S^2}{4\pi^2} \operatorname{tg}^2 \alpha (\cos \psi - \psi \sin \psi)^2 + \frac{S^2}{4\pi^2} \operatorname{tg}^2 \alpha (\sin \psi + \psi \cos \psi)^2 + \frac{S^2}{4\pi^2}}} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} + \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \psi^2}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Перепишемо залежність (6) так, щоб у неї входили лише стандартизовані величини з врахуванням, що  $\cos \gamma = \cos(90^\circ - \varphi) = \sin \varphi$ . Отримаємо:

$$\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi^2 d^2}{S^2} + \frac{1}{\cos^2 \alpha}}}. \quad (7)$$

Відповідно

$$\varphi = \arcsin \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi^2 d^2}{S^2} + \frac{1}{\cos^2 \alpha}}}. \quad (8)$$

Для циліндричних різьб  $\angle \alpha = 0$ , тоді

$$\sin \varphi_\varphi = \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi^2 d^2}{S^2} + 1}}. \quad (9)$$

Відмінність формули (9) для визначення кута піднімання витка різьби полягає в тому, що крім геометричних параметрів-діаметра  $d$  і кроку різьби  $S$  – враховується ще конусність різьби. Використання одержаної формули дає змогу уточнити розрахунки геометричних параметрів конічних різьб.

З метою підвищення експлуатаційних характеристик обсадних труб під час роботи за значних тисків та температури, а також під дією агресивних флюїдів розроблено конструкції муфтових різьбових з'єднань із вставним спіральним елементом та досліджено пружно-деформований стан [5].

#### Висновки

1. На основі результатів даних теоретичних та експериментальних досліджень розроблено конструкції муфтових з'єднань обсадних труб, які забезпечують високу герметичність обсадних та теплонагнітальних колон.

2. Досліджено пружно-деформований стан муфтових з'єднань обсадних труб при термоциклічних процесах. На основі аналізу результатів даних визначено раціональні параметри герметизуючих вузлів, які забезпечують герметичність та підвищують надійність і довговічність обсадних колон.

3. На основі аналізу конструктивних особливостей конічних різьбових з'єднань удосконалено формулу розрахунку кута піднімання конічної гвинтової лінії, використання якої дозволяє уточнити розрахунки геометричних параметрів різьб та внести корективи в способи і технологію зміцнення різьб та підвищення експлуатаційних характеристик обсадних та бурильних колон.

*Предложено конструкции муфтовых соединений обсадных и теплонагнетательных труб с герметизирующим элементом для обеспечения герметичности обсадных и теплонагнетательных колон при высоких параметрах давлений и температур. Научно обосновано упругодеформированное состояние соединений труб со вставным герметизирующим элементом. Приведены результаты экспериментальных исследований на герметичность натуральных образцов ОТ, подтверждающих высокие эксплуатационные характеристики данных соединений.*

**Ключевые слова:** герметичность, соединение, конструкция, элементы.

*During the casing operation under the conditions of the increased temperature and pressure, the elements of the clutch coupling are effected by great static and dynamic stresses, thermal cyclic loadings that lead to the elastic and plastic deformations of the section of the coupling, pipes and sealing elements that influence the hermiticity and the endurance of the casing and heat flow pipes. The elastically deformed state of the pipe junction with sealing coil is theoretically substantiated. The results of the experimental investigation that proved the high hermeticity of the casing with the suggested clutch coupling have been introduced.*

**Key words:** integrity, connection, design, element.

#### Література

1. ГОСТ 632-80 Трубы обсадные и муфты к ним.
2. А.с. 1663174А1 СССР, МКИ Е 21 В 17/02, 17/042, F. 16L 15/00. Резьбовое соединение теплонагнетательных труб / Б. А.Чернов, И. С. Бабюк, К. А. Оганов, Я. Б.Чернов. – Оpubл. 15.07.91, Бюл. № 26
3. Чернов Б. О., Чернова М. С., Яворський В. М. Пружно-деформований стан муфтового з'єднання обсадних труб з герметизуючим елементом у високотемпературних свердловинах // Нафтогазова енергетика. – Івано-Франківськ: «Факел», 2009. – С. 41–44.
4. Пат. 57111 Україна, МПК Е 21 В 17/02, Е 21 В 17/042. Різьбове з'єднання обсадних та насосно-компресорних труб / М.С.Чернова, В. М. Яворський, Б. О. Чернов, В.Б. Чернов. – Заявл. 22.07. 10; Оpubл. 10.02.2011, Бюл. № 3.
5. Чернов Б. О., Чернова М. С., Чернов В. Б. Підвищення експлуатаційних характеристик обсадних колон шляхом удосконалення конструкцій різьбових з'єднань // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – Івано-Франківськ: «Факел», 2011. – С. 91–95.

*Надійшла 23.07.11*

УДК 621.921.343-492.2:541.128.13

**Б. О. Чернов**, д-р техн. наук; **В. І. Коваль**, **М. М. Западнюк**, аспіранти

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна*

#### СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ВИДОБУВНИХ ЗАПАСІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ

*Надійність методів аналізу розробки нафтових покладів відіграє важливу роль в процесі проектування. Методи оперативного аналізу та математичного моделювання громіздкі та енергозатратні. Проведено аналіз ефективності існуючих методів. Запропоновано математично обґрунтований метод прогнозування видобутку нафти з врахуванням фактичної зміни основних показників розробки.*

**Ключові слова:** нафта, дебіт, прогнозування, поклад.

Швидкість та надійність методів аналізу розробки нафтових покладів відіграє важливу роль в процесі проектування розробки та оцінки ефективності впровадження методів інтенсифікації вилучення вуглеводнів. Для прийняття об'єктивного рішення щодо подальшої розробки необхідно досконало володіти методами оперативного аналізу та вмінням правильно інтерпретувати отримані результати. На сьогоднішній день найбільш точними методами оцінки та прогнозування розробки є методи математичного моделювання. Проте ці методи вимагають значних людських та машинних ресурсів. На відміну від вищезазначених, графоаналітичні методи з використанням диференціальних та інтегральних характеристик витіснення відрізняються простотою та швидкістю обробки даних і забезпечують прийнятну точність в розрахунках.

Експрес-методи прогнозування мають чисто емпіричний характер та розглядаються як статистичні методи моделювання. У нафтопромисловій практиці, в основному, здійснюється прогнозування поточного і накопиченого видобутку нафти та рідини, обводнення продукції та коефіцієнта нафтовилучення, а також визначення початкових видобувних запасів. Дослідженням