

УДК 622.248.5

Римчук Д.В., к.техн.н., доцент, Куш А.І., аспірант, Драгомирецький В.О., студент

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
кафедра «Видобування нафти, газу та конденсату»*

## **ПІДВИЩЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН**

**Ключові слова:** герметичність різьбових з'єднань, бурильна труба, обсадна труба, насосно-компресорна труба, різьбові мастила, різьбове з'єднання URJ.

Ствол свердловини – це системи трубопроводів утворених із труб різного діаметру, концентрично розташованих навколо однією осі, у яких рухаються потоки рідин, газів або їх сумішей у різних напрямках при різних тисках. Всі ці трубопроводи складаються із окремих труб, з'єднаних між собою та з гирловим обладнанням за допомогою різьбових з'єднань.

При будівництві, облаштуванні та експлуатації нафтових і газових свердловин використовується велика кількість наземних трубопроводів, виготовлених із бурильних, насосно-компресорних та обсадних труб, що з'єднуються між собою за допомогою різьбових з'єднань: маніфольд противикидного обладнання, маніфольд для подачі бурового розчину від насосів до бурового стояка, лінії глушіння свердловин, лінії для подачі рідини при гідророзриві, гідропіскоструминній перфорації, тощо.

Негерметичність різьбових з'єднань обсадних колон, наземних свердловинних трубопроводів може бути причиною виникнення відкритих газових або нафтових фонтанів, а інколи і грифонів – фонтанування поза межами гирла свердловини. І як наслідок втрата великої кількості вуглеводнів, а інколи і цілих родовищ.

Питання герметичності різьбових з'єднань вирішуються у двох напрямках: перший – герметизація різьбових з'єднань шляхом застосування різних ущільнюючих матеріалів другий – це створення різьбових з'єднань Преміум, що мають додаткові вузли ущільнення «метал по металу».

Герметичність різьбових з'єднань труб – це властивість з'єднань, що забезпечує непроникність при навантаженні надлишковим тиском рідини або газу на протязі тривалого часу.

На проникність різьбових з'єднань впливають конструктивні особливості різьб (рис. 1). Зазори в різьбі – це гвинтові канали, що сполучують внутрішню та зовнішню порожнини труб. Зазори (z) називаються конструктивними.

Крім конструктивних зазорів у кожному різьбовому з'єднанні також присутні зазори технологічного характеру, котрі визначаються відхиленням елементів профілю від теоретичних розмірів. Конструктивні та технологічні зазори в різьбі приводять до того, що контакт труби з муфтою в різьбовому з'єднанні прониклий – з'єднання само по собі негерметично. Для ліквідування проникності контакту елементів різьбових з'єднань на практиці застосовують різні наповнювачі конструкторних і технологічних зазорів – різьбові мастила. Експлуатаційні властивості різьбових мастил для з'єднання

обсадних, насосно-компресорних і трубопровідних труб із з'єднаннями класу Преміум і різьбових упорних з'єднань елементів бурильної колони включають:

- трибологічні властивості, котрі забезпечують точне та рівномірне спряження з'єднання;
- властивості мастила, що забезпечують стійкість з'єднання до утворення задирок або руйнування контактних поверхонь під час згвинчування та розгвинчування;
- герметизуючі властивості для з'єднань з ущільненням по різьбі і/або властивості, котрі не погіршують герметичність з'єднань, що мають спеціальні елементи ущільнення (наприклад, вузли ущільнення «метал-метал», ущільнювальні кільця із політетрафторетилену і т.д.), в залежності від вимог до експлуатації
- фізико-хімічну стійкість в умовах експлуатації та передбачуваних умовах зберігання різьбових мастил;
- властивості, котрі забезпечують ефективне нанесення різьбових мастил на контактні поверхні з'єднання в передбачуваних умовах експлуатації та середовищах.

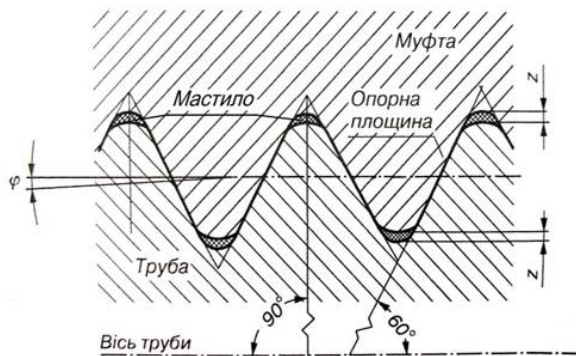


Рисунок 1 – Канал у різьбовому з'єднанні заповнений мастилом

Спеціалістами американського нафтового інституту розроблений міжнародний нормативний документ, котрий регламентує вимоги до модифікованого різьбового мастила API: склад, розміри частинок металевих включень, способи перевірки властивостей, контрольні показники властивостей.

Цим документом повинні керуватися як виробники різьбових мастил так і користувачі. Виробники різьбових мастил мають право тільки покращувати властивості мастил.

Модифіковане різьбове мастило API – це суміш порошків різних металів і графіту, рівномірно розподілених в основі мастила. Всі мастила, що використовуються для герметизації різьбових з'єднань нафтогазових труб повинні відповідати модифікованому мастилу API та містити тверді добавки суміші аморфного графіту, порошку свинцю, цинку, і лусочок міді, що вказані в таблиці 1.

Дуже слабкою ланкою, котра впливає на герметичність свердловин, є елементи колони бурильних, обсадних і насосно-компресорних труб, що виготовляються у механічних майстернях бурових компаній, у яких відсутній повний технологічний цикл виготовлення та контролю.

Таблиця 1 – Пропорції твердих добавок

Компонент	Масова доля, %	
	В твердих добавках	В мастилі
Аморфний графіт	28.0	18.0±1.0
Порошок свинцю	47.5	30.5±0.6
Порошок цинку	19.3	12.2±0.6
Лусочки міді	5.2	3.3±0.3
Всього	100	64

Всі елементи, котрими комплектуються колони бурильних, обсадних, і насосно-компресорних труб (перевідники, крани кульові, патрубки для монтажу колонних обв'язок, стикувальні пристрої при спуску колон секціями, муфти двоступеневого цементування, зворотні клапани, підвісні патрубки, тощо), повинні мати показники по міцності та герметичності не гірші ніж у самих труб, а їх різьби і елементи герметизацій стикувальних вузлів за конструкцією і розмірами повинні відповідати і елементам герметизації труб. Ці елементи повинні виготовлятися у відповідності до технічних умов.

В технічних умовах, окрім іншого, повинно бути передбачено захисне покриття різьби, контроль профілю різьби. Складовою технічних умов повинні бути « Програма та методика випробувань».

На сьогодні газовидобувним підприємством поставляються колонні обв'язки ОКК1 і ОКК2, на корпусі колонних головок ГК1 котрих нарізана різьба за ГОСТ 632-80 трикутного профілю з заокругленими вершинами, герметичність котрої забезпечує тільки мастило. А ці колонні обв'язки монтуються на обсадні колони з високо герметичною різьбою з ущільненнями «метал по металу ». що можливо тільки з використанням перевідника. Пропонується змінити конструкцію корпусів колонних головок ГК1 колонних обв'язок ОКК1 і ОКК2, передбачивши високогерметичне різьбове з'єднання з упорною різьбою і елементом ущільнення «метал – метал ».

Газонафтовидобувні підприємства закупають фонтанні арматури не враховуючи, те які ліфтові труби будуть підвішуватись у цих фонтанних арматурах. У більшості випадків заводи комплектують фонтанні арматури патрубками, котрі закінчуються різьбою НКМ 89, а газовидобувникам необхідно підвісити високо герметичні труби діаметром 73мм. Це можна здійснити використавши перевідник, а цей перевідник, що встановлюється безпосередньо на гирлі сприймає вагу всієї колони і максимальні тиски. І коли він виготовлений не у відповідності з технічними умовами то стає «потенційно небезпечним» з точки зору міцності та герметично-

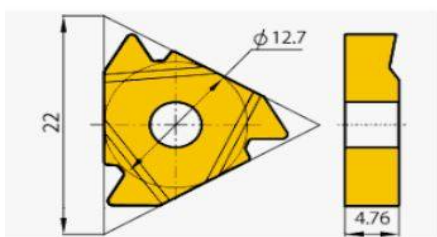


Рисунок 2 – Різці для нарізання трубних різьб

сті. Отже при закупівлі фонтанних арматур необхідно замовляти підвісні патрубки з різьбою, яка б відповідала різьбі ліфтових труб, котрі будуть використовуватись.

При нарізанні різьб в механічних майстернях слід відмовитись від різців з напаяними твердосплавними пластинами, у котрих профіль ріжучої частини різця, а значить і профіль різьби формує токар « на око» на заточному верстаті.

Для нарізання різьб слід використовувати різці (рис. 2), оснащенні спеціальними пластинами, котрі кріпляться до оправки різця болтами. Профіль ріжучих елементів пластин відповідає профілю різьби. На ріжучі кромки елементів пластин нанесені спеціальні зносостійкі покриття, що забезпечують нарізання до десяти різьб одним елементом або до тридцяти різьб однією пластиною. Випускаються елементи під усі профілі та типорозміри трубних різьб.

[1,2,3,5,6,7,8] Авторами проаналізовано всі нормативні документи, що регламентують герметичність різьбових з'єднань насосно-компресорних, обсадних і буриньних труб.

У [5] нічого не сказано про додаткові засоби захисту та про особливості експлуатації труб з різьбовими з'єднаннями Преміум класу. Використання труб з різьбовим з'єднаннями Преміум вимагає більш високої культури виробничого процесу при підготовці, транспортуванні та експлуатації цих труб. Всі вимоги до цього процесу повинні бути чітко розписані в регламентуючих документах – стандартах організації України.

На рис 3. показано різьбове з'єднання UPJ та його елементи. Герметичність цього з'єднання досягається за рахунок використання різьбового мастила та за рахунок створення контактного зусилля, з яким виступ ніпеля труби упирається у виточку в муфті. Збереження цілісності і неушкодженості цих елементів повинна бути приділена велика увага. Виступ у муфті можна пошкодити при шаблонуванні труби ударом шаблону по виступу. Щоб запобігти цьому пропонується використовувати шаблон з направляючим конусом. Велика увага повинна бути приділена як до процесу підготовки різьби перед нанесенням мастила так і до самого процесу нанесення мастила.

При знаходженні труб на містках з різьб розчинником повинно буде видалено консерваційне мастило після цього різьби промиваються парою. А вже на буровій очищаються стисненням повітрям. При нанесенні мастила на різьбу необхідно слідкувати, щоб мастило не попало на контактуючі поверхні труби та муфти, так як, частинки металів, що входять до складу мастила, можуть бути причиною негерметичності різьбового з'єднання. [5] необхідно доопрацювати з урахуванням вище викладеного.

У нормативному документі [7], котрий регламентує експлуатацію обсадних колон, закладено декілька причин можливих негерметичностей різьбових з'єднань. Так у п.1П.3.7 говориться ...«Різі вітчизняних обсадних труб і труб виробництва СНД, а ім-

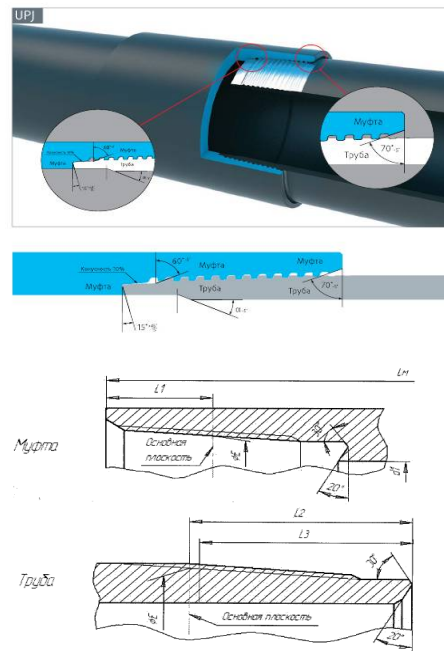


Рисунок 3 – Різьбове з'єднання UPJ

портні в разі потреби, – перед згвинчуванням потрібно змастити герметизуючим мастилом».... Це трактування невірне, ні одне з'єднання імпортованих труб не буде герметичним без мастила. Необхідно [7] відредагувати з урахуванням вище викладеного.

Основною причиною негерметичності різьбових з'єднань бурових труб є незнання і нерозуміння працівниками бурових підприємств принципів і механізмів ущільнення цих з'єднань.

У замковому з'єднанні бурових труб існує два незалежні один від одного вузли ущільнення – подвійний захист від проникнення рідини чи газу через це з'єднання: перший – це герметизація різьби шляхом нанесення спеціального мастила на очищені поверхні різьби перед скручуванням і заповнення цим мастилом конструктивних і технологічних каналів цього з'єднання при скручуванні; другий – це створення необхідних контактних зусиль на контактуючих поверхнях муфти та ніпеля замкового з'єднання при скручуванні з необхідним крутним моментом. Основне ущільнення – це ущільнення за допомогою мастила нанесеного на різьбу з'єднання, а більшість працівників бурових підприємств думають, що основний вузол ущільнення замкового з'єднання – це контактуючі поверхні муфти та ніпеля.

Причини негерметичності першого вузла:

- використання мастила, що має низькі антифракційні, антикорозійні та протизадиркові властивості і не забезпечує щільність з'єднання;
- не очищення поверхонь різьби перед нанесенням мастила.

Причини негерметичності другого вузла:

- недостатня величина крутного моменту згвинчування різьбового з'єднання;
- згвинчування різьбового з'єднання з неочищеною різьбою пошкодження контактуючих поверхонь муфти і ніпеля;
- перекося упорного торця муфти і упорного уступу ніпеля замка.

При співпаданні двох негативних факторів, що є причиною негерметичності кожного вузла, виникає проникнення бурового розчину через замкові з'єднання та подальше його розмивання.

В даний час для змащування замкових різьб широко використовується графітне консистентне мастило наступного складу (вага, %): графіт – 50, технічний жир – 5, каустична сода – 2, мінеральне машинне масло – 43. Це мастило достатньо дешеве, має відносно високі антифракційні властивості, але внаслідок високих питомих тисків, що виникають у процесі згвинчування, не захищає різьбу від задирок і не забезпечує надійного ущільнення. Основними причинами негерметичності з'єднання труби з замком є:

- недостатня температура нагріву замка перед накручуванням;
- недостатня величина крутного моменту при скручуванні замка з трубою;
- використання герметизуючого мастила, котре не відповідає умовам процесу – температура нагріву замка 350-450°C.

Пропонується при експлуатації бурових труб використовувати мастило у відповідності з рекомендаціями API BULL 5A2 Бюлетень.

При проведенні робіт із спуску труб під тиском для зменшення тиску на гирлі свердловину № 2 Водянівська (рис. 4) пустили в роботу на факельний амбар через дві викидні лінії маніфольда ОП. При цьому викидні лінії були направлені в одну сторону.

Викидна лінія після блоку глушіння і двох поворотів на 90° була зібрана із бурильних труб із зношеними замковими різьбами. Для герметизації замкового з'єднання використовувалось графітне мастило. Ця лінія проходила в безпосередній близькості до бурової установки. При роботі свердловини газоконденсатною сумішшю виникли пропуски газу через замкові з'єднання, котрі прийшлося оперативно усувати з метою попередження загоряння бурової установки.

Основною причиною пропусків газу через різьбове з'єднання бурильних труб – використання мастила, котре відповідає вимогам нормативних документів і не герметизує зношену різьбу.

Отже [1] необхідно доповнити, що викидні лінії після поворотів, котрі проходять у безпосередній близькості до бурової установки повинні з'єднуватись за допомогою фланців, а різьбові з'єднання викидних ліній, що збираються із бурильних труб із зношеною замковою різьбою повинні ущільнюватись мастилом, що містить пластичні наповнювачі наприклад Дредкот–705.

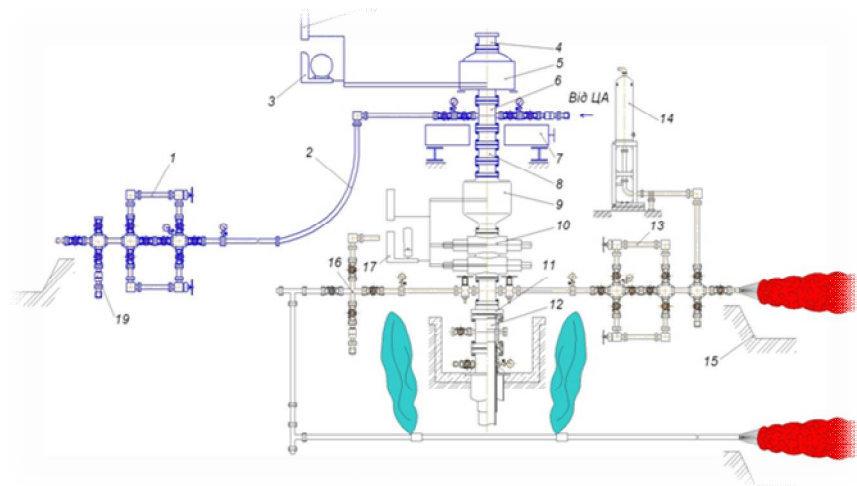


Рисунок 4 – Схема обв'язки гирла свердловини №2 Водянівська противикидним обладнанням при примусовому спуску бурильних і обсадних труб під тиском

1, 13 – блок дроселювання 80x70; 2 – гнучкий рукав 80x70; 3 – система гідроуправління противикидним обладнанням СН6U румунського виробництва; 4,8 – котушка двохфланцева 350x35; 5 – універсальний превентор SHAFFER 350x35; 6 – хрестовина 350x35/80x35; 7 – ротор; 9 – універсальний превентор FH35-35/70 Annual BOP фірми SHENKAI PETROLEUM EQUIPMENT; 10 – спарений плашковий превентор 350x70 Double (нижні плашки – глухі, верхні плашки для труб 127 мм) фірми Texas First Industrial Corp; 11 – фланець-адаптор 350 x 70-280x105; 12 – колонна обв'язка ОКК 2 – 105-168x245x324; 14 – сепаратор; 15 – амбар; 16 – блок глушіння 80x70; 17 – система гідроуправління противикидним обладнанням 6 station BOPCS фірми OCO Pressure control; 18 – допоміжний пульт гідроуправління проти викидним обладнанням СН6U румунського виробництва; 19 – зворотний клапан

### Висновок

Пропонуємо нормативні документи, що регламентують порядок експлуатації зберігання, транспортування та відбракування обсадних та бурильних труб, а також у документи що регламентують порядок монтажу та експлуатації колонних обв'язок, противикидного обладнання, фонтанних арматур внести зміни у відповідності до рекомендацій викладених у даній статті.



Література

1. Свердловини на нафту і газ. Вимоги до монтажу і експлуатації противикидно-го обладнання при бурінні. СОУ 11.2-30019775-142:2008 зі змінами № 2-2014. [Чинний від 30.12.2008] – К.: ДК “Укргазвидобування”, 2008. – 66 с.
2. Свердловини на нафту і газ. Вимоги до монтажу і експлуатації колонних головок при бурінні свердловин. СОУ 11.2-30019775-141:2008. [Чинний від 30.12.2008] – К.: ДК “Укргазвидобування”, 2008. – 28 с.
3. Свердловини на нафту і газ. Попередження газонафтоводопроявів і відкритих фонтанів під час спорудження і капітального ремонту свердловин. СОУ 09.1-30019775-245:2015. [Чинний від 16.01.2016] – К.: ПАТ “Укргазвидобування”, 2015. – 87 с.
4. Римчук Д.В. Шляхи підвищення рівня фонтанної безпеки при бурінні глибоких свердловин [текст]/ Римчук Д.В., Герасименко А.В.// Питання розвитку газової промисловості України: зб. наукових праць. Вип. XLV-X. УкрНДІгаз, 2017.– с. 94–101.
5. Свердловини на нафту і газ. Порядок експлуатації, зберігання, транспортування, відбракування і списання насосно- компресорних труб. СОУ 09.1-30019775-158:2018 [Чинний від 27.04.2018]- К.ДК «Укргазвидобування», 2018–118 с.
6. Свердловини на нафту і газ. Випробування обсадних колон на герметичність. СОУ 09.1-30019775-215:2013 [Чинний від 04.04.2014 р.] – К.: ПАТ “Укргазвидобування”, 2013. – 40 с.
7. Свердловини на нафту і газ. Обсадні труби. Порядок експлуатації. СОУ 09.1-30019775-258:2018 [Чинний від 08.02.2018 р.]–К.: ПАТ “Укргазвидобування”, 2018.– 47 с.
8. Свердловини на нафту і газ. Порядок експлуатації, зберігання, транспортування, відбракування, і списання бурильних труб. СОУ 09.1–30019775–183:2018 [Чинний від 17.04.2018 р.] – К.: ПАТ “Укргазвидобування”, 2018. – 110 с.
9. API Spec 5CT/ISO 11960 Specification for Casing and Tubing.
10. И. Пустовойтенко. Предупреждение и ликвидация аварий в бурении // [Текст] / И. Пустовойтенко. – М.: Недра. – 1987.
11. М. Мислюк. Буріння свердловин. Довідник. У5 т Т.5.: Ускладнення. Аварії. Екологія. [Текст] / М.Мислюк, І. Рибчич, Р.С. Ярмійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004.
12. Трубы нефтяного сортамента. Справочное руководство. 3-е изд., перераб. и доп. [Текст]. – М., Недра, 1987.
13. API BULL 5A2 Bulletin on thread compounds for casing, tubing, and line pipe.
14. API RP 5A3 Recommended Practice on Thread Compounds for Casing, Tubing, Line Pipe, and Drill Stem Elements, 3rd Edition, November 2009.

Bibliography (transliterated)

1. Sverdlovyny na naftu i haz. Vymohy do montazhu i ekspluatatsiyi protyvykydnoho obladdnannya pry burinni. SOU 11.2-30019775-142:2008 zi zminamy № 2-2014. [Chynnyy vid 30.12.2008] – K.: DK “Ukrhazvydobuvannya”, 2008. – 66 p

2. Sverdlovyny na naftu i haz. Vymohy do montazhu i ekspluatatsiyi kolonnykh holovok pry burinni sverdlovin. SOU 11.2-30019775-141:2008. [Chynnyy vid 30.12.2008] – K.: DK “Ukrhazvydobuvannya“, 2008. – 28 p.

3. Sverdlovyny na naftu i haz. Poperedzhennya hazonaftovodoprovyviv i vidkrytykh fontaniv pid chas sporudzhennya i kapital'noho remontu sverdlovin. SOU 09.1-30019775-245:2015. [Chynnyy vid 16.01.2016] – K.: PAT “Ukrhazvydobuvannya“, 2015. – 87 p.

4. Rymchuk D.V. Shlyakhy pidvyshchennya rivnya fontannoyi bezpeky pry burinni hlybokyykh sverdlovin [tekst]/ Rymchuk D.V., Herasymenko A.V.// Pytannya rozvytku hazovoyi promyslovosti Ukrayiny: zb. naukovykh prats'. Vyp. XLV-KH. UkrNDIhaz, 2017.– 94-101 p.

5. Sverdlovyny na naftu i haz. Poryadok ekspluatatsiyi, zberihannya, transportuvannya, vidbrakuvannya i spysannya nasosno- kompresornykh trub. SOU 09.1-30019775-158:2018 [Chynnyy vid 27.04.2018]- K.DK «Ukrhazvydobuvannya», 2018–118p.

6. Sverdlovyny na naftu i haz. Vyprobuvannya obsadnykh kolon na hermetychnist'. SOU 09.1-30019775-215:2013 [Chynnyy vid 04.04.2014 r.] – K.: PAT “Ukrhazvydobuvannya“, 2013. – 40 p.

7. Sverdlovyny na naftu i haz. Obsadni truby. Poryadok ekspluatatsiyi. SOU 09.1-30019775-258:2018 [Chynnyy vid 08.02.2018 r.] –K.: PAT “Ukrhazvydobuvannya“, 2018. – 47 p.

8. Sverdlovyny na naftu i haz. Poryadok ekspluatatsiyi, zberihannya, transportuvannya, vidbrakuvannya, i spysannya buryl'nykh trub. SOU 09.1–30019775–183:2018 [Chynnyy vid 17.04.2018 r.] – K.: PAT “Ukrhazvydobuvannya“, 2018. – 110 p.

9. API Spec 5CT/ISO 11960 Specification for Casing and Tubing.

10. Y. Pustovoytenko. Preduprezhdenye y lykvydatsyya avaryy v burenyy // [Tekst] / Y. Pustovoytenko. – M.: Nedra. – 1987.

11. M. Myslyuk. Burinnya sverdlovin. Dovidnyk. U5 t T.5.: Uskladnennya. Avariyi. Ekolohiya. [Tekst] / M.Myslyuk, I. Rybchych, R.S. Yarmiychuk. – K.: Interpres LTD, 2004.

12. Truby neftyanoho sortamenta. Spravochnoe rukovodstvo. 3-e yzd., pererab. y. dop. [Tekst]. – M., Nedra, 1987.

13. API BULL 5A2 Bulletin on thread compounds for casing, tubing, and line pipe.

14. API RP 5A3 Recommended Practice on Thread Compounds for Casing, Tubing, Line Pipe, and Drill Stem Elements , 3rd Edition, November 2009.

УДК 622.248.5

Римчук Д.В., Куш А.І., Драгомирецький В.О.

## ПІДВИЩЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Авторами проаналізовано документи, що регламентують порядок експлуатації насосно-компресорних, обсадних та експлуатаційних труб, при цьому встановлено ряд



вимог або їх відсутність, що впливають на герметичність різьбових з'єднань. Запропоновані ряд заходів, щодо забезпечення герметичності нафтових і газових труб.

**Ключові слова:** герметичність різьбових з'єднань, бурильна труба, обсадна труба, насосно-компресорна труба, різьбові мастила, різьбове з'єднання UPJ.

УДК 622.248.5

Рымчук Д.В., Кушч А.И., Драгомирецкий В.А.

### **ПОВЫШЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Авторами проанализированы документы, регламентирующие порядок эксплуатации насосно-компрессорных, обсадных и эксплуатационных труб, при этом установлен ряд требований или их отсутствие, влияющие на герметичность резьбовых соединений. Предложены ряд мер, по обеспечению герметичности нефтяных и газовых труб.

**Ключевые слова:** герметичность резьбовых соединений, бурильная труба, обсадная труба, насосно-компрессорная труба, резьбовые смазки, резьбовые соединения UPJ.

Rymchuk D.V., Kushch A.I., Dragomyretskiy V.O.

### **GROWTH OF HERMETICITY OF OIL AND GAS WELLS**

The authors analyze the documents regulating the operation of pump-compressor, casing and operating pipes, with a number of requirements or their absence, which affect the tightness of threaded joints.

**Keywords:** tightness of threaded joints, drill pipe, casing pipe, pump-compressor pipe, threaded lubricants, threaded joints UPJ.