

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАМКОВИХ З'ЄДНАНЬ ОБВАЖНЕНИХ БУРИЛЬНИХ ТРУБ

В.І. Артим, О.Я. Фафлей, Р.О. Дейнега, В.В. Михайлюк

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727101,
e-mail: no@nig.edu.ua

Замкові з'єднання обважнених бурових труб є відповідальними елементами під час спорудження свердловин, оскільки на ліквідацію аварій з ними витрачаються значні кошти та час.

Проведений аналіз відмов елементів бурових колон показав, що, не зважаючи на постійне вдосконалення конструкцій їх різьбових з'єднань, процент відмов по різьбах не зменшується. Сьогодні світовими виробниками розроблені нові конструкції двоопорних з'єднань, які містять додаткову опору ніпеля та муфти. За рахунок цього покращується розподіл навантажень у різьбовому з'єднанні. Це, в свою чергу, збільшує момент згинчування до 70% порівняно із стандартним одноопорним з'єднанням.

Однак, викликає сумнів те, що збільшений момент згинчування двоопорних з'єднань не призведе до такого перерозподілу напружень, при якому виникне ймовірність швидкого руйнування конструкції як ніпеля, так і муфти у зоні додаткового опорного торця. Для перерозподілу напружень у двоопорному з'єднанні, очевидно, застосовуються конструктивні методи, які не вказуються в жодних інформаційних джерелах.

Тому з метою визначення розподілу напружено-деформованого стану двоопорних замкових з'єднань застосовано імітаційне моделювання. Згідно з результатами використання додаткового торця покращується розподіл напружень по впадинах витків з'єднання. Але величина перекриття торців повинна бути строго регламентована. Визначено, що оптимальною величиною перекриття основного опорного торця - 0,1, а додаткового - 0,2 мм. Величина перекриття додаткового торця - 0,3 мм призведе до руйнування з'єднання по тілу муфти або додатковий торець ніпеля буде zdeформований і не виконуватиме призначеної функції. Його перекриття на 0,1 мм призводитиме до руйнування ніпеля по першому його витку. Отже, для використання розглянутої конструкції двоопорного з'єднання обважнених труб слід жорстко контролювати величину його натягу.

Ключові слова: обважені бурові труби, тримірне моделювання, двоопорне з'єднання, момент згинчування, напружено-деформований стан.

Замковые соединения утяжеленных буровых труб являются ответственными элементами при сооружении скважин, так как на ликвидацию аварий с ними тратятся значительные средства и время.

Проведенный анализ отказов элементов буровых колонн показал, что, не смотря на постоянное совершенствование конструкции, их резьбовых соединений процент отказов по резьбе не уменьшается. Сегодня мировыми производителями разработаны новые конструкции двухопорных соединений, которые содержат дополнительную опору нипеля и муфты. За счет этого улучшается распределение нагрузок в резьбовом соединении. Это, в свою очередь, увеличивает момент свинчивания до 70% по сравнению со стандартным одноопорным соединением.

Однако, вызывает сомнение то, что увеличенный момент свинчивания двухопорных соединений не приведет к такому перераспределению напряжений, при котором возникнет вероятность быстрого разрушения конструкции как нипеля, так и муфты в зоне дополнительного упорного торца. Для перераспределения напряжений в двухопорном соединении, очевидно, применяются конструктивные методы, которые не указываются в каких-либо информационных источниках.

Поэтому с целью определения распределения напряженно-деформированного состояния двухопорных замковых соединений применено имитационное моделирование. Согласно результатам использования дополнительного торца улучшается распределение напряжений по впадинах витков соединения. Но величина перекрытия торцов должна быть строго регламентирована. Определено, что оптимальная величина перекрытия основного опорного торца - 0,1 мм, а дополнительного - 0,2 мм. Величина перекрытия дополнительного торца - 0,3 мм приведет к разрушению соединения по телу муфты или дополнительный торець нипеля будет деформироваться и не будет выполнять предназначенной функции. Его перекрытие на 0,1 мм приводит к разрушению нипеля по первому его витку. Итак, для использования рассматриваемой конструкции двухопорного соединения утяжеленных труб необходимо жестко контролировать величину его натяжения.

Ключевые слова: утяжеленные буровые трубы, трехмерное моделирование, двухопорное соединение, момент свинчивания, напряженно-деформированное состояние.

The analysis of failures of the drill columns elements showed that, despite the constant improvement of the design of their thread connections, the percentage of thread failures does not decrease. Today, world-wide manufacturers have developed new designs of double shoulder joints, which contain additional support of pin and box. According to it, the distribution of loads in the thread connection is improved. In its turn, it increases the make-up torque up to 70% compared to the standard single shoulder connection.

However, there is a doubt that the increased make-up torque of double shoulder joints will not lead to such redistribution of stresses, at which the probability of rapid destruction of the structure of both the pin and the box in the area of the additional thrust face. The constructive methods, which are not indicated in any information sources, are used for the redistribution of stresses in a double shoulder joint.

That's why, the imitation modeling is used to determine the distribution of the stress-strain state of double shoulder joints. According to the results of the use of the additional end face, the distribution of stresses in the cavities of the threads is improved. But the value of the overlap of the ends should be strictly regulated. It is determined that the optimal value of the overlap of the main end face is 0.1 mm, and the additional one is 0.2 mm. If the value of the overlap of the additional end is 0.3 mm, it will lead to the destruction of the joint on the body of the box. Otherwise the additional end of the pin will be deformed and will not perform the intended function. Its overlap on 0.1 mm will lead to the destruction of the pin in its first thread. Thus, it is necessary to control strictly the magnitude of its tension for the use of the considered construction of the double shoulder joint of drill collar.

Keywords: drill collar, three-dimensional modeling, double shoulder joint, make-up torque, stress-strain state.

Вступ

Замкові з'єднання обважнених бурильних труб (ОБТ) є відповідальними елементами під час спорудження свердловин, оскільки їх поломки призводять до аварій, на ліквідацію якої витрачаються значні кошти та час. Згідно з аналізом даних на підприємстві БУ "Укрбургаз" за 2007 – 2010 роки встановлено, що у 2007 році частка аварій, спричинених корозійно-втомним руйнуванням елементів колони, складає 40 % від всіх поломок, у 2008 р. – 50 %, 2009 р. – 50 %, 2010 р. – 42,8 %. Середній відсоток аварійності за даний період складає 45,7 %.

Проаналізовано 406 аварій, пов'язаних з бурильними трубами, що відбулися на свердловинах об'єднання "Укрнафта". Згідно з аналізом 23% руйнувань відбулися по трубній різьбі, 31% – по різьбових з'єднаннях ОБТ і 45% – по ніпельній частині замків [2, 3]. Руйнування різьбових з'єднань відбувається по першому повному витку і має яскраво виражений корозійно-втомний характер, що обумовлено дією змінних циклічних навантажень в поєднанні з концентрацією напружень у впадинах різьби і поверхнево-активним впливом бурового розчину та пластових вод [3].

В об'єднанні «Белорусьнефть» поломки бурильних труб по різьбі становили 62% від загального числа аварій. Високий відсоток поломок бурильних труб по різьбі пояснюється наявністю в геологічному розрізі сольових комплексів, що підвищують мінералізацію бурового розчину та сприяють утворенню каверн в метали бурильних труб [3].

Враховуючи статистичний характер проаналізованих відмов елементів бурильної колони, можна зробити висновок, що, не зважаючи на впровадження нових конструкцій бурильних труб та їх з'єднань, покращення якості та дотримання правил експлуатації, аварійність з бурильними трубами не знижується. Основною причиною аварій є корозійно-втомне руйнування елементів бурильної колони. Це вказує на необхідність проведення аналізу та вдосконалення існуючих методів оцінки довговічності елементів бурильної колони, аналізу існуючих вітчизняних та закордонних конструкцій замкових з'єднань та розроблення їх нових конструкцій.

Аналіз вітчизняних та закордонних досліджень і публікацій

Бурильні труби виготовляють згідно з ГОСТ 631-75, в якому регламентовані їх сортимент, технічні вимоги, правила приймання, методи випробування, маркування тощо [4]. З'єднання бурильних труб здійснюється завдяки

використанню бурильних замків, що містять ніпельну та муфтову частини.

Однак, як показує аналіз поломок бурильних труб, бурильний замок є найслабкішою їх ланкою. Для найбільш затребуваних типорозмірів труб ефективність замка (відношення навантаження на кручення, що витримує бурильна труба, до навантаження на кручення, що витримує бурильний замок) становить близько 80 – 90%. Тому з метою збільшення даного показника, а також для підвищення ефективності експлуатації при одночасній дії навантажень кручення та розтягу ТОВ «ТМК – преміум Сервіс» розроблений високомоментний бурильний замок ТМК-TDS (рис. 1) [5].



Рисунок 1 – Бурильний приварний замок ТМК-TDS

Особливістю конструкції цього замка є наявність додаткової опори (рис. 2), яка починає працювати при збільшенні моменту згинчування з'єднання. Даний замок сприймає момент згинчування на 35-70% більші, ніж стандартні замки (залежно від типорозміру труби). Профіль різьби цього замка дозволяє приєднувати будь-який стандартний буровий інструмент. Замки ТМК-TDS виготовляються зі сталі марок G105, S135 високих груп міцності.

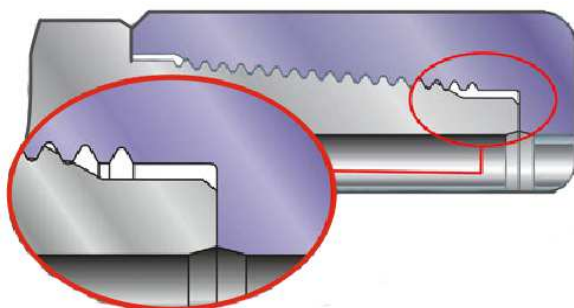


Рисунок 2 – Конструкції додаткової опори замка ТМК-TDS

В лабораторії ЗАТ «ВНИИТнефть» проведено комплекс стендових випробувань двох розроблених конструкцій замків бурових труб – ТМК TDS-127-65 і ТМК TDS-168-89. Технічні характеристики замків нових конструкцій порівнювалися з буровим замком, виготовленим відповідно до ГОСТ 27834-95. Зокрема були проведені випробування стійкості різьби замка до зношування під час процесу згвинчування з врахуванням дії осьового стискаючого зусилля (від дії ваги свічки бурових труб), визначення експлуатаційного та максимального моментів згвинчування з'єднання, а також характеристик замка від спільної дії навантажень кручення та розтягу.

Згідно з отриманими результатами замки нової конструкції мають вищі технічні показники порівняно зі стандартними. Порівняно з аналогічними стандартними замками фактичні максимальні крутні моменти є більшими на 38% у замку ТМК TDS-127-65 і на 29% у замку TDS-168-89.

Закордонна компанія «DRILCO» пропонує два типи з'єднань преміум-класу зі збільшеним крутним моментом.

1. Високомоментне з'єднання типу SSDS має покращені технічні характеристики порівняно із стандартними з'єднаннями API. З'єднання працює при більшому крутному моменті на 30-40%, що робить його більш придатним для застосування під час складних умов буріння [6].

Також у з'єднанні типу SSDS спостерігається менший гідравлічний опір руху бурового розчину порівняно зі стандартним замковим з'єднанням за рахунок виконання більшого діаметра прохідного отвору.

Конструкція з'єднання SSDS має таку ж форму різьби, як і стандартне з'єднання API, що дозволяє приєднувати його до інших стандартизованих елементів бурової колони.

2. Високомоментне з'єднання типу ATDS
Двоопорне з'єднання ATDS виробництва «DRILCO» має в порівнянні з аналогічними стандартними з'єднаннями труб API більший на 50-55% момент згвинчування та менший діаметр замка, причому без зниження його міцнісних характеристик [7].



Рисунок 3 – З'єднання типу SSDS



Рисунок 4 – З'єднання типу ATDS

З'єднання фірми NOV GrantPrideco® типу GPDS із двома упорними торцями має покращені технічні характеристики та може використовуватися без застосування спеціальних методик під час проведення спуско-підйомних операцій (СПО) [8]. Момент згвинчування з'єднання такого типу порівняно із стандартними з'єднаннями API є більшим на 20-50%.

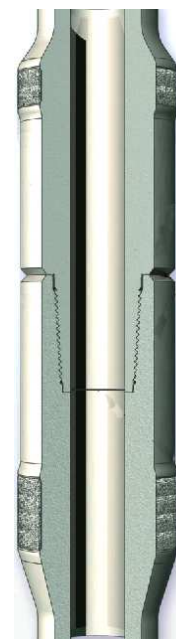


Рисунок 5 – З'єднання типу GPDS

За рахунок використання додаткового упорного торця у з'єднанні типу GPDS збільшується його міцність, що значно підвищує довговічність замка під час дії на нього зусиль кручення та згину. При цьому допускається експлуатувати замкове з'єднання зі значним зношуванням його зовнішньої поверхні.

Розглянуті конструкції двоопорних замкових з'єднань закордонного виробництва мають значні переваги порівняно із стандартним замковим з'єднанням (ГОСТ 5286-75), але суттєво відрізняються величиною збільшення моменту їх згинування. Зрозуміло, що додатковий опорний торець сприяє більш рівномірному розподілу навантаження по витках різьби ніпеля та муфти. Це, у свою чергу, дає змогу згинувати з'єднання такого типу із значно більшим крутним моментом порівняно з стандартними з'єднаннями згідно з API та ГОСТ. Однак, найбільш цікавим в цих конструкціях є форми додаткових упорних торців та розвантажувальних канавок, оскільки, як відомо, незначна їх зміна може сконцентрувати або розподілити напруження, що виникають, а це, у свою чергу, призведе до руйнування або збільшення терміну експлуатації з'єднання. Також важливо знати величину попереднього натягу як на основному, так і додатковому торцях.

Отже, доцільно було б визначити напружено-деформований стан стандартного (згідно з ГОСТ) та двоопорного замкового з'єднання та порівняти отримані результати. У відкритих джерелах інформації поки що рідко зустрічаються такі дослідження і, відповідно, ці питання є досить цікавими та актуальними.

Мета роботи та обґрунтування необхідності її виконання

Мета роботи полягає у порівнянні напружено-деформованого стану досліджуваного стандартного та двоопорного замкового з'єднань об'єднаних бурових труб шляхом застосування імітаційного моделювання.

Завдання роботи:

1 Виконати аналіз відмов елементів бурової колони.

2 Проаналізувати існуючі конструкції стандартних та двоопорних замкових з'єднань об'єднаних бурових труб.

3 Розробити тримірні моделі конструкцій стандартного і двоопорного замкового з'єднань та дослідити їх методом кінцевих елементів:

- оцінити напружено-деформований стан стандартного з'єднання;
- оцінити напружено-деформований стан двоопорного з'єднання;
- порівняти отримані результати напружено-деформованого стану досліджених з'єднань;
- визначити вплив похибки під час виготовлення додаткового опорного торця ніпеля на розподіл напружень по витках замкового з'єднання.

Викладення основного матеріалу

Методика визначення напружено-деформованого стану замкового з'єднання бурових труб.

У світовій практиці для розроблення нового чи вдосконалення існуючого обладнання застосовують різноманітні комп'ютерні програми, що дають змогу мінімізувати час та матеріальні витрати, полегшити виконання необхідних робіт, а саме розроблення технічної документації, проведення різноманітних досліджень елементів обладнання тощо. Сьогодні існує безліч програм для виконання таких робіт: ANSYS, CATIA, ProEngineer, Unigraphics, SolidWorks. Всі ці програми під час розрахунків на статичну міцність базуються на методі кінцевих елементів.

Для дослідження напружено-деформованого стану замкових з'єднань бурових труб вибрано програму SolidWorks та використано алгоритм лінійного статичного розрахунку (рис. 6).

Виконання статичного лінійного аналізу вимагає, як видно з рис. 6, задання граничних умов – закріплення та навантаження.

Однак, виходячи з того, що статичний лінійний аналіз тривимірної моделі замкового з'єднання вимагає значних затрат часу, то необхідно спростити аналіз – використати осесиметричну 2D-модель. Також застосування осесиметричної 2D-моделі є доцільним при навантаженні моделі осьовим зусиллям. Для прикладання моменту згинування до 2D-моделі замкового з'єднання можна застосувати такі способи:



Рисунок 6 – Варіант реалізації кінцево-елементної моделі для виконання статичного розрахунку

– введення у конструкцію замкового з'єднання ділянки, тепловий коефіцієнт розширення матеріалу якої є значно більшим за матеріал, з якого виготовлено з'єднання [9];

– використання перекриття торців ніпеля та муфти (так званої "гарячої посадки").

Для зручності проведення лінійного станичного аналізу 2D-моделі замкового з'єднання вибрано спосіб 2, суть якого полягає в попередньому виконанні перекриття торців ніпеля та муфти (рис. 7) на необхідну попередньо визначену величину h . Ця величина перекриття також може бути визначена з відомого кута повороту ніпеля відносно муфти з'єднання для досягнення необхідного моменту їх згвинчування.

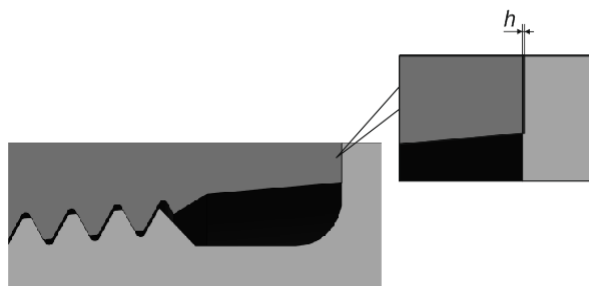
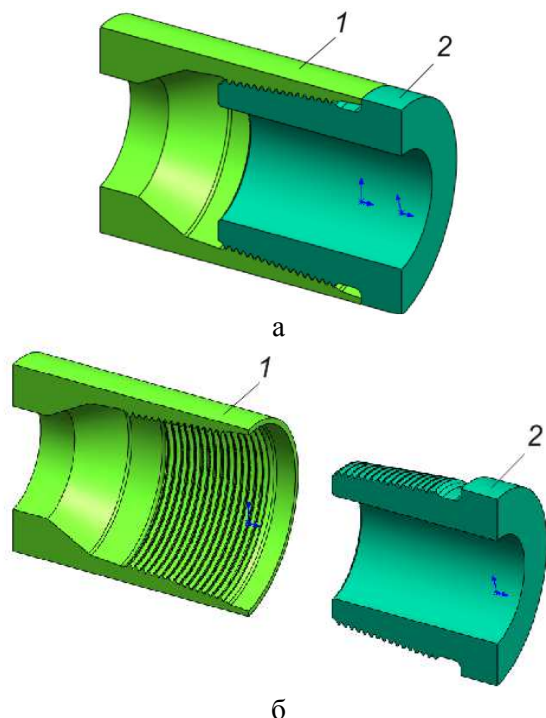


Рисунок 7 – Прикладання моменту згвинчування перекриттям упорних торців ніпеля та муфти

Для дослідження напружено-деформованого стану різьбового з'єднання ОБТ (З-147) побудовано тривимірні моделі його ніпельної та муфтової частин (рис. 8).



а – з'єднання у зборі, б – розібране з'єднання, 1 – муфта, 2 – ніпель

Рисунок 8 – Тривимірні моделі ніпельної та муфтової частин стандартного різьбового з'єднання ОБТ

Виходячи з того, що мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності для різьбових з'єднань становить 1,5, а границя міцності матеріалу, з якого вони виготовлені, – 758 МПа, то до з'єднання прикладається такий момент згвинчування, при якому напруження, що виникають у ньому, не повинні перевищувати 505 МПа. За таких умов перекриттям торців ніпеля та муфти становить 0,1 мм. Також під час дослідження враховано коефіцієнт тертя між всіма елементами замкового з'єднання, величина якого становить 0,2. Будь які додаткові кріплення досліджуваної моделі – відсутні.

На рис. 9 зображена осесиметрична 2D-моделі замкового з'єднання, а на рис. 10 модель, розбита на сітку кінцевих елементів.

Розподіл еквівалентних напружень за теорією Мізеса у замковому з'єднанні наведений на рис. 11.

Згідно з теорією Н. Е. Жуковського та І. А. Біргера розподіл навантажень і відповідно напружень у різьбовому з'єднанні відбувається нерівномірно [10]. Для більш наглядного відображення залежності величин напружень по витках різьби ніпеля побудовано графічні залежності, показані на рис. 12.

Як видно з отриманих залежностей, навантаження сприймаються тільки першими 8 витками. Найнебезпечнішою ділянкою цього з'єднання залишається перша впадина витка різьби ніпеля (по якій може найімовірніше зруйнуватися з'єднання).

На відміну від стандартних замкових з'єднань об'єднаних бурильних труб, використання додаткового опорного торця змінює картину розподілу напружень по витках, за рахунок чого підвищується момент згвинчування з'єднання та втомну міцність під час дії знакозмінних навантажень.

Для дослідження двоопорного замкового з'єднання використано стандартну конструкцію ніпеля та муфти. Відмінністю є тільки наявність додаткового опорного бурта. Геометричні параметри опорного бурта вибиралися довільно, виходячи із розглянутих закордонних аналогів.

Також з метою визначення розподілу напружень по витках різьби ніпеля при різних величинах перекриття додаткового опорного торця (врахування похибки виготовлення додаткового опорного торця) проведено дослідження при трьох різних величинах перекриття – 0,1; 0,2 та 0,3 мм.

Отримані результати зображені на рис. 13-15.

На рис. 16 наведено спільні графічні залежності розподілу напружень по впадинах витків різьби ніпеля для стандартного замкового з'єднання та з'єднання з додатковим опорним торцем при трьох різних величинах його перекриття.

Отже, проаналізувавши отримані залежності, робимо висновок, що найкращий розподіл напружень по витках різьби ніпеля спостерігається при натягу на базовому торці - 0,1 мм і натягу на додатковому торці - 0,3 мм. При цій картині розподілу напружень замкове

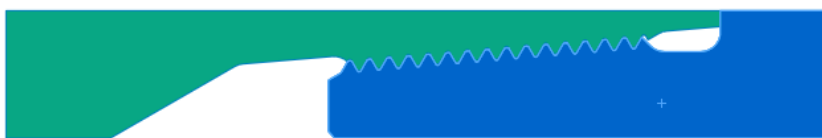


Рисунок 9 – Осесиметрична 2D-модель замкового з'єднання

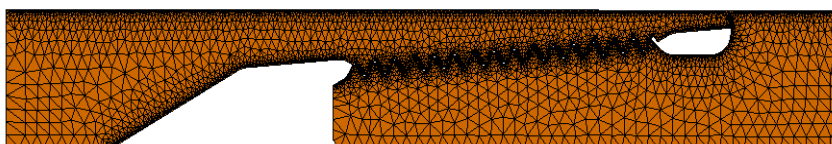


Рисунок 10 – Сітка кінцевих елементів на 2D-моделі замкового з'єднання

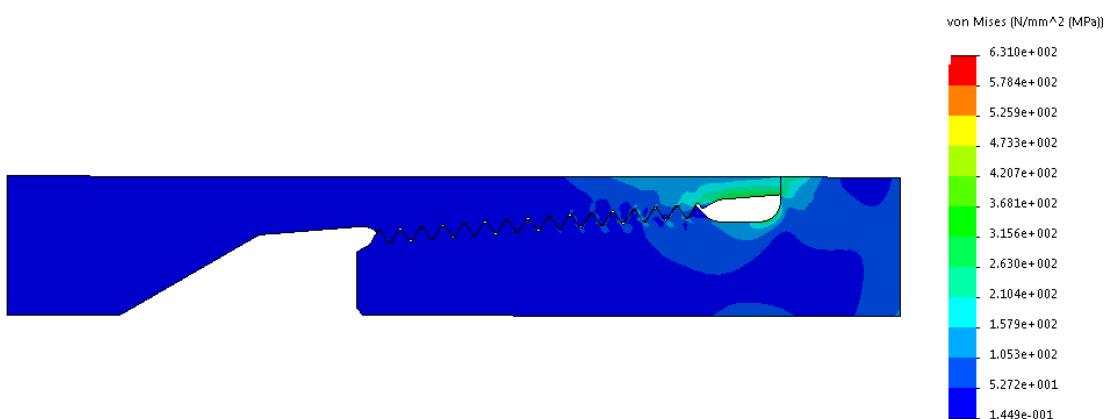


Рисунок 11 – Розподіл еквівалентних напружень за Мізесом

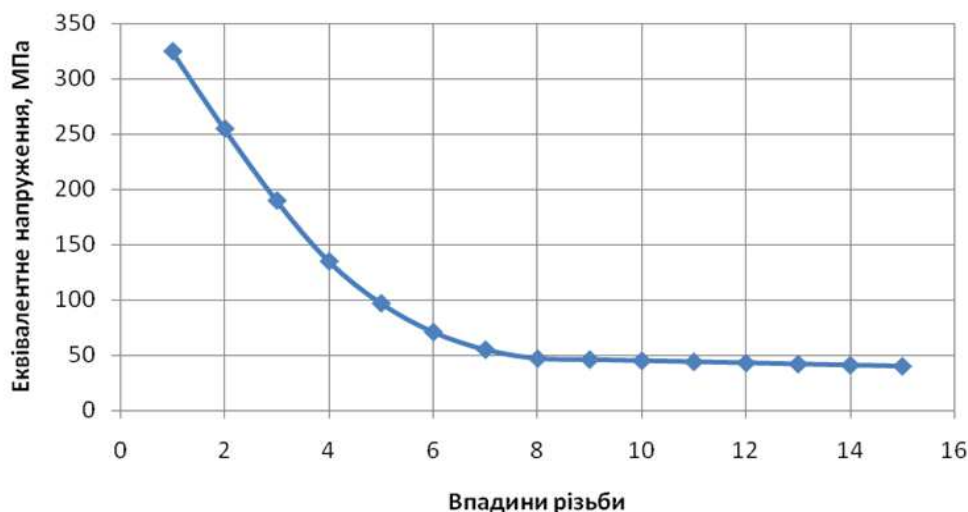


Рисунок 12 – Розподіл еквівалентних напружень по впадинах витків різьби ніпеля

з'єднання матиме змогу працювати значно довше під дією циклічного знакозмінного навантаження. Однак, виходячи з результатів імітаційного моделювання, впливає, що при натягу на додатковому торці 0,3 мм різко зростають напруження у зоні контактування додаткового торця ніпеля і муфти та у розвантажувальній канавці муфти. Величини напружень, що вини-

кають, є критичними, оскільки перевищують границю пластичності матеріалу, з якого виготовлено ніпельну та муфтову частину.

Зважаючи також на це, на рис. 17 наведено розподіл еквівалентних напружень у розвантажувальній канавці муфти із вказанням їх точних значень у окремих точках.

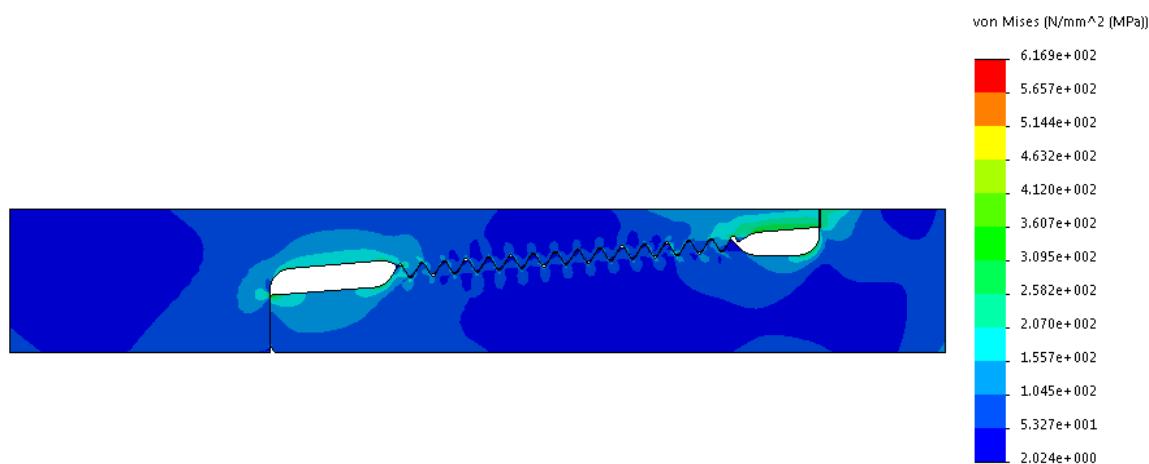


Рисунок 13 – Еквівалентні напруження при величині натягу на базовому торці - 0,1 мм на додатковому - 0,1 мм

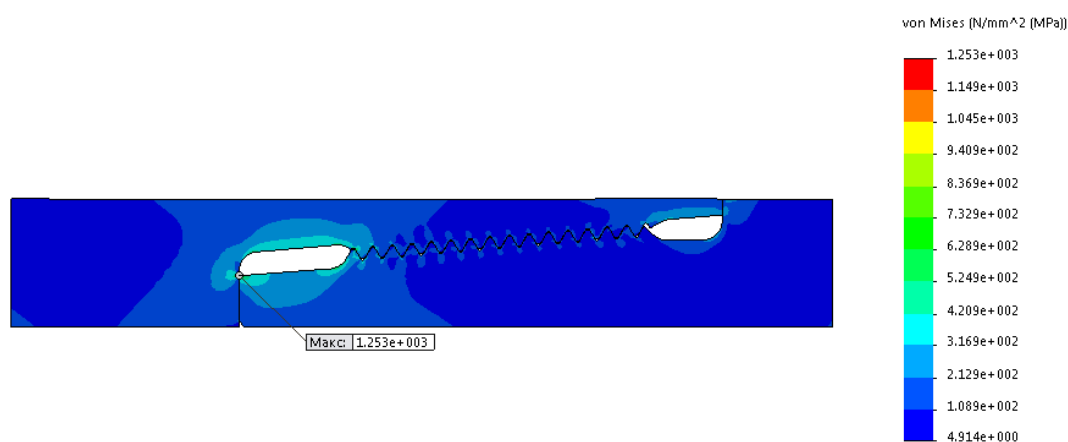


Рисунок 14 – Еквівалентні напруження при величині натягу на базовому торці - 0,1 мм на додатковому - 0,2 мм

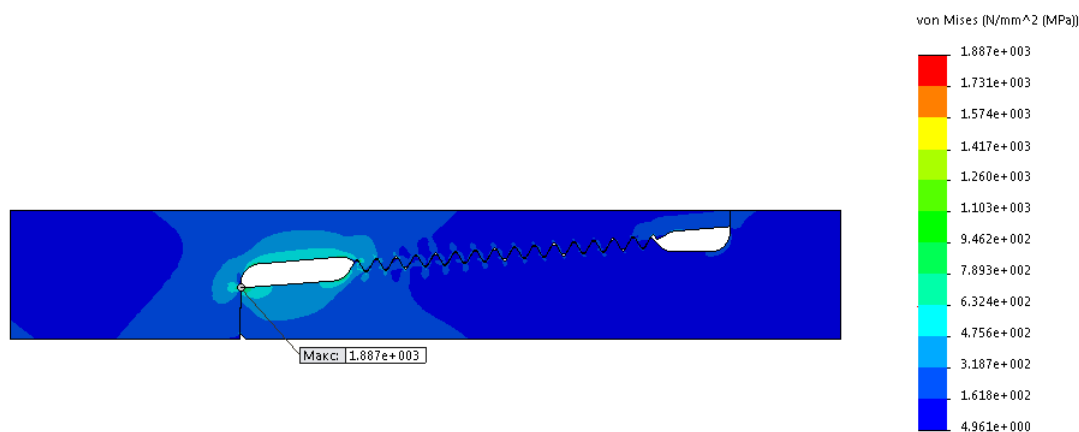


Рисунок 15 – Еквівалентні напруження при величині натягу на базовому торці - 0,1 мм на додатковому - 0,3 мм

На рис. 18 подано напружено-деформований стан з граничним значенням напружень 505 МПа, тобто у всіх зонах наведених червоним кольором напруження перевищують це допустиме значення.

Отже, критичні значення напружень спостерігаються саме у зоні додаткового опорного торця, причому як у муфті, так і у ніпелі. Однак у цьому випадку напруження у муфті є

більш небезпечними для з'єднання бурильних труб, особливо за умов циклічного навантаження моментом згинування, який присутній при роботі колони бурильних труб у свердловині. Тому наступним етапом дослідження двоопорних з'єднань обважнених бурильних труб буде визначення впливу їх конструктивних елементів на напружено-деформований стан.

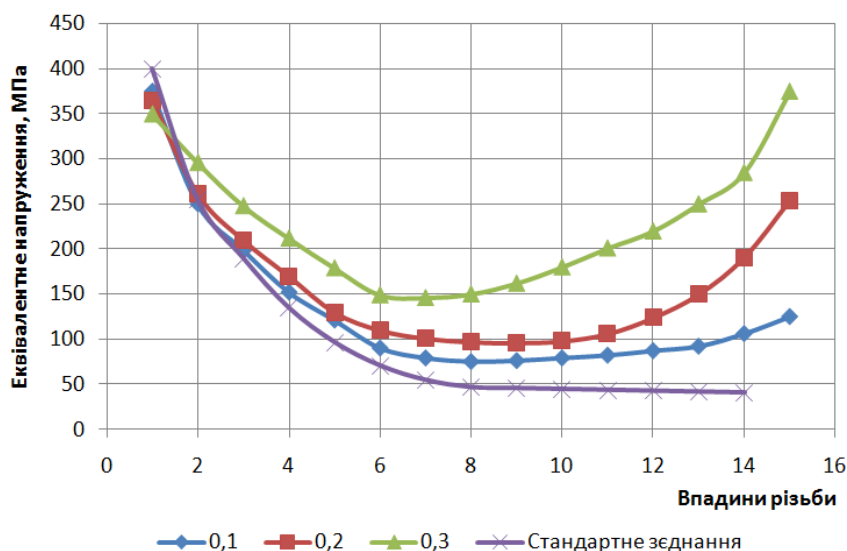


Рисунок 16 – Спільні графічні залежності розподілу напружень по впадинах витків різьби ніпеля для стандартного замкового з'єднання та з'єднання з додатковим опорним торцем при трьох різних величинах його перекриття

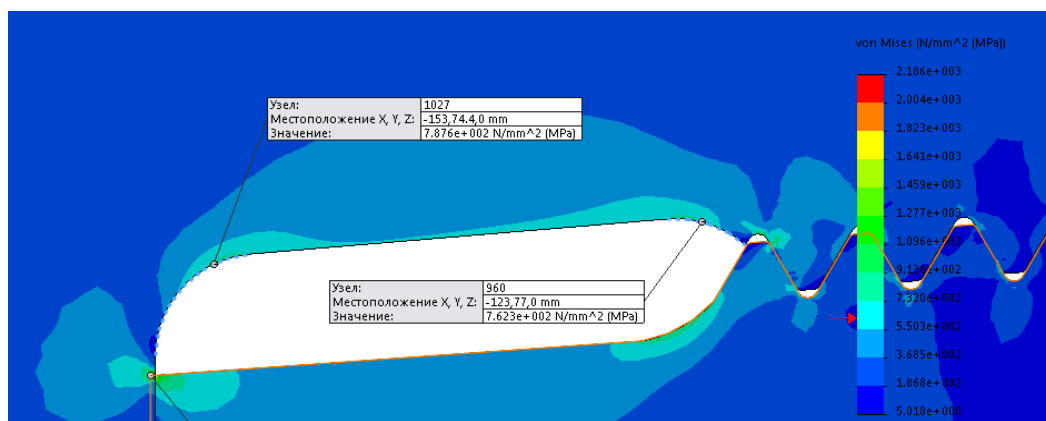


Рисунок 17 – Еквівалентні напруження у розвантажувальній канавці муфти при натягу на торці - 0.1 мм і на додатковому торці - 0.3 мм

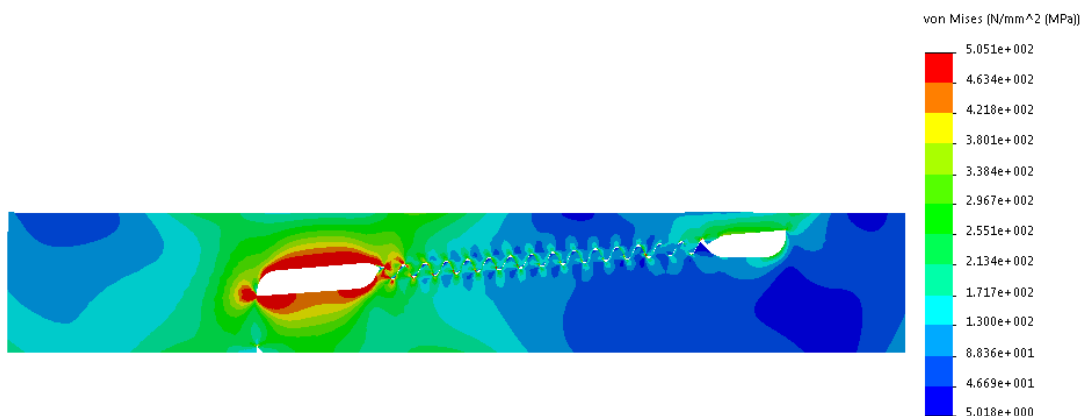


Рисунок 18 – Напружено-деформований стан з граничним значенням напружень 505 МПа

Висновки

Проведено аналіз відмов елементів буринь колон, який показав, що процент поломок по різьбах не зменшується, що пояснюється недосконалістю існуючих вітчизняних конструкцій.

Проаналізувавши розроблені закордонними компаніями двоопорні замкові з'єднання, які відрізняються тим, що містять додаткову опору ніпеля, бачимо, що вони впливають на розподіл навантажень по впадинах витків різьби як ніпеля, так і муфти. Це, в свою чергу, дозволяє проводити згинування таких з'єднань

із моментом, більшим до 70% порівняно зі величиною моменту, який прикладається до стандартного однотипного з'єднання.

Однак, викликає сумнів, що збільшений момент згвинчування двоопорних з'єднань не призведе до такого перерозподілу напружень, при якому виникне ризик швидкого руйнування конструкції як ніпеля, так і муфти у зоні додаткового опорного торця. Для перерозподілу напружень у двоопорному з'єднанні, очевидно, застосовуються конструктивні методи, які не вказуються в жодних інформаційних джерелах.

Тому з метою визначення розподілу напружено-деформованого стану стандартного та двоопорного замкового з'єднань розроблено їх тривимірні моделі та застосовано метод кінцевих елементів, згідно з результатами якого використання додаткового торця покращує розподіл напружень по впадинах витків з'єднання, але величина перекриття додаткових торців повинна бути строго регламентована.

Виходячи з результатів, визначено оптимальною величиною перекриття додаткових опорних торців є 0,2 мм. Величина перекриття витків 0,3 мм призведе до руйнування з'єднання по тілу муфти або додатковий торець ніпеля буде zdeформований і не виконуватиме призначеної функції. Згвинчування ж зі збільшеним моментом при перекритті витків на 0,1 мм призводитиме до руйнування ніпеля по першому його витку.

Величина перекриття витків 0,1 мм призводитиме до руйнування ніпеля по першому його витку.

Отже, для використання розглянутої конструкції двоопорного з'єднання об'єднаних труб слід жорстко контролювати величину його натягу перед його докріпленням.

Література

1 Артим В. І. Аналіз корозійно-втомних руйнувань елементів бурильної колони / В. І. Артим, І. І. Яциняк, В. В. Гриців, А. Р. Юрич, Р. В. Рачкевич // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – № 2(43). – С. 197 – 200.

2 Воронецкий М.К. Результаты применения неразрушающего контроля качества труб / М.К. Воронецкий, Д.А. Романуха, В.М. Дитчук // Бурение. – 1981. – № 7. – С. 12-13.

3 Отчет ВНИИТ нефть «Анализ эксплуатации и долговечности бурильных труб на предприятиях объединений «Укрнефть» и «Белоруснефть».

4 Баграмов Р.А. Буровые машины и механизмы / Р. А. Баграмов. – М.: Недра, 1988. – С. 493.

5 Бурильные трубы: без права на разрыв / С. И. Билан, А. П. Быков, А. В. Емельянов // Бурение и нефть. – 2010. – С. 38-39.

6 Каталог труб и услуг по трубной продукции компании DRILCO.

7 <http://www.tubular.nssmc.com/ru/product-services/octg/connection/list>

8 Каталог продукции компании NOV® GrantPrideco.

9 Копей В.Б. Підвищення ресурсу штангової колони при видобутку парафіністих нафт. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – Машини нафтової і газової промисловості. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 2004. – 175 с.

10 Биргер И.А. Резьбовые и фланцевые соединения / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
04.12.17*

*Рекомендована до друку
професором Івасівим В.М.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором Марущаком П.О.
(Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль)*