

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДВООПОРНИХ ЗАМКОВИХ З'ЄДНАНЬ БУРИЛЬНИХ ТРУБ НА ЇХ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН

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@nimg.edu.ua*

Під час спорудження свердловин часто спостерігаються відмови свердловинного обладнання, особливо колон бурильних труб. Найчастіше відмови колон бурильних труб відбуваються на викривлених ділянках свердловин. Ліквідація наслідків аварій, пов'язаних з відмовами елементів бурильних труб, вимагає значної витрати коштів та часу.

Для підвищення терміну експлуатації колон бурильних труб за кордоном розроблено нові конструкції замкових з'єднань – двоопорні. На жаль, з доступних джерел інформації неможливо з'ясувати, завдяки чому двоопорним замковим з'єднанням може сприйматися більший (до 70%) момент згинчування порівняно із аналогічним одноопорним, не призводячи до руйнування з'єднання. З метою дослідження напружено-деформованого стану двоопорного з'єднання у статті наведено послідовність його імітаційного моделювання та порівняння з одноопорним. Дійсно, у двоопорному з'єднанні спостерігається рівномірніший розподіл напружень по впадинах витків різьби ніпеля. Це є кращим варіантом з огляду на термін їх експлуатації у свердловинах при знакозмінних циклічних навантаженнях. Також встановлено оптимальне значення величини натягу додаткового опорного торця ніпеля, відхилення від якого може призвести до руйнування з'єднання. Однак, під час використання двоопорного з'єднання слід жорстко контролювати величину натягу додаткового опорного торця ніпеля.

Встановлено, що у конструкції двоопорного замкового з'єднання найнебезпечнішими зонами (порівняно із аналогічним одноопорним з'єднанням) є розвантажувальна канавка муфти та додатковий опорний торець ніпеля. З метою розвантаження цих зон запропоновано та досліджено три різні конструктивні рішення. Порівняння результатів імітаційного моделювання вказують на те, що найефективнішим конструктивним рішенням для розвантаження небезпечних зон є використання скосу додаткового опорного торця ніпеля.

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

При сооружении скважин часто наблюдаются отказы скважинного оборудования, особенно колонн бурильных труб. Чаще всего отказы колонн бурильных труб происходят на искривленных участках скважин. Ликвидация последствий аварий, связанных с отказами элементов бурильных труб, требует значительных затрат средств и времени.

Для повышения срока эксплуатации колонн бурильных труб за рубежом разработаны новые конструкции замковых соединений – двухупорные. К сожалению, из доступных источников информации невозможно определить, благодаря чему двухупорное замковое соединение может воспринимать больший (до 70%) момент свинчивания по сравнению с аналогичным одноупорным, не приводя к разрушению соединения. С целью исследования напряженно-деформированного состояния двухупорного соединения в статье приведены последовательность его имитационного моделирования и сравнение с одноупорным. Действительно, в двухупорном соединении наблюдается равномерное распределение напряжений по впадинах витков резьбы нипеля. Это является лучшим вариантом с точки зрения срока их эксплуатации в скважинах при знакопеременных циклических нагрузках. Также установлено оптимальное значение величины натяжения дополнительного упорного торца нипеля, отклонение от которого может привести к разрушению соединения. Однако, при использовании двухупорного соединения необходимо жестко контролировать величину натяжения дополнительного упорного торца нипеля.

Установлено, что в конструкции двухупорного замкового соединения опасными зонами (по сравнению с аналогичным одноупорным соединением) является разгрузочная канавка муфты и дополнительный упорный торец нипеля. С целью разгрузки этих зон предлагается к использованию и исследованию три различных конструктивных решения. Сравнение результатов имитационного моделирования указывают на то, что наиболее эффективным конструктивным решением для разгрузки опасных зон является использование скоса дополнительного упорного торца нипеля.

Ключевые слова: утяжеленные бурильные трубы, имитационное моделирование, двухупорное соединение, момент свинчивания, напряженно-деформированное состояние.

During the construction of wells, there are often failures in borehole equipment, especially in drilling strings. The failures in drilling strings most often occur on distorted sections of wells. The elimination of failures in drill pipe elements requires significant cost and time.

New designs of tool joints (double shoulder) have been developed abroad to increase the term of exploitation of drilling strings. However, unfortunately, it is not possible to find out from available sources of information, how a double shoulder tool joint can take up more than 70% of the make-up torque compared to a similar single shoulder connection, without causing the joint damage. Aimed at defining the strain stress state of double shoulder tool joints, the article presents a sequence of its simulation modeling and its comparison with single shoulder

connection. Indeed, there is a more even distribution of stresses in a double shoulder tool joint in the cavities of the pin threads. This is the best as for the term of their exploitation in the wells with alternating cyclic stresses. Besides, the optimal tension value of the additional thrust face of the pin is set, the deviation of which can lead to the joint destruction. However, using a double shoulder tool joint, it is necessary to control strictly the tension value of the additional thrust face of the pin.

It has been established that the most dangerous zones in the design of the double shoulder tool joint in comparison with the similar single shoulder connection is the stress-relief groove of the box and the additional thrust face of the pin. Therefore, in order to unload these zones, three different constructive solutions have been offered and studied. The comparison of the simulation results indicates that the most effective constructive solution for unloading dangerous zones is the use of the slope of the additional thrust face of the pin.

Key words: drill collar, simulation modeling, double shoulder tool joint, make-up torque, strain stress state.

Вступ

Паливні та енергетичні ресурси складають життєвоважливу основу існування економіки України. Саме тому відновлення роботи вітчизняної нафтогазовидобувної галузі, її стимулювання, реконструкція і модернізація є одним із стратегічних напрямків зміцнення енергетичної незалежності нашої держави. Підвищення ефективності нафтогазовидобувної галузі вимагає збільшення глибини буріння та значного підвищення надійності обладнання, що використовується при розробці нових родовищ. Із збільшенням об'єму буріння глибоких і надглибоких свердловин має першочергове значення забезпечення роботоздатності елементів бурильних колон.

Із збільшенням глибини буріння значна кількість свердловин містять нахилені, горизонтальні та криволінійні ділянки. Також на таких свердловинах збільшується час проведення спуско-підймальних операцій. Колона бурильних та обважнених труб за таких умов сприймає значні поперечні деформації, циклічні навантаження. Виникнення високих напружень у найбільш небезпечних місцях колони бурильних труб стають причиною втомних руйнувань її елементів, особливо різьбових з'єднань.

Тому актуальним стає більш детальна оцінка впливу існуючих навантажень на елементи бурильної колони при глибокому бурінні, дослідження напружено-деформованого стану та вдосконалення конструкцій різьбових з'єднань бурильних труб.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз відмов елементів бурильних колон [1, 2, 3] свідчить, що незважаючи на постійне вдосконалення конструкції їх різьбових з'єднань відсоток відмов по різьбах не зменшується. Сьогодні світовими виробниками розроблено нові конструкції замкових з'єднань – двоопорні, які містять додаткову опору ніпеля та муфти. Виробники стверджують, що за рахунок використання додаткової опори покращується розподіл навантажень у різьбовому з'єднанні. Також є можливість згвинчувати двоопорне з'єднання з моментом, більшим до 70%, порівняно із аналогічним одноопорним з'єднанням.

Однак, викликає сумнів те, що збільшений момент згвинчування 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 перероз-

поділу напружень у двоопорному з'єднанні очевидно застосовуються конструктивні методи, які не вказуються в жодних інформаційних джерелах.

Наприклад, з'єднання типу DP-Master Double Lever Connection (DS) (рис. 1) [4] є більш міцним та довговічним порівняно із стандартним одноопорним з'єднанням за API. Перевагами цього з'єднання є: більший крутний момент порівняно зі аналогічними одноопорними з'єднаннями за API; менший гідравлічний опір та турбулентність під час руху через нього бурового розчину; можливість приєднання до інших типів з'єднань (API, DSTJ та GPDS). На рис. 2 та 3 зображено розподіл напружень у поперечному перерізі одноопорного та відповідно двоопорного з'єднань [4].

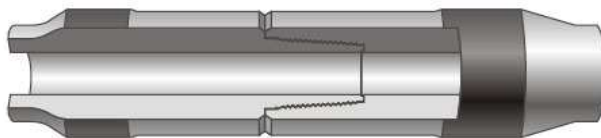


Рисунок 1 – З'єднання типу DP-Master Double Lever Connection

Порівнюючи зображення на рис. 2 та 3, можна зробити висновок, що додатковий опорний торець спричиняє значну зміну розподілу навантажень по витках різьби.

Згідно з [5] (рис. 4) додаткова опора покращує стійкість з'єднання до втомного руйнування від дії згинального моменту, що виникає внаслідок обертання бурильної труби у викривленій ділянці свердловини.

Конструкція цього з'єднання згідно [5] порівняно із аналогічними з'єднаннями API може передавати більший обертовий момент (до 1,5 ... 2 рази); має більший коефіцієнт запасу міцності; дає змогу заощадити 16% часу на проведення спуско-підймальних робіт і відповідно зменшує витрати на експлуатацію.

Мета роботи та обґрунтування необхідності її виконання

Мета роботи полягає у дослідженні впливу конструктивних елементів двоопорних замкових з'єднань обважнених бурильних труб на їх напружено-деформований стан шляхом застосування імітаційного моделювання.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати напружено-деформований стан стандартного та двоопорного різьбового з'єднання з врахуванням точності виготовлення додаткового упорного торця на розподіл напружень по впадинах витків різьби.

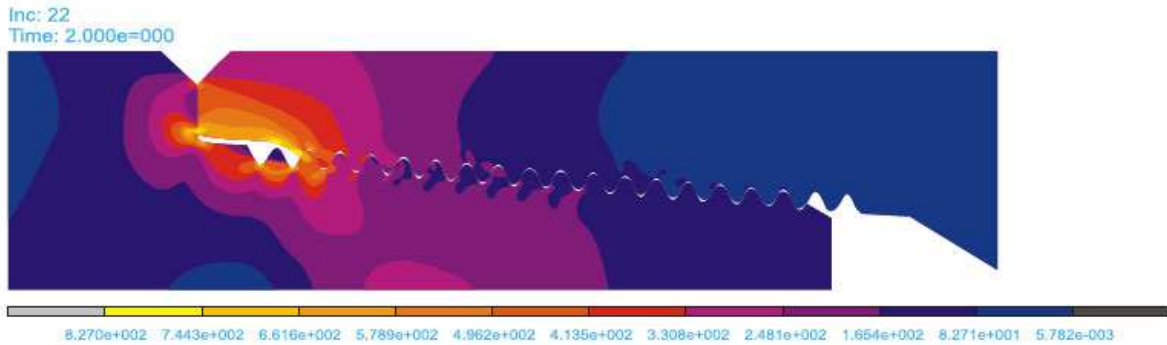


Рисунок 2 – Розподіл напружень у поперечному перерізі одноопорного з'єднання

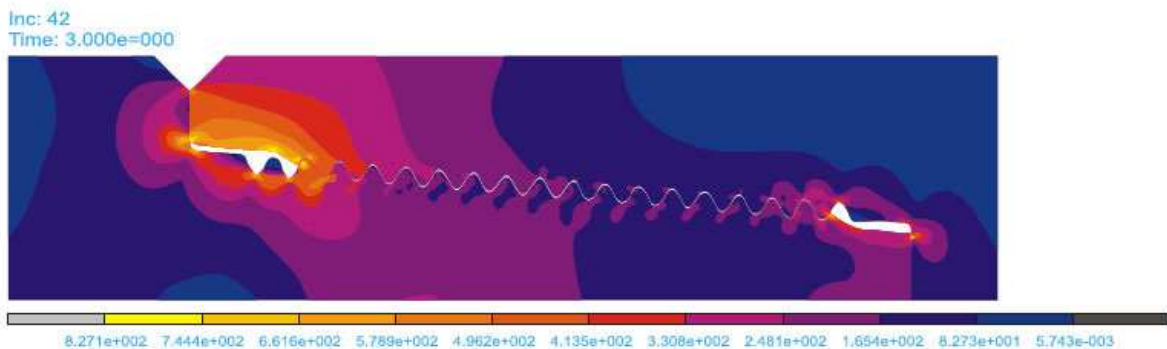
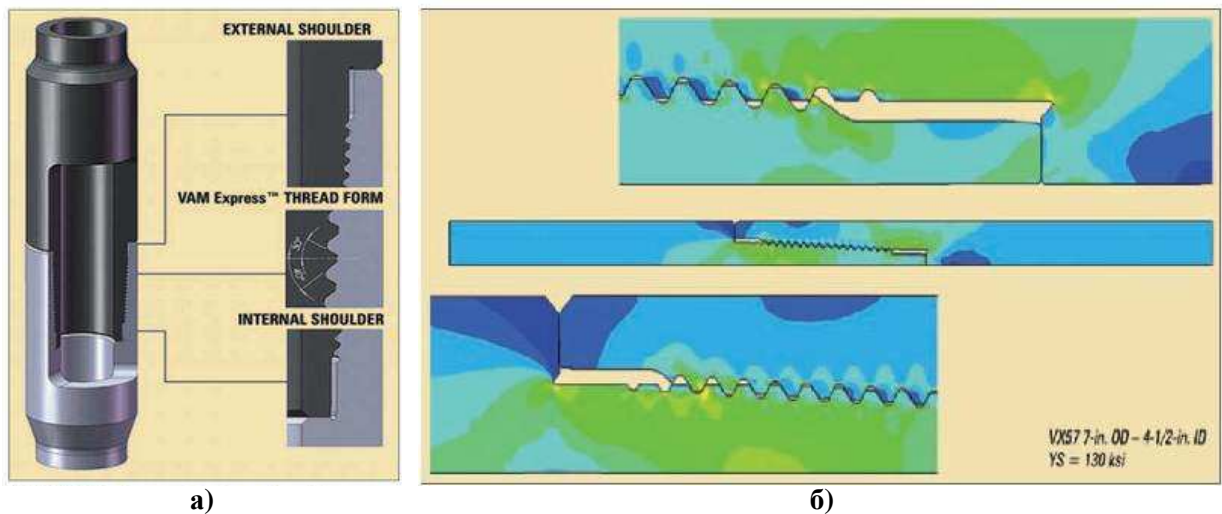


Рисунок 3 – Розподіл напружень у поперечному перерізі двоопорного з'єднання



а)

б)

а – конструкція; б – розподіл напружень у поперечному перерізі

Рисунок 4 – Двоопорне замкове з'єднання

2. Запропонувати конструктивні методи для розвантаження зон концентрації напружень у двоопорному різьбовому з'єднанні обважнених бурових труб.

Викладення основного матеріалу

Для дослідження напружено-деформованого стану замкових з'єднань обважнених бурових труб (ОБТ) вибрано програму SolidWorks та використано алгоритм лінійного статичного розрахунку. Однак, виходячи з того, що статичний лінійний аналіз тримірної моделі замково-

го з'єднання вимагає значних затрат часу, то з метою спрощення використано осесиметричну 2D-модель. Також застосування осесиметричної 2D-моделі є доцільним при її навантаженні осьовим зусиллям. Для імітації моменту згинчування 2D-моделі замкового з'єднання застосовано перекриття торців ніпеля та муфти (рис. 5). Ця величина перекриття h може бути визначена з відомого кута повороту ніпеля відносно муфти з'єднання для досягнення необхідного моменту їх згинчування.

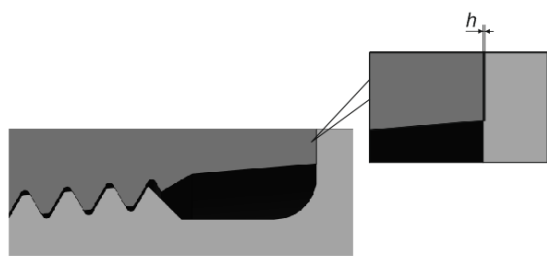


Рисунок 5 – Прикладання моменту згвинчування перекриттям упорних торців ніпеля та муфти

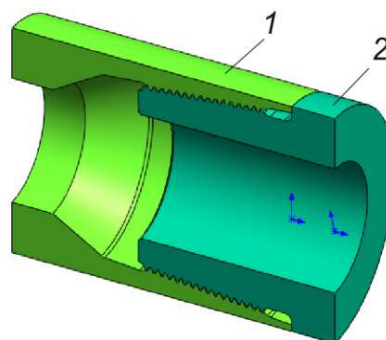
Для дослідження напружено-деформованого стану різьбового з'єднання ОБТ (типу 3-147) побудовано тримірні моделі його ніпельної та муфтової частини, які згідно з алгоритмом лінійного статичного розрахунку спрощено до осесиметричних (рис. 6).

Виходячи з того, що мінімальне значення коефіцієнту 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 перекриття 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.

Розподіл еквівалентних напружень за теорією Мізеса у замковому з'єднанні наведений на рис. 7.

Згідно з І.А. Біргером розподіл навантажень і відповідно напружень у різьбовому з'єднанні відбувається нерівномірно [6]. Для більш наглядного відображення залежності величин напружень по витках різьби ніпеля побудовано графічні залежності, показані на рис. 8.

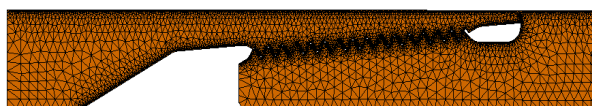
Як видно з отриманих залежностей, навантаження сприймаються тільки першими 8 витками. Найнебезпечнішою ділянкою цього з'єднання залишається перша впадина витка різьби ніпеля (по якій може найшвидше зруйнуватися з'єднання).



а)



б)



в)

а – 3D-модель, б – осесиметрична 2D-модель, в – сітка кінцевих елементів на 2D-моделі
1 – муфта, 2 – ніпель

Рисунок 6 – Моделі для імітаційного моделювання замкового з'єднання ОБТ

На відміну від стандартних замкових з'єднань обважених бурильних труб, використання додаткового опорного торця змінює картину розподілу напружень по витках різьби, за рахунок чого підвищується момент згвинчування з'єднання та втомна міцність під дією знакозмінних навантажень.

Для дослідження двоопорного замкового з'єднання використано стандартну конструкцію ніпеля та муфти (3-147). Відмінністю є тільки наявність додаткового опорного бурта (рис. 9). Геометричні параметри опорного бурта

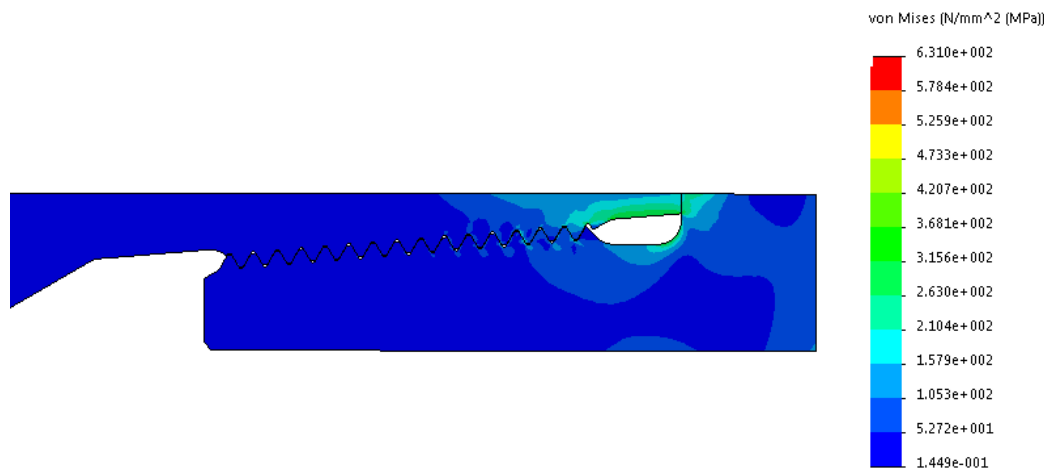


Рисунок 7 – Розподіл еквівалентних напружень за Мізесом

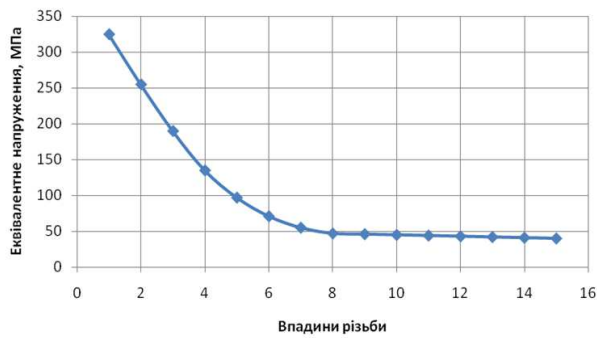
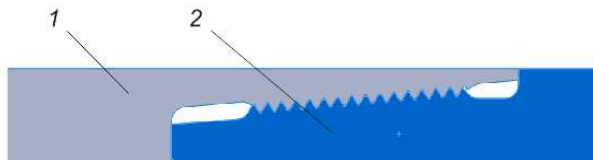


Рисунок 8 – Розподіл еквівалентних напружень по впадинах витків різьби ніпеля



1 – муфта; 2 – ніпель

Рисунок 9 – Двоопорна модель замкового з'єднання ОБТ

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) проведені дослідження при трьох різних величинах перекриття – 0,1; 0,2 та 0,3 мм.

На рис. 10 наведено графічні залежності розподілу напружень по впадинах витків різьби ніпеля для одноопорного замкового з'єднання (3-147) та з'єднання з додатковим опорним торцем при трьох різних величинах його перекриття.

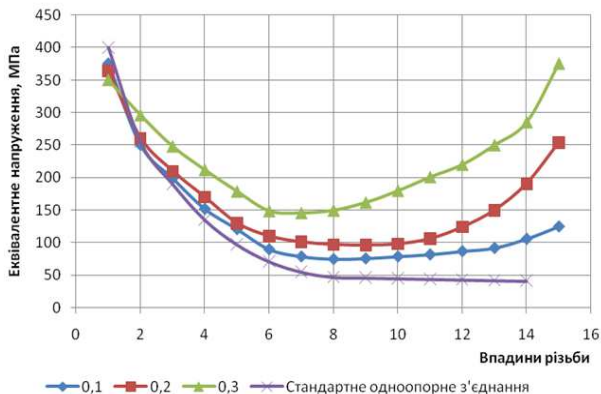


Рисунок 10 – Графічні залежності розподілу напружень по впадинах витків різьби ніпеля для стандартного одноопорного замкового з'єднання (3-147) та з'єднання з додатковим опорним торцем при трьох різних величинах його перекриття

Отже, проаналізувавши отримані залежності, маємо 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 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 виникають є критичними, оскільки перевищують границю плинності матеріалу, з якого виготовлено ніпельну та муфтову частини.

Зважаючи на це (рис. 11), наведено розподіл еквівалентних напружень у розвантажувальній канавці муфти із вказанням їх точних значень у окремих точках.

На рис. 12 подано напружено-деформований стан з граничним значенням напружень 505 МПа, тобто у всіх зонах наведених червоним кольором напруження перевищують це 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 знакозмінного навантаження згинальним моментом, який присутній при роботі колони бурильних труб на викривлених ділянках свердловини.

Тому наступним етапом дослідження двоопорних з'єднань обважнених бурильних труб є визначення впливу їх конструктивних елементів на напружено-деформований стан.

Для розвантаження як муфтової, так і ніпельної частини у зоні додаткового опорного торця пропонується:

- 1) виконати скіс торця ніпеля під кутом;
- 2) змінити форму розвантажувальної канавки муфти;
- 3) виконати розвантажувальну канавку на конічній частині додаткового опорного бурта.

Нижче розглянемо запропоновані варіанти.

Варіант 1. Скіс торця ніпеля

Виходячи з конструктивних міркувань, приймаємо величину скосу торця рівною 0,25⁰. Вхідні дані для моделювання залишаються незмінними (натяги 0,1 та 0,3 мм відповідно на основному та додатковому торцях, коефіцієнт тертя – 0,2).

Результати імітаційного моделювання подані на рис. 13.

Варіант 2. Зміна форми розвантажувальної канавки муфти

Вхідні дані аналогічні варіанту 1.

Варіант 3. Розвантажувальна канавка на конічній частині додаткового опорного бурта

Вхідні дані аналогічні варіанту 1.

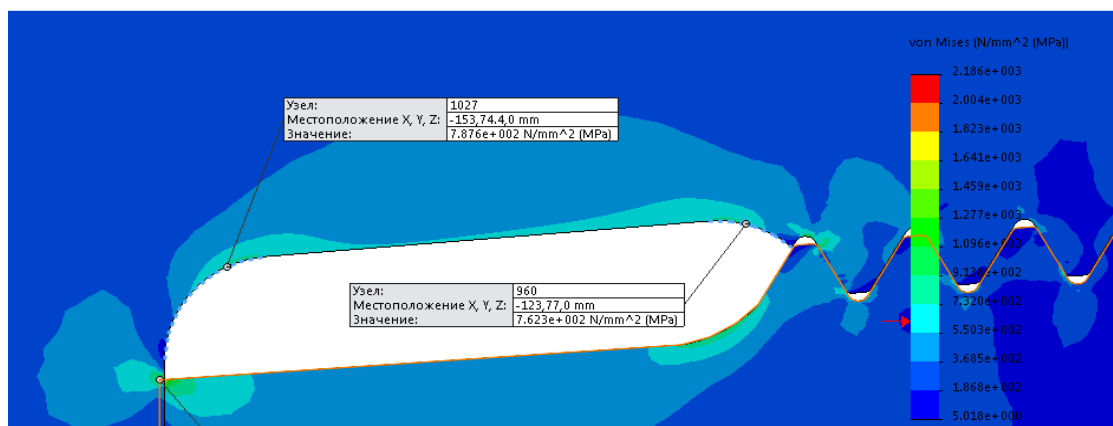


Рисунок 11 – Розподіл еквівалентних напружень у розвантажувальній канавці муфти при натягу на торці 0.1 мм і на додатковому торці 0.3 мм

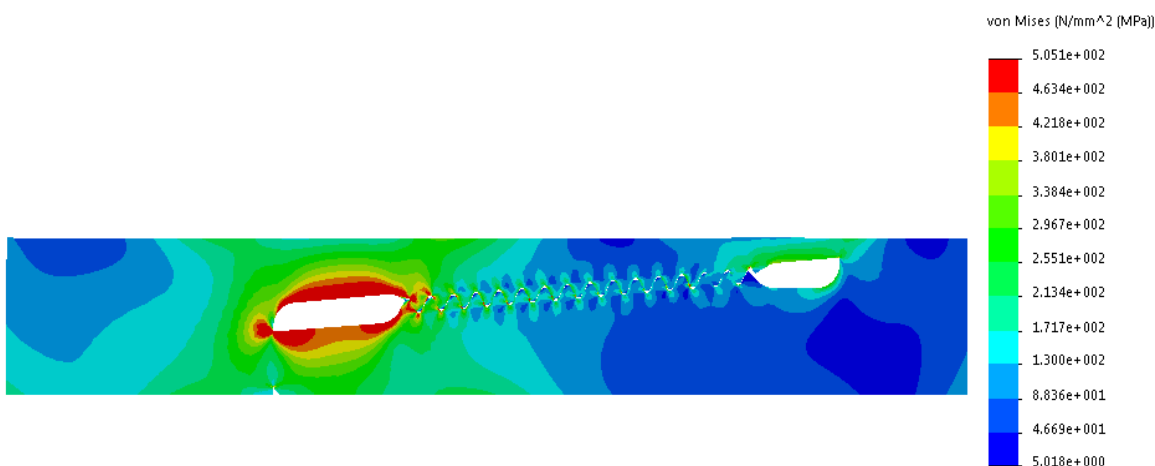


Рисунок 12 – Розподіл еквівалентних напружень у поперечному перерізі з'єднання з граничним значенням напружень 505 МПа

На рис. 16 подано графічні залежності для трьох запропонованих варіантів зміни конструктивних елементів двоопорного замкового з'єднання та стандартного одноопорного з'єднання 3-147.

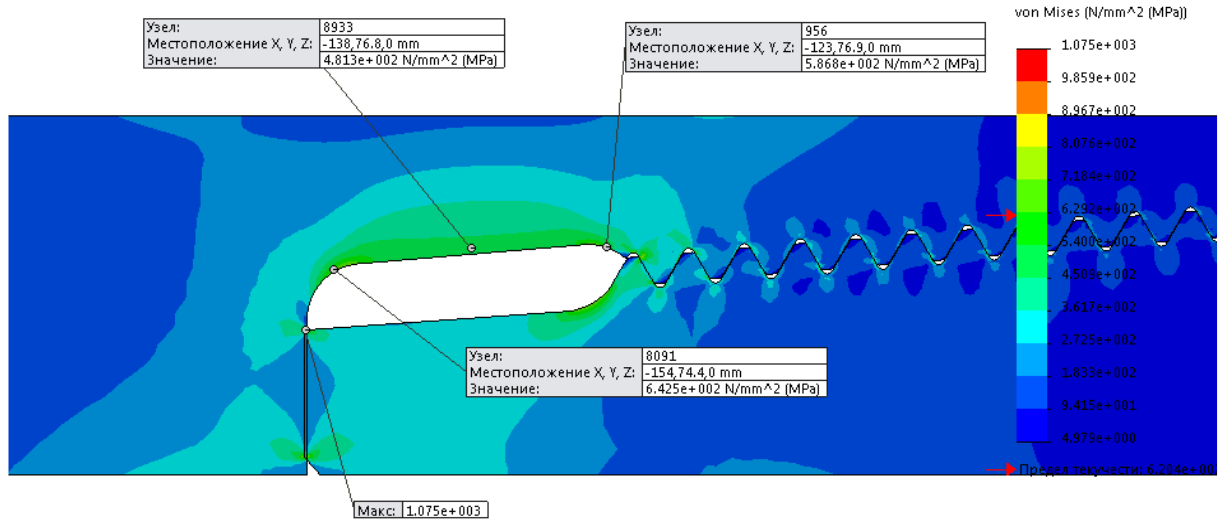
Отже, з графічних залежностей (рис. 16) можна зробити висновок, що найкращий варіант розподілу еквівалентних напружень по впадинах витків ніпеля спостерігається при виконанні скосу торця додаткового опорного бурта або при виконанні розвантажувальної канавки на його конічній частині. Однак, виходячи з табл.1, при порівнянні запропонованих конструктивних варіантів за виникаючими максимальними величинами напружень, що спостерігаються у небезпечних зонах розвантажувальної канавки муфти, перевагу має скіс торця додаткового опорного бурта.

З метою зменшення концентрації напружень у небезпечних зонах двоопорного замкового з'єднання обважнених бурильних труб доцільно провести оптимізацію запропонованих конструктивних елементів з'єднання (визначити оптимальні геометричні параметри: кут скосу додаткового опорного торця; форму і розміри розвантажувальної канавки на додатковому опорному торці ніпеля), на що буде звернено увагу в подальших дослідженнях.

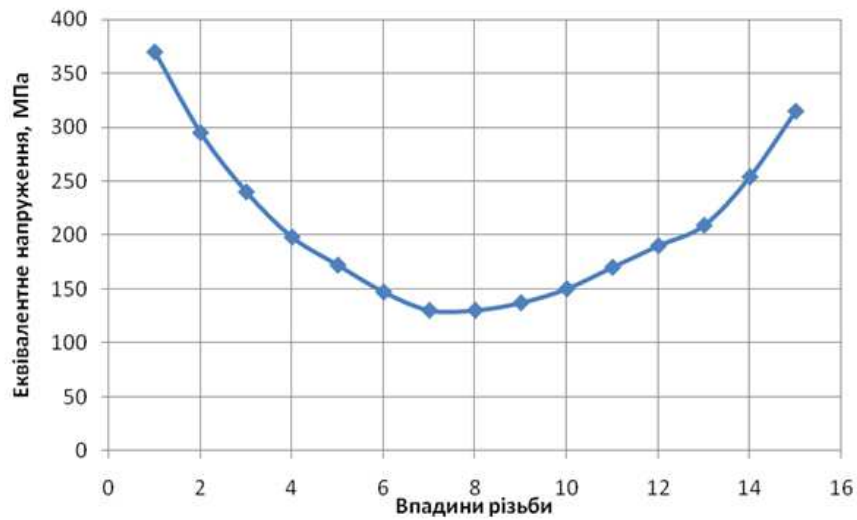
Висновки

Проведено аналіз відмов елементів бурильних колон, який свідчить, що відсоток відмов по різьбових з'єднаннях не зменшується, що пояснюється недосконалістю існуючих конструкцій. Конструкції ж закордонних аналогічних замкових з'єднань, на відміну від вітчизняних, містять додаткову опору ніпеля, яка впливає на розподіл навантажень по впадинах витків різьби як ніпеля, так і муфти. Це, в свою чергу, дає змогу проводити згинчування таких з'єднань із моментом більшим до 70%, а також такі з'єднання згідно з інформаційними джерелами мають змогу працювати більший термін, оскільки мають підвищений опір втомному руйнуванню.

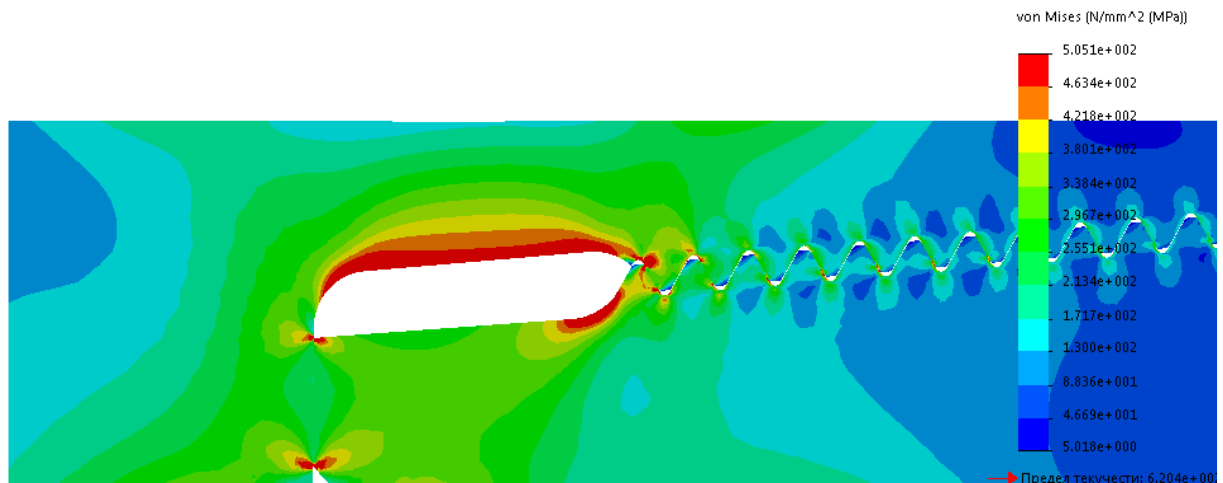
Викликає сумнів те, що збільшений момент згинчування двоопорних з'єднань не призводить до такого перерозподілу напружень, за якого відбудеться руйнування конструкції ніпеля або муфти у зоні додаткового опорного торця. Для перерозподілу напружень у двоопорному з'єднанні очевидно застосовуються конструктивні методи, які не вказуються в жодних інформаційних джерелах.



а)



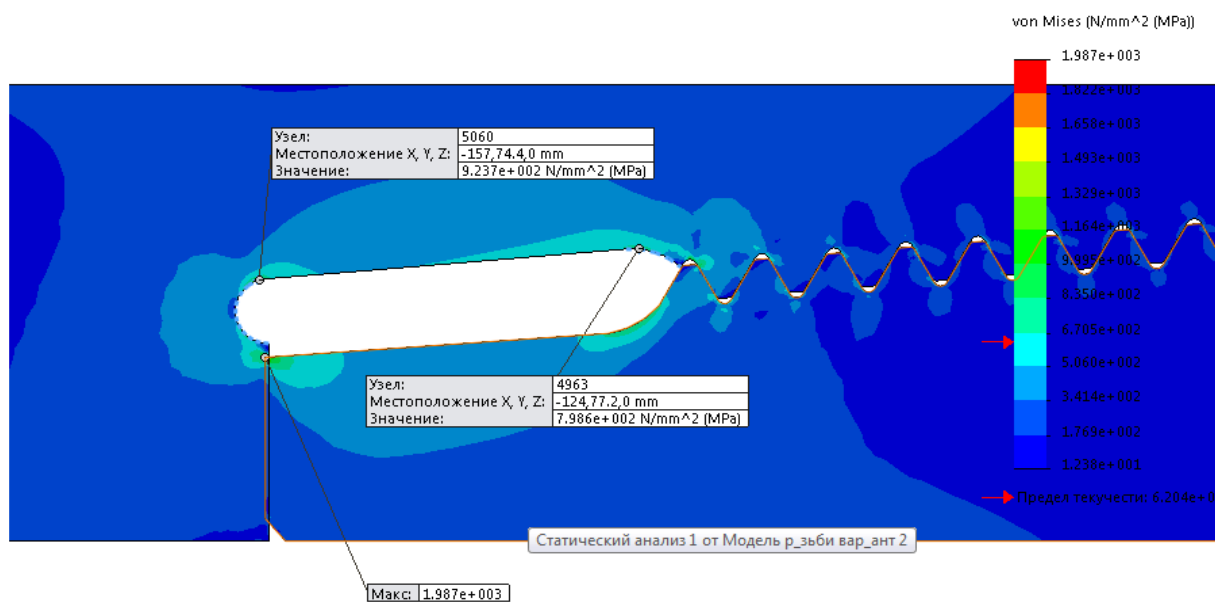
б)



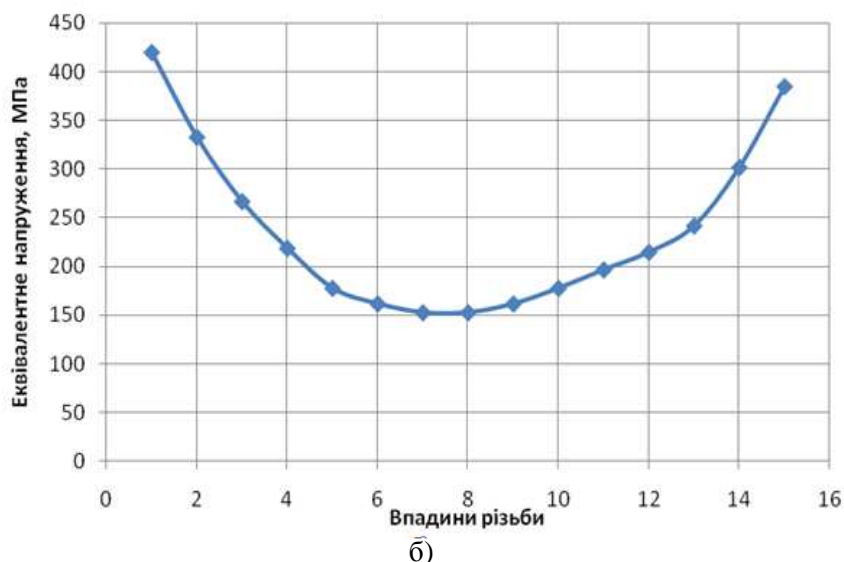
в)

а) – епюра; б) – по впадинах витків ніпеля; в) – з граничним значенням напружень 505 МПа

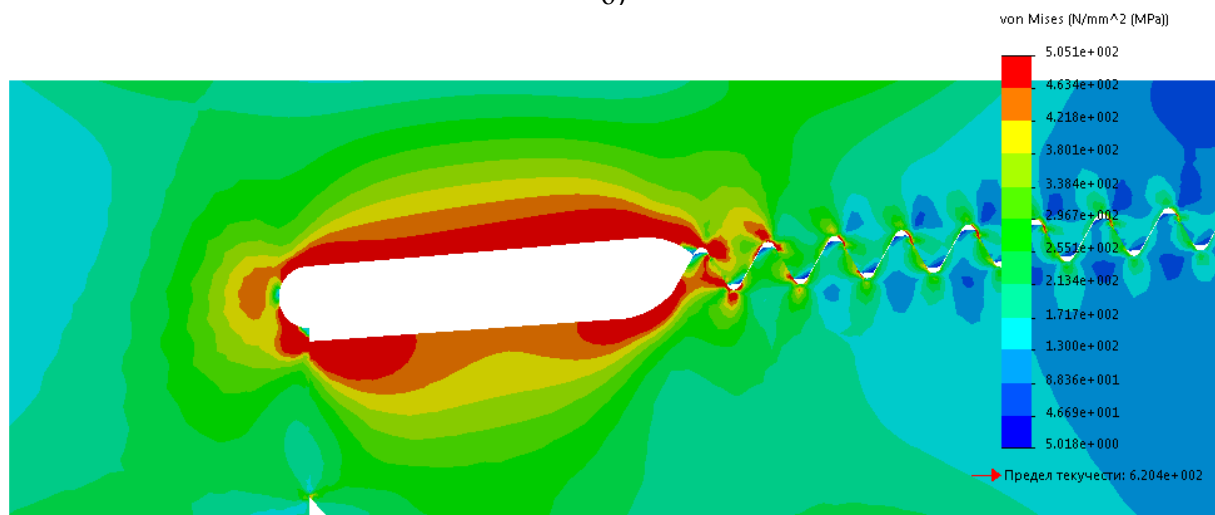
Рисунок 13 – Розподіл еквівалентних напружень при величині натягу на базовому торці 0,1 на додатковому 0,3 та скосом додаткового торця ніпеля 0,25°



а)



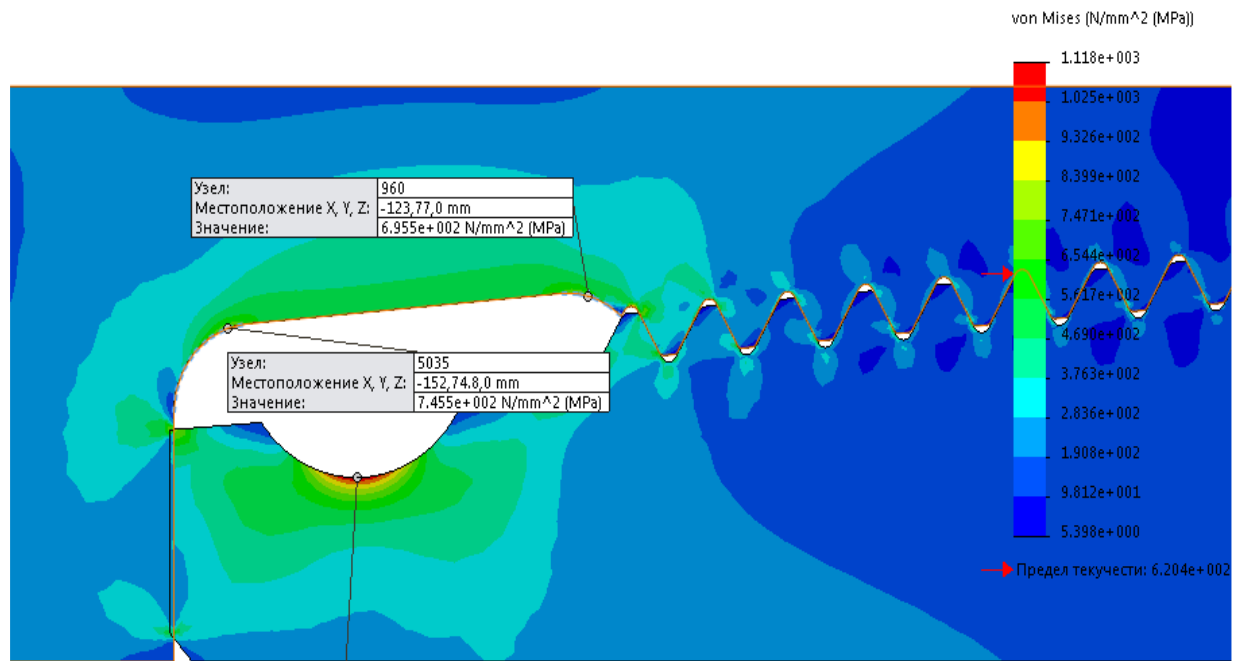
б)



в)

а) – етюра; б) – по впадинах витков нипеля; в) – з граничним значенням напружень 505 МПа

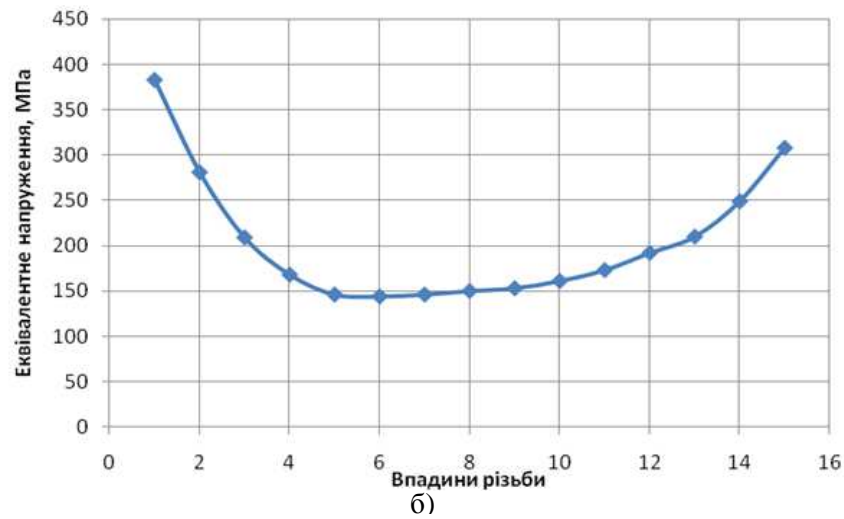
Рисунок 14 – Розподіл еквівалентних напружень при величині натягу на базовому торці 0,1 на додатковому 0,3 та зміненою формою розвантажувальної канавки, виконаної на муфті



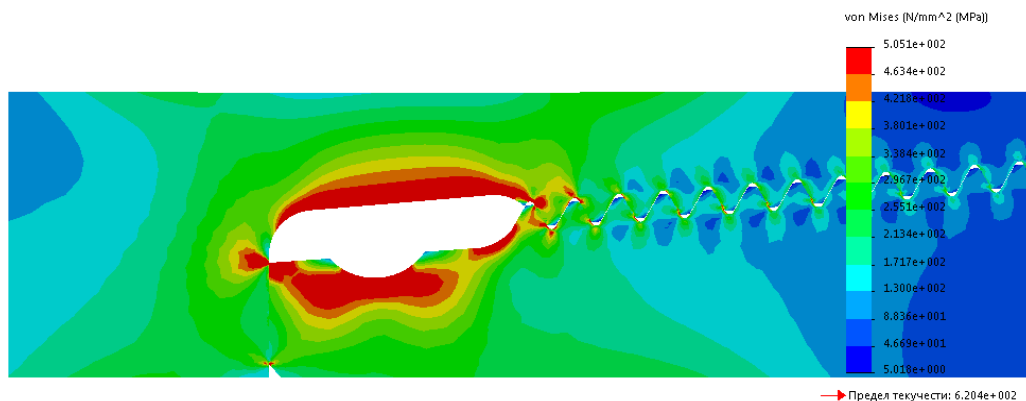
→ X

Макс: 1.118e+003

а)



б)



в)

а) – епюра; б) – по впадинах витків ніпеля; в) – з граничним значенням напружень 505 МПа
Рисунок 15 – Розподіл еквівалентних напружень при величині натягу на базовому торці 0,1 на додатковому 0,3 та розвантажувальною канавкою на конічній частині додаткового опорного бурта

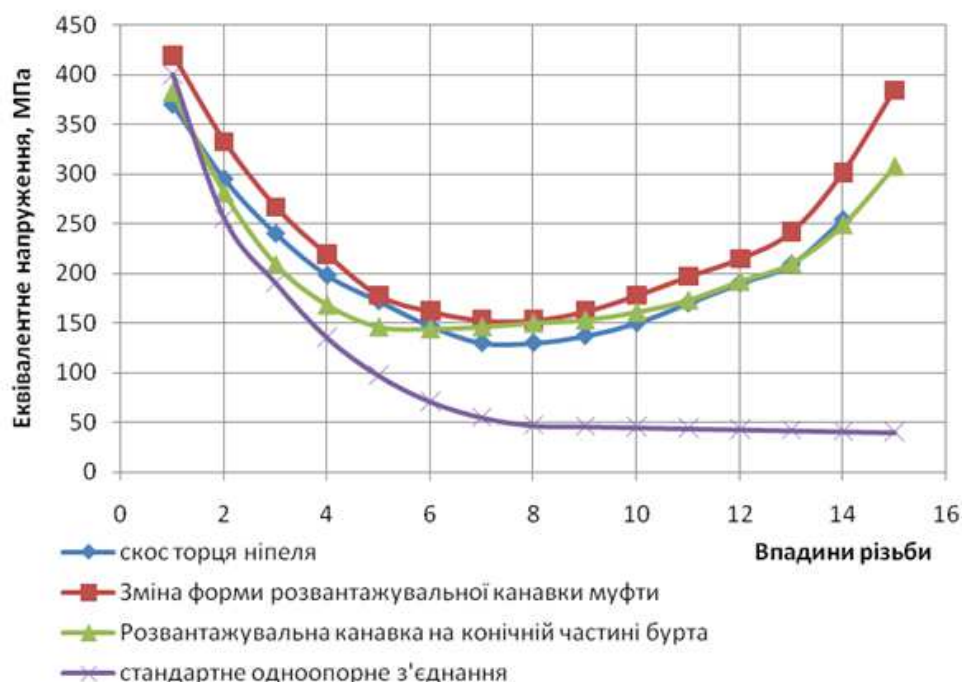


Рисунок 16 – Графічні залежності для трьох запропонованих варіантів зміни конструктивних елементів двоопорного замкового з'єднання та стандартного одноопорного з'єднання 3-147

Таблиця 1 – Величини максимальних напружень у небезпечних зонах розвантажувальної канавки муфти (МПа)

Небезпечна зона розвантажувальної канавки муфти	Скіс торця ніпеля	Зміна форми розвантажувальної канавки ніпеля	Розвантажувальна канавка на конічній частині бурта ніпеля
Радіус біля опорного торця	643	923	745
Радіус біля різьби	586	798	695

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

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.

З метою дослідження впливу конструктивних елементів двоопорних замкових з'єднань бурильних труб на їх напружено-деформований

стан побудовано їх 2D-моделі із запропонованими трьома варіантами розвантажень зон концентрації напружень. Порівняльний аналіз отриманих результатів вказує на більшу ефективність застосування скосу додаткового опорного торця ніпеля і виконання розвантажувальної канавки на торці ніпеля, однак, уточнивши величини напружень у небезпечних зонах муфти, найефективнішим вибрано виконання скосу додаткового опорного торця ніпеля.

Однак кут скосу додаткового опорного торця ніпеля був вибраний інтуїтивно, і тому в подальших дослідженнях планується виконати імітаційне моделювання для визначення оптимального його значення.

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 буровых труб на предприятиях объединений «Укрнефть» и «Белоруснефть».

4 <http://www.texasdrilltools.com/api-drill-pipe/dpds.html>

5 <https://drilleng-group6-casingstringdesign-1.wikispaces.com/04.1+New+drill+string+innovation>

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

7 Буровые трубы: без права на разрыв / С. И. Билан, А. П. Быков, А. В. Емельянов // Бурение и нефть. – 2010. – № 9. – С. 38-39.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
17.11.17*

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