**Артим Володимир Іванович. Розвиток наукових основ оцінки впливу навантаженості на довговічність рухомих елементів свердловинного обладнання : Дис... д-ра наук: 05.05.12 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Артим В.І. Розвиток наукових основ оцінки впливу навантаженості на довговічність рухомих елементів свердловинного обладнання.** – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – Машини нафтової і газової промисловості. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2008.  Дисертацію присвячено вирішенню проблем впливу навантажування на накопичення корозійно-втомного пошкодження рухомих елементів свердловинного обладнання (РЕСО) з метою розроблення ефективних методів оцінки їх довговічності та залишкового ресурсу.  Проведено експериментальні дослідження експлуатаційного навантажування РЕСО та локальних напружень згину в елементах бурильних колон і колон насосних штанг на викривлених ділянках. Розроблено метод підсумовування втомних пошкоджень при широкосмуговому навантажуванні та відповідний метод схематизації випадкового процесу навантажування. Розроблено метод урахування напружень з високим рівнем асиметрії циклу та чотирипараметричне рівняння кривої втоми для урахування корозійного чинника при оцінці довговічності РЕСО. Удосконалено розрахунково-експериментальний метод оцінки навантаженості геофізичного кабелю за допомогою індикаторів навантаження. Удосконалено розрахунково-експериментальний метод оцінки навантаженості та залишкового ресурсу деталей за результатами досліджень натурних зразків з різним ступенем накопиченого корозійно-втомного пошкодження. Результати досліджень експериментально апробовано на натурних зразках елементів свердловинного обладнання.  Комплексне врахування теоретичних і експериментальних досліджень, які ґрунтуються на закономірностях кінетики накопичення корозійно-втомного пошкодження рухомих елементів свердловинного обладнання, зокрема, бурильних колон, геофізичних кабелів, колон насосних штанг, дало змогу вдосконалити методи розрахунку їх довговічності та залишкового ресурсу. | |
| |  | | --- | | У результаті проведення теоретичних і експериментальних досліджень отримано нове вирішення науково-технічної проблеми оцінки впливу навантаженості на довговічність і залишковий ресурс рухомих елементів свердловинного обладнання, зокрема, бурильних колон, геофізичних кабелів, колон насосних штанг, яке ґрунтується на закономірностях кінетики накопичення корозійно-втомного пошкодження, що дало можливість вдосконалити методи розрахунку їх довговічності та залишкового ресурсу.   1. Проведено оцінку експлуатаційного навантажування бурильної колони під час спуско-піднімальних операцій, колони насосних штанг та геофізичного кабелю. Встановлено, що характерними рисами експлуатаційного навантажування рухомого свердловинного обладнання є складний асиметричний широкосмуговий процес з великою кількістю випадкових високочастотних низькоамплітудних складових. Так, 90% розподілу напружень у верхній частині колони насосних штанг займають напруження з коефіцієнтом асиметрії більше 0,6 і амплітудами менше 20 МПа.   Проведено експериментальні дослідження натягу геофізичного кабелю під час спуско-піднімальних операцій. Аналіз одержаних результатів в умовах вертикальних свердловин дав змогу розрахувати сили гідравлічного опору для різних швидкостей виконання спуско-піднімальних операцій і різних каротажних приладів. Зауважено позитивний вплив збільшення швидкості на зменшення сили опору руху каротажних пристроїв, наприклад, для інклінометра сила гідравлічного опору при збільшенні швидкості від 0,056 до 0,84 м/с зменшується від 920 до 780 Н, і екстремальний характер сили питомого гідравлічного опору геофізичного кабелю при швидкості *u*=0,15 м/с, де вона складає 1,2 Н/м.  Розроблено удосконалені засоби:  а) вимірювання навантажень у верхній частині штангової колони (Патент України № 21964), який дає змогу виділяти високочастотні цикли навантажень КНШ і проводити безпосередній запис результатів вимірювань для їх обробки на ПЕОМ;  б) вимірювання зусиль в колоні бурильних труб (Патент України № 20126), який дає можливість вимірювати зусилля та визначати напруження в елементах бурильної колони на викривлених ділянках;  в) оцінювання навантажування геофізичного кабелю за допомогою індикаторів, який дає змогу попередити можливість обриву і проводити інтегральну оцінку навантаженості кабелю.   1. Розраховано локальні напруження згину в елементах бурильних колон і колон насосних штанг на викривлених ділянках із урахуванням сили розтягу і параметрів викривлення осі свердловини. Розрахункові схеми ґрунтуються на аналізі можливого положення колон в обмеженому просторі свердловини. Результати досліджень свідчать про значний вплив на локальні напруження згину сили розтягу. Так, якщо напруження розтягу внизу колони насосних штанг змінюються від 0 до 1,8 МПа при силі розтягу 500 Н, то напруження згину на ділянці з кутом викривлення 20 і радіусом 50 м – від 50,7 до 207,3 МПа. Таким чином, амплітуда згинаючих напружень досягає 78,3 МПа, що може служити основною причиною втомного руйнування колони насосних штанг у нижній частині на викривлених ділянках.   Показано, що нехтування силами розтягу та неспівпадінням осі свердловини і бурильної колони може призвести до похибок при розрахунках напружено-деформованого стану та довговічності бурильних труб. Так, визначено напруження у поперечному перерізі бурильних труб ТБПК 127 (товщина стінки 8 мм) у криволінійному стовбурі свердловини діаметром 295,3 мм. При відстані від нейтрального перерізу до початку криволінійної ділянки =250 м колона буде доторкатися до нижньої частини стінки свердловини по всій довжині. У цьому випадку напруження згину – 9,5 МПа. При збільшенні до 260 м, сила розтягу зростає і є достатньою для відриву колони від стінки свердловини. Напруження зростає до 11,9 МПа. При подальшому збільшенні (понад 260 м), сила розтягу спричиняє контакт бурильної колони із верхньою частиною стовбура свердловини, а величина напружень збільшується від 15,2 до 40,2 МПа при збільшенні до 300 м.   1. Розроблено метод підсумовування втомних пошкоджень деталей при широкосмуговому навантажуванні, з урахуванням багаточастотності та розподілу амплітуд на окремих частотах, який базується на врахуванні експериментально визначених коефіцієнтів впливу даних чинників на накопичення втомних пошкоджень у матеріалі деталі.   Розроблено метод схематизації випадкового процесу навантажування з урахуванням багаточастотності процесу та розподілу амплітуд у часі, який базується на визначенні екстремумів при поетапному згладжуванні процесу шляхом заміни висхідних розмахів на їх середні значення. Проведено апробацію методу на двочастотних і випадковому процесах навантажування.  Розроблено метод урахування напружень з високим рівнем асиметрії циклу, в тому числі з амплітудами напружень, нижчими за границю витривалості, при оцінці довговічності з урахуванням кінетики втомного пошкодження.   1. Розроблено чотирипараметричне рівняння кривої втоми з урахуванням корозійного чинника при низьких напруженнях. Для оцінки параметрів нижньої гілки кривої корозійної втоми запропоновано використання результатів експериментальних досліджень у багатоцикловій області.   Удосконалено розрахунково-експериментальний метод оцінки навантаженості деталей з допомогою індикаторів навантаження, який дає змогу провести інтегральну оцінку навантажування з виділенням декількох рівнів напружень та визначенням на кожному рівні їх еквівалентної кількості циклів. Кількість рівнів відповідає кількості індикаторів з різним попереднім пошкодженням, а їх межі – кінетичним границям витривалості індикаторів.  Удосконалено розрахунково-експериментальний метод оцінки навантаженості та залишкового ресурсу деталей за результатами досліджень натурних зразків з різним ступенем накопиченого корозійно-втомного пошкодження. Метод базується на закономірностях кінетики зниження границі витривалості та запропонованій системі рівнянь для визначення еквівалентних за пошкоджуючою дією амплітуд напружень та кількості циклів навантажування.   1. Експериментально досліджено накопичення втомних пошкоджень при циклічному ступеневому деформуванні матеріалу бурильних труб (сталь групи міцності “Д”) за жорсткою схемою навантажування консольним згином з амплітудами деформації *а*=0,3…1 мм. У результаті встановлено, що при блокових чи випадкових навантажуваннях зі ступенями, які спричиняють напруження, близькі до границі витривалості матеріалу, визначальною стає взаємодія низьких напружень блока чи спектру навантажування з високими, найбільш руйнівними. Доведено необхідність врахування послідовності навантажування для розрахунків на втомну довговічність деталей, які працюють в умовах випадкових навантажувань з високою долею низьких напружень спектру, що має місце при експлуатації бурильної колони.   Проведено випробовування натурного зразка бурильної труби ТБВК 140 мм із замковим з’єднанням 3-147 при блоковому навантажуванні. Розрахункова довговічність досить близько відповідає експериментальній (відносна похибка 13%), що вказує на достатню точність для практичного визначення довговічності бурильних труб і замкових з’єднань.  Експериментально визначено параметри кінетичних кривих корозійної втоми насосних штанг. На основі розробленого методу проведено оцінку залишкового ресурсу насосних штанг після 8 років експлуатації, який при медіанній імовірності неруйнування складає 8,5 років.   1. Проведені в роботі теоретичні та експериментальні дослідження використано при розробленні керівних документів: „Інструкція по розрахунку і вибору колони насосних штанг”, впроваджених в ГПУ „Полтавагазвидобування”, Надвірнянському та Чернігівському НГВУ ВАТ “Укрнафта”; „Інструкція по забезпеченню надійності бурильної колони на викривлених ділянках свердловини при комбінованому способі буріння”, впроваджена у ДАТ “Чорноморнафтогаз”.   Розроблений засіб вимірювання навантажень у верхній частині штангової колони впроваджено в НГВУ “Надвірнанафтогаз” ВАТ “Укрнафта”, а також у навчальному процесі на кафедрі нафтогазового обладнання ІФНТУНГ з дисципліни “Машини і обладнання для видобутку нафти і газу”.  Розроблений засіб інтегральної оцінки навантаження геофізичного кабелю застосовується в Івано-Франківській експедиції з геофізичних досліджень в свердловинах. | |