

## МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ

Юрич Л.Р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розроблено комплексний метод забезпечення експлуатаційної надійності та оцінки залишкового ресурсу елементів бурильної колони. Метод реалізується шляхом проектування раціональних режимів експлуатації та моніторингу процесу буріння. В його основу покладено ідею постійного моніторингу режимно-технологічних параметрів буріння, силових і кінематичних характеристик бурильної колони, стану озброєння породоруйнівного інструменту. Оцінка їх взаємозв'язку та взаємовпливу є основою для прийняття рішення про доцільність продовження або припинення добування. Метод дозволяє визначити залишковий ресурс елементів бурильної колони та доцільність подальшої їх експлуатації.

**Ключові слова:** режими буріння, бурильна колона, породоруйнівний інструмент, експлуатаційна надійність, залишковий ресурс.

**Постановка проблеми.** На сьогодні розвиток нафтогазовидобувної промисловості характеризується зростанням обсягів буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин [1-3]. Не є виключенням у даному аспекті і Україна. При чому споруджуються як нові свердловини, так і проводять зарізання додаткових бокових стволів у свердловинах старого фонду, які вважалися нерентабельними. Проведення таких робіт підвищує вимоги до надійності обладнання в цілому і бурильної колони (БК) зокрема.

Проблема забезпечення надійної експлуатації бурильної колони залишається актуальною, оскільки показники надійності суттєво залежать не лише від конструкції і технології виготовлення елементів колони, але й від діючих навантажень. Рівень навантажень, що діють на елементи бурильної колони у свердловині, визначається станом стовбура свердловини та інтенсивністю його викривлення, властивостями гірських порід, режимами буріння, озброєнням долота тощо. Особливої актуальності проблема набуває в складних геологічних та технічних умовах буріння [4; 5].

**Аналіз досліджень і публікацій** пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності елементів бурильної колони [6] вказує на відсутність єдиного підходу до вирішення цієї задачі. Поодинокими є дослідження орієнтовані на практичне застосування теоретичних основ, які б узгоджувались з результатами їх промислового впровадження.

Прогнозування довговічності та забезпечення експлуатаційної надійності елементів БК можливе тільки при постійному моніторингу їх навантажених з врахуванням впливу режимних параметрів буріння і стану озброєння долота.

В Україні та за кордоном основні обсяги буріння нафтових і газових свердловин припадають на шарошкові долота [7]. За даними [8] співвідношення між обсягами буріння шарошковими долотами та долотами PDC складає 75% і 25% відповідно. В той же час світові тенденції вказують на те, що буріння долотами PDC характеризується кращими техніко-економічними показниками. Конструкція таких доліт забезпечує тривалий ресурс експлуатації і високі швидкості буріння. Завдяки цьому зменшується кількість спуско-підіймальних операцій. Визначальним чинником

при виборі типу долота є властивості розбурюваних ним порід. Долота PDC руйнують гірську породу шляхом різання, що є набагато ефективнішим, ніж дроблення. Основна причина виходу з ладу таких доліт є їх пошкодження через ударні навантаження [9, 10]. Зважаючи на доцільність використання для спорудження свердловин доліт PDC у поєднанні з вибійними двигунами необхідним є дослідження динамічних навантажень спричинених взаємодією долота з вибоєм і зокрема питання впливу стану озброєння долота на динаміку його роботи. Це дасть змогу запроєктувати раціональні режими буріння, розробити заходи щодо оптимізації конструкції компоновок низу бурильної колони (КНБК) та забезпечення надійності її елементів. При цьому першочерговим завданням є розроблення методу, який би дозволяв оперативно оцінювати фактичні навантаження, ризики відмов та коригувати режими буріння з метою підвищення ефективності проведення робіт.

**Метою статті є** – розроблення методу забезпечення експлуатаційної надійності та оцінки залишкового ресурсу елементів бурильної колони.

**Виклад основного матеріалу.** Для оцінки ефективності руйнування гірської породи необхідно звернути увагу на те що: відсутні точні методи оцінки процесу, недостатньо обґрунтовано фізичний механізм динамічного вдавлювання різця долота в гірську породу, відсутні критерії міцності для всіх типів гірських порід, відсутні критерії ефективності динамічного процесу різання-сколювання гірських порід.

Для дослідження руйнування гірської породи в системі «різець-гірська порода» необхідно враховувати чинники від «статичного вдавлювання» до «динамічного зрізання» [7-10]. Траєкторія руху різця долота носить експоненціальний характер, який залежить від сили різання, властивостей гірської породи і власних властивостей породоруйнівного інструменту. За розміром частинок вибуреної гірської породи можна оцінити як вдавлювання окремих елементів так і долота. На показники роботи доліт впливають різні фактори, основні з яких [7-10]: осьове навантаження на долото, швидкість обертання долота, витрата промивальної рідини і фізико-механічні властивості гірських порід. В численних дослідженнях як вітчизняних, так і закордонних науковців [7;

11], основна увага приділялась впливу технологічних чинників (режимів буріння) на механічну швидкість проходки. В той же час в недостатній мірі досліджено питання впливу стану озброєння долота на динаміку його роботи, що обумовлює динамічне навантаження на елементи КНБК та бурильну колону в цілому.

Класифікації та оцінці основних видів навантажень, що діють на бурильну колону присвячені праці багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених [12]. Згідно з їх висновками можна виділити наступні основні навантаження: осьові зусилля навантаження від власної ваги колони; осьові навантаження стиску в нижній частині колони, спричинені прикладанням навантаження на долото; згинаючий момент, який виникає під час роботи елементів БК у викривлених ділянках свердловини; згинаючий момент, викликаний втратою стійкості і відцентровими силами під час обертання; крутний момент у процесі роторного буріння; динамічні навантаження при спуско-підіймальних операціях; навантаження від різниці тиску бурового розчину всередині та ззовні БК; динамічні навантаження спричинені вібраціями БК від роботи долота і нерівномірністю подачі бурового розчину.

Для визначення величини зазначених видів навантажень науковці найчастіше використовують аналітичні методи, експериментальні дослідження в лабораторних умовах і комп'ютерне моделювання [12; 13]. За їх результатами прогнозують довговічність та залишковий ресурс елементів БК.

На практиці для оцінки навантажень у переважній більшості [14] використовують технічні засоби та вимірювальні комплекси, які встановлюються на денній поверхні. За отриманими з їх допомогою даними проводять оцінку навантажень, що діють на глибинне обладнання. Такий підхід не дає змоги достовірно оцінити фактичні навантаження. Це пояснюється тим, що в глибинних умовах вони можуть суттєво відрізнятись від зареєстрованих на денній поверхні. Підтвердженням цього є результати випробувань конструкцій пристроїв та систем для визначення навантажень в промислових умовах [15], які на жаль не знайшли широкого застосування на практиці.

Одними із широко використовуваних у практиці буріння є вимірювальні комплекси зорієнтовані на контроль просторового положення свердловини та проведення в процесі буріння геофізичних досліджень. Це зумовлює певний дефіцит промислової інформації, щодо фактичної навантаженості бурильної колони, та змушує дослідників, які займаються вирішенням даної проблеми, створювати нові конструкції пристроїв для вимірювання силових параметрів безпосередньо в процесі буріння [16]. Однак, безпосередньо, наявність пристроїв не вирішує проблеми забезпечення експлуатаційної надій-

ності елементів БК. В цьому аспекті залишається актуальним розроблення комплексного підходу до її вирішення. Такий підхід повинен включати теоретичні засади проектування раціональних режимів буріння та експлуатації глибинного обладнання, що є можливим за умов безперервного моніторингу навантажень, які діють на нього. Отримана інформація є основою для оцінки наробітку, ризику відмов елементів КНБК та коригування, за необхідності, як конструкції бурильної колони так і режимів її експлуатації.

З метою забезпечення експлуатаційної надійності, а саме прогнозування залишкового ресурсу елементів БК пропонується метод алгоритм реалізації якого зображено на рисунку 1. В основі методу лежить ідея постійного моніторингу режимно-технологічних параметрів буріння, силових і кінематичних характеристик БК, стану озброєння породоруйнівного інструменту, оцінці їхнього взаємозв'язку та впливу на експлуатаційну надійність елементів БК і КНБК зокрема. Він передбачає наявність декількох етапів.

Етап перший – проектування раціональних режимів буріння та експлуатації глибинного обладнання. На цьому етапі перш за все слід провести аналіз навантажувальних факторів для конкретних умов буріння. За його результатами необхідно здійснити підбір конструкції КНБК з

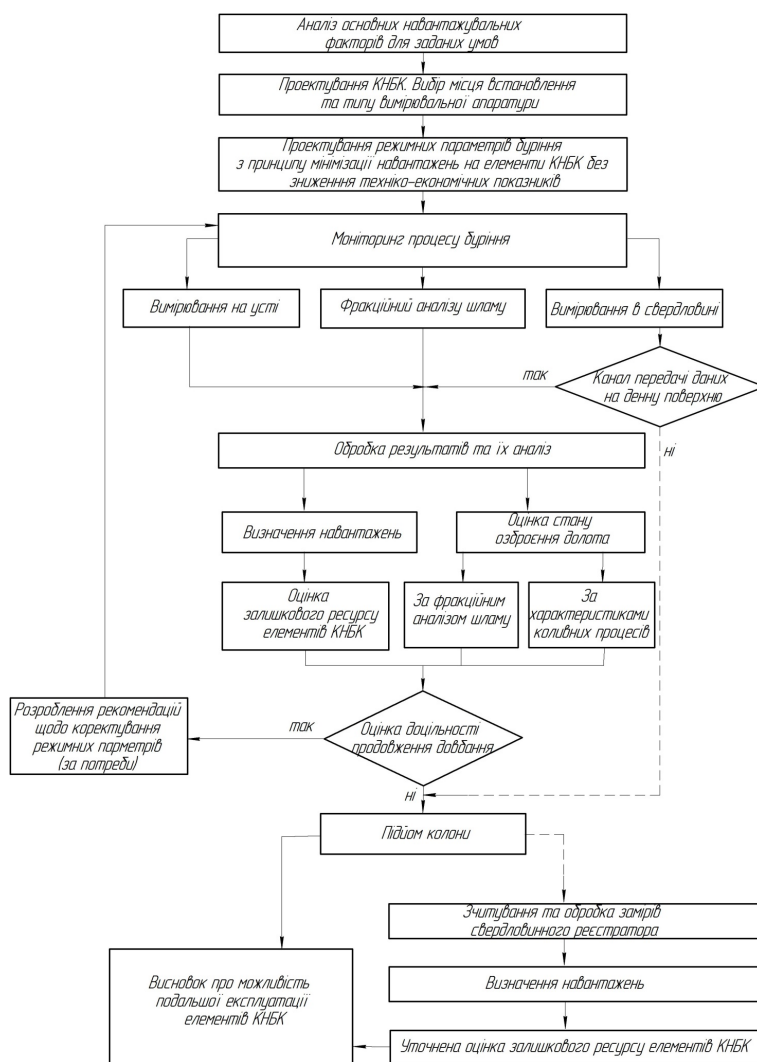


Рис. 1. Алгоритм забезпечення експлуатаційної надійності та оцінки залишкового ресурсу елементів бурильної колони

вказанням типу і місця встановлення вимірювальної апаратури. Встановити оптимальні режимні параметри буріння з метою мінімізації вібрацій КНБК без зниження техніко-економічних показників.

Етап другий – моніторинг в процесі буріння фактичних величин навантажень, які сприймають елементи КНБК, та стану озброєння долота, що має суттєвий вплив на формування їх динамічних складових.

До прикладу, контроль за кінематичними параметрами вібраційних процесів бурильної колони можна здійснити двома способами. Перший – це спущення в колону бурильних труб глибинного пристрою для вимірювання або включення його до її конструкції. При цьому кінематичні характеристики процесу реєструються безпосередньо у місці встановлення вимірювального засобу і відрізнятимуться від фактичних тільки на величину похибок вимірювань. Разом з тим виникають труднощі з передачею якісного сигналу на денну поверхню, а у випадку накопичення записів на «карту-пам'яті» неминучою є затримка у отриманні інформації, яка пов'язана з необхідністю підйому пристрою на денну поверхню для її зчитування. Другий спосіб – це вимірювання кінематичних характеристик коливань на усті з подальшою оцінкою вібрації глибинного обладнання за допомогою наявного математичного апарату та розроблених методик [17; 18]. За цих умов є можливість практично одразу здійснювати обробку результатів, однак якісна і кількісна оцінка фактичної величини характеристик може відрізнитись в залежності від методів та основних принципів переходу від замірів на усті свердловини до коливань глибинного обладнання.

Відповідно до запропонованого методу передбачається використання обох способів. Це дасть можливість більш повно та точно оцінити фактичні вібраційні навантаження і, як наслідок,

залишковий ресурс КНБК, а також перевірити достовірність раніше розроблених аналітичних методів.

Що стосується оцінювання стану озброєння долота, то для цього слід проводити фракційний аналіз шлама, контролювати величину механічної і рейсової швидкості буріння та частоту коливань долота. На основі аналізу отриманої точної інформації приймається рішення про доцільність продовження або припинення додання з метою заміни долота чи уникнення поломки елементів КНБК.

У випадку використання глибинного пристрою з накопиченням записів на «карту-пам'яті» має місце третій етап, що полягає в уточненій оцінці залишкового ресурсу за результатами додання. Після закінчення додання здійснюється підйом колони, зчитування інформації з глибинних реєстраторів, їх обробка та визначення динамічних навантажень. З урахуванням останніх здійснюється уточнена оцінка залишкового ресурсу елементів КНБК та приймається рішення про доцільність подальшої їх експлуатації.

**Висновки.** На основі аналізу проблеми забезпечення надійності бурильної колони запропоновано комплексний метод, який реалізується шляхом проектування раціональних режимів експлуатації та моніторингу процесу буріння. Цього досягається контролем режимно-технологічних параметрів буріння, силових і кінематичних характеристик БК та стану озброєння породоруйнівного інструменту. За результатами оцінки їх взаємозв'язку та взаємовпливу приймається рішення про доцільність продовження або припинення додання з метою уникнення поломки елементів КНБК чи заміни долота.

Подальші дослідження слід спрямувати на перевірку запропонованого методу в лабораторних і промислових умовах та розробленні технічних засобів для його реалізації.

## Список літератури:

1. Florence Giny. Can Unconventional gas be a Game Changer in European gas Markets? Oxford Institute for Energy Studies NG 46, 2010. – <http://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2011/01/NG46-CanUnconventionalGasbeaGameChangerinEuropeanGasMarkets-FlorenceGiny-2010.pdf>
2. International Energy Agency. Golden Rules for a Golden Age of Gas, 2012 [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo/website/2012/goldenrules/weo2012\\_goldenrulesreport.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo/website/2012/goldenrules/weo2012_goldenrulesreport.pdf)
3. U. S. Department of Energy. Energy Resource Potential of Methane Hydrate, 2011 <https://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/Oil-Gas/methane%20hydrates/MH-Primer2011.pdf>
4. Ultra-Deep Drilling Pushes Drilling String Technology Innovations [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <https://www.onepetro.org/download/conference-paper/SPE-104827-MS?id=conference-paper%2FSPE-104827-MS>
5. Integrated analyses, testing will aim to ultimately develop model to better predict drill pipe shearing characteristics [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <http://www.drillingcontractor.org/study-tackles-industryshearing-capabilities-26402>
6. Івасів В. М. Аналіз причин руйнування елементів бурильної колони [Текст] / В. М. Івасів, Я. С. Гриджук, Л. Р. Юрич // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2014. – № 6/4 (20). – С. 15–17. doi:10.15587/2312-8372.2014.31838.
7. Мислюк М. А. Буріння свердловин. У 5-и томах: довідник. Т. 1 / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2002. – 298 с.
8. Гутак О. В. Аналіз мультиколінеарності критеріїв оптимальності процесу буріння нафтових і газових свердловин долотами типу PDC / О. В. Гутак. – Нафтогазова енергетика № 1 (12), 2010. – 98–101 с.
9. Гуляев В. І. Неголомна динаміка долота бурильної колони в глибокій свердловині / В. І. Гуляев, О. І. Борщ, Л. В. Шевчук. – Збірник наукових праць НТУ, 2011. – 297–301 с.
10. Нургалеев А. Р. Численное моделирование колебаний КНБК в режиме stick-slip при бурении долотами PDC / А. Р. Нургалеев, В. С. Тихонов. – «Нефть. Газ. Новации» – № 1/2011. – С. 3–8.
11. Абатуров В. Г. Физико-механические свойства горных пород и породоразрушающий буровой инструмент / Учебное пособие для вузов. – Тюмень: Нефтегазовый университет, 2007. – 269 с.



12. Івасів В. М. Проблеми забезпечення експлуатаційної надійності елементів бурильних колон. [Текст] / В. М. Івасів, Я. С. Гриджук, Л. Р. Юрич // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – № 6/6 (26). – С. 41–44. doi:10.15587/2312-8372.2015.55851.
13. Dynamic Analysis of Stabilized Drilling Strings Performance in Low-Dip Wells [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <https://www.onepetro.org/download/conference-paper/SPE-81148-MS?id=conference-paper%2FSPE-81148-MS>
14. Калинин А. Г., Ганджумян Р. А., Мессер А. Г. Справочник инженера-технолога по бурению глубоких скважин / Под ред. Проф. А. Г. Калинина. – М., ООО «Недра-Бизнесцентр», 2005. – 808 с.
15. Грачев Ю. В. Автоматический контроль в скважинах при бурении и эксплуатации // Ю. В. Грачев, П. С. Варламов. – М.: Недра, 1968. – 178 с.
16. Юрич А. Р. Пристрій для оцінювання напружено-деформованого стану компоновок низу бурильної колонни / А. Р. Юрич. – Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2014р. – № 7 (1050) – С. 16-20.
17. Гриджук Я. С. Прогнозування довговічності елементів бурильної колонни при вібраційному навантаженні [Текст]: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.12 «Машини нафтової та газової промисловості» / Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2013. – 20 с.
18. Огородніков П. І. Аналіз вібраційної міцності бурильної колонни з використанням теорії випадкових коливань. [Текст] / П. І. Огородніков, В.М. Світлицький, В.І. Гоголь // Нафтогазова галузь України. – 2013. – № 2. – С. 13–17.

**Юрич Л.Р.**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

## МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

### Аннотация

Разработан комплексный метод обеспечения эксплуатационной надежности и оценки остаточного ресурса элементов бурильной колонны. Метод реализуется путем проектирования рациональных режимов эксплуатации и мониторинга процесса бурения. В его основу положена идея постоянного мониторинга режимно-технологических параметров бурения, силовых и кинематических характеристик бурильной колонны, состояния вооружения породоразрушающего инструмента. Оценка их взаимосвязи и взаимовлияния является основой для принятия решения о целесообразности продолжения или прекращения рейса. Метод позволяет определить остаточный ресурс элементов бурильной колонны и целесообразность дальнейшего использования.

**Ключевые слова:** режимы бурения, бурильная колонна, породоразрушающий инструмент, эксплуатационная надежность, остаточный ресурс.

**Yurich L.R.**

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

## METHOD FOR ASSURING THE MAINTAINABILITY ENGINEERING AND RESIDUAL LIFE ASSESSMENT OF THE DRILL STRING ELEMENTS

### Summary

The complex method for assuring the maintainability engineering and residual life assessment of the drill string elements was developed. The method is realized by designing rational modes of drilling process operation and monitoring. It is based on the idea of continuous monitoring the drilling regime-process parameters, power and kinematic characteristics of the drill string, the structure state of rock cutting tool. Relationship and interaction assessment is the basis for a decision on whether to continue or cease chiselling. The method allows determining the residual service life of the drill string elements and the feasibility of their further use.

**Keywords:** mode of drilling, drill string, rock cutting tool, maintainability engineering, residual life.