УДК 622.013:519.1

Аспір. Т.М. Матвійків;
проф. В.М. Теслюк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО УСУНЕННЯ УДАРІВ ТА ВІБРАЦІЙ ПІД ЧАС БУРІННЯ

Розроблено метод автоматичного усунення ударів і вібрацій під час похило-керованого буріння. Розроблений метод ґрунтується на побудованих алгоритмах, які враховують знання експертів, наявні методи усунення ударів і вібрацій та рішення подібних ситуацій, що забезпечує, за наступного усунення ударів і вібрацій, отримати швидше та ефективніше рішення. При цьому побудовано моделі дослідження динаміки процесу усунення ударів і вібрацій. Розроблені моделі ґрунтуються на теорії мереж Петрі та дають змогу дослідити динаміку процесу автоматичного усунення ударів і вібрацій під час похило-керованого буріння.

Ключові слова: метод, удари та вібрації, алгоритм, модель на основі мереж Петрі, похило-кероване буріння.

Вступ. Посилення енергетичної проблеми у світі потребує використання нових технологій і методів. Одним із шляхів часткового вирішення цієї проблеми є використання глибинно-похилого буріння [1-4], яке дає змогу досягнути пластів нафто- та газовидобутку на глибині до 12000-15000 м. Разом з тим, зростають вимоги до обладнання, яке використовують у процесі глибинно-похилого буріння, зростає вартість та складність буріння. Особливий вплив на процес буріння завдають удари та вібрації, які контролювати надзвичайно складно. Отже, удари та вібрації є основними механічними дестабілізаційними факторами, що впливають на надійність роботи електронного свердловинного приладу (ЕСП). Ігнорування ударів і вібрацій під час буріння, їх несвоєчасне виявлення чи невірна ідентифікація рівня вібрацій можуть призвести до серйозних аварій як компоновки низу бурильної колони (КНБК) загалом, наприклад її промивання [3], так і окремих елементів ЕСП. Наявність ударів і вібрацій істотно скорочує час експлуатації ЕСП [4]. Раніше, без використання ЕСП, таких як MWD-систем, було важче виявити удари та вібрації під час буріння. Як правило, про наявність цих факторів уже судили як постфактум після рейсу буріння, оглядаючи візуально стан стабілізаторів, долота та інших компонент КНБК.

Відповідно, розроблення методів, моделей та засобів, які дають змогу визначити величини ударів і вібрацій і прийняти рішення про потребу їх усунення – є актуальним завданням сьогодення.

1. Розроблення алгоритмів автоматичного усунення ударів і вібрацій під час буріння

Перед усуненням ударів і вібрацій, потрібно розв'язати задачу ідентифікації виду вібрацій, що детально описано в роботі [5], та обчислення залишкового ресурсу ЕСП, що описано в роботі [4].

Після виконання зазначених вище задач, експертна система переходить до алгоритму усунення ударів і вібрацій. В основі алгоритму лежать знання експертів і основні методи усунення вібрацій, що застосовують на сьогодні буровиками [1, 2, 4, 6, 7]. Оскільки бурова установка є складною динамічною системою, він містить велику кількість каналів передачі для керуючих впливів і сигналів, що забезпечують взаємодію системи із навколишнім середовищем. Основними керуючими параметрами під час буріння є: навантаження на долото; частота обертів бурової колони; швидкість подачі бурового розчину.

Швидкість подачі бурового розчину, за умови її достатності для забезпечення потрібного виносу шламу, не впливає на генерацію ударів і вібрацій. Про неоптимальність режиму та незадовільні умови буріння сигналізують вібрації, усунення яких свідчитиме про наближення до оптимальності. Отже, у цьому випадку вібрації виступають в ролі критерію оптимізації режиму буріння. Алгоритм автоматичного усунення вібрацій (рис. 1) містить зміну навантаження на долото та частоти обертів бурової колони.

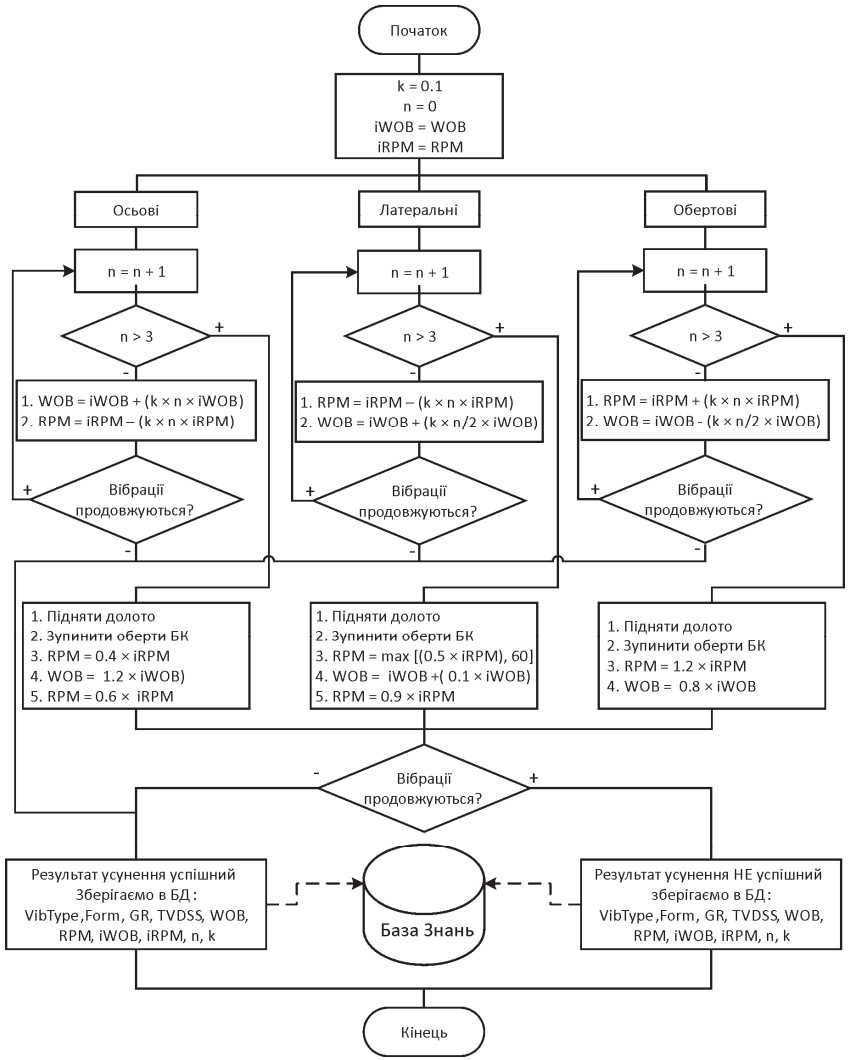

Рис. 1. Алгоритм автоматичного усунення ударів і вібрацій під час буріння

Результат усунення ударів і вібрацій заносяться в базу знань експертної системи. Отже, при наступному усуненні ударів і вібрацій система може запропонувати більш швидке та ефективне рішення.

Усунення кожного із видів вібрацій потребує диференційованого підходу до їх виявлення, визначення причин та розроблення способів усунення. Основним способом усунення осьових вібрацій, як правило, є збільшення навантаження на долото та зменшення частоти обертів бурової колони, а латеральних – зменшення частоти обертів бурильної колони (БК). Величину обертових вібрацій можна зменшити підвищивши частоту обертів БК та зменшивши навантаження на долото.

Якщо поетапне змінення початкових параметрів на 5-20 % не приводить до позитивного результату, то БК піднімається із вибою, а оберти повністю зупиняють. Це призводить до зупинки резонансу БК та затухання вібрацій. Подальше буріння продовжується із зміненими технологічними параметрами. Якщо в базі знань уже існує запис щодо успішності усунення вібрацій у конкретних геологічних умовах, то експертна система використовує уже раніше знайдені оптимальні технологічні параметри режиму буріння (рис. 2).

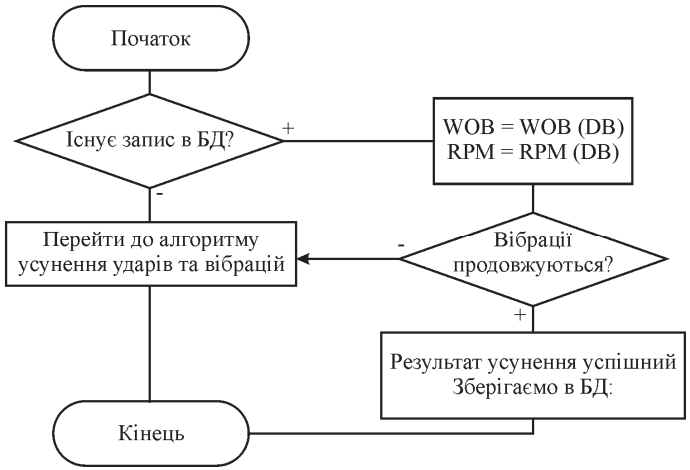

Рис. 2. Використання технологічних параметрів режиму буріння із бази знань, що були визначенні з рейсів буріння сусідніх свердловин

Результати аналізу та узагальнення заходів з усунення вібрації свідчать, що всі вони зводяться до зміни навантаження на долото і частоти обертання БК. Для збереження незмінної загальної енергії, що прикладена для руйнування породи, технологічні параметри змінюються в протилежні сторони, тобто в разі збільшення навантаження на долото, частота обертання БК зменшується і навпаки – в разі зменшення навантаження на долото, частота обертів БК збільшується.

2. Побудова моделі на основі теорії мереж Петрі

Дослідження динаміки розроблених алгоритмів методу автоматизованого усунення ударів і вібрацій під час буріння проводиться з використанням мо-

делей, які ґрунтуються на теорії графів [8] і мереж Петрі [9], та в загальному випадку формулюється таким чином:

$$G = (C_m, P), \quad (1)$$

де: G – граф досяжності станів системи [10]; C_m – множина станів системи; P – множина ребер, яка відображає можливі переходи системи з одного стану в інший.

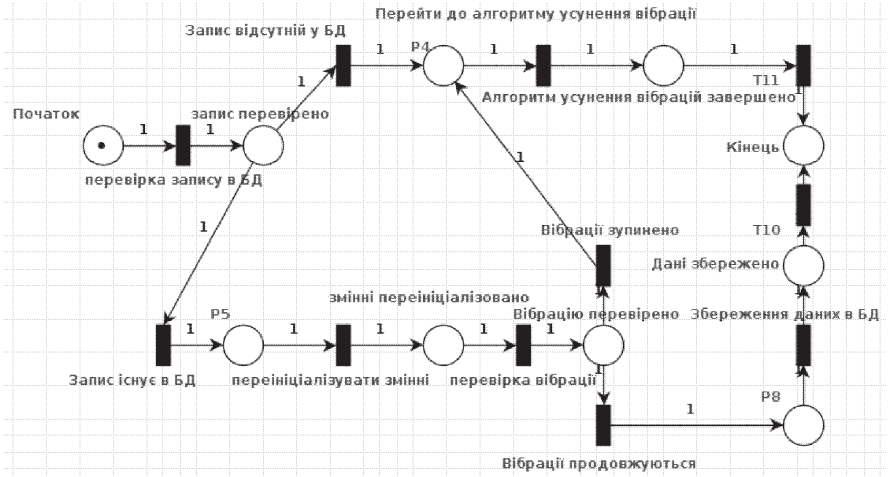

Рис. 3. Схемна форма представлення моделі на основі мережі Петрі для алгоритму врахування технологічних параметрів режиму буріння

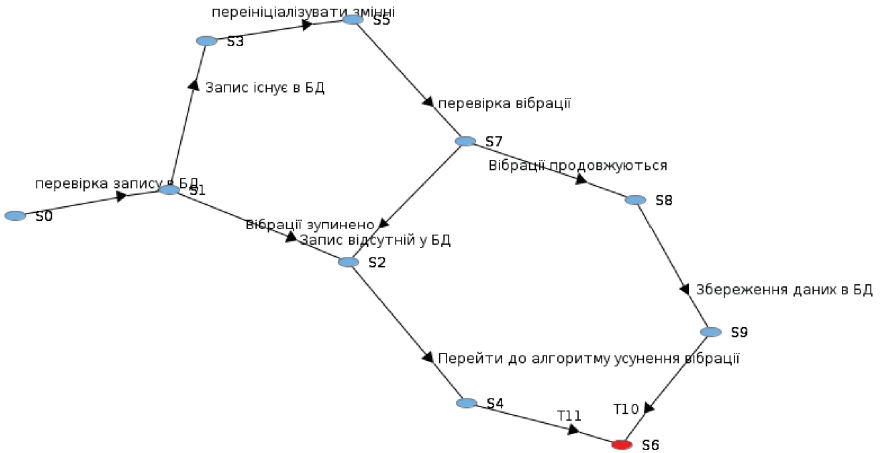

Рис. 4. Граф досяжності станів процесу врахування технологічних параметрів режиму буріння

Для визначення досліджуваних станів і побудови графу досяжності станів використовують модель на базі теорії мереж Петрі [8], яка описується таким чином:

$$M_{мп} = (П, П_р, Р_б, М), \quad (2)$$

де: $П$ – множина позицій; $П_р$ – множина переходів; $Р_б$ – множина вхідних та вихідних дуг; $М$ – множина маркерів. Отже, розроблена модель записана в математичній формі та дає змогу дослідити динаміку системи (у цьому випадку процес усунення ударів і вібрацій під час буріння). Для прикладу, на рис. 3 наведено схемну форму подання моделі (2) для алгоритму на рис. 2, а на рис. 4 показано граф досяжності станів [10], який дає змогу дослідити динаміку процесу використання параметрів режиму буріння – з бази знань.

Висновок. Розроблено метод автоматичного усунення ударів і вібрацій, що ґрунтується на знаннях експертів і основних методах усунення ударів і рішеннями, які застосовують на сьогодні інженери з буріння. Він охоплює варіації навантаження на долото та швидкості обертання бурової колони. Результат "успішності" заноситься в базу знань системи підтримки та прийняття рішень, завдяки чому при наступному усуненню ударів і вібрацій система може запропонувати більш швидке та ефективне рішення.

Література

1. Маляр А.В. Системи автоматизованого керування й моніторингу процесом видобування нафти : монографія / А.В. Маляр, Б.С. Калужний. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2012. – 272 с.
2. Bommer P. A primer of oilwell drilling: a basic text of oil and gas drilling // 7-th ed. University of Texas, Austin, 2008. – Pp. 135-138.
3. Матвійків Т.М. Комп'ютерне моделювання промиву бурової колони / Т.М. Матвійків, В.М. Теслюк, А.Є. Струк, Р.В. Загарюк // Збірник наукових праць ППМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2012. – № 63. – С. 111-118.
4. Теслюк В.М. Формалізована інтегральна оцінка ресурсу роботи та ризику поломки бурових телеметричних систем / В.М. Теслюк, Т.М. Матвійків // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 705. – С. 19-21.
5. Matviykiv T.M. Use of influence diagrams for decision support in drilling automation / T.M. Matviykiv, V.M. Teslyuk // Journal of Global Research in Computer Science (JGRCS). – India, 2013. – Vol. 4, No. 4 (April). – Pp. 1-7.
6. Breyholtz O. Drilling Automation: Presenting a Framework for Automated Operations / O. Breyholtz, M. Nikolaou // SPE Drilling & Completion, March, 2012. – Vol. 27, Number 1. – Pp. 118-126.
7. Baik H.S. Decision support system for horizontal directional drilling / H.S. Baik, D.M. Abraham, S. Gokhale // Tunelling and Undrgraund Space technology, 2003. – Pp. 99-109.
8. Оре О. Теория графов / О. Оре. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Наука", Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 384 с.
9. Теслюк В.М. Застосування мереж Петрі при проектуванні МЕМС на системному рівні / В.М. Теслюк // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні системи проектування: теорія і практика. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2006. – № 564. – С. 45-53.
10. Teslyuk V. Developing The Information Model Of The Reachability Graph / V. Teslyuk, P. Denysyuk, Hamza Ali Yousef Al Shawabkeh, A. Kernytskyy // Proc. of the XVth International Seminar / Workshop Of Direct And Inverse Problems Of Electromagnetic And Acoustic Wave Theory (DIPED – 2010). – Tbilisi, Georgia, 2010. – Pp. 210-214.

Матвийкив Т.М., Теслюк В.Н. **Метод автоматического устранения ударов и вибраций при бурении**

Разработан метод автоматического устранения ударов и вибраций в наклонно-управляемом бурении. Разработанный метод основывается на построенных алгоритмах, которые учитывают знания экспертов, существующие методы устранения ударов и вибраций, а также существующие решения подобных ситуаций, которые обеспечивают, при последующем устранении ударов и вибраций, получить решение быстрее и эффективнее. При этом построены модели исследования динамики процесса устранения ударов и вибраций. Разработанные модели базируются на теории сетей Петри и дают возможность исследовать динамику процесса автоматического устранения ударов и вибраций в наклонно-управляемом бурении.

Ключевые слова: метод, удары и вибрации, алгоритм, модель на основании сетей Петри, наклонно управляемое бурение.

Matviykiv T.M., Teslyuk V.M. **Decision Support System for Shocks and Vibrations Mitigation in Directional Drilling**

The development of decision-support system (DSS) for shocks and vibration mitigation in downhole directional drilling is described. System architecture, operation algorithm and schematic diagram design are focused on. The DSS incorporates real-time databases, rule-based and expert knowledge databases. During the design process, we use Bayesian Networks modeling for expert knowledge implementation. The proposed system works in an advisor mode. It can be used in downhole directional drilling of oilfield wells with modern MWD-, LWD-, RSS-systems.

Keywords: DSS, downhole directional drilling, shocks and vibrations, database, knowledge base.

УДК 004.[056+3.75]:061.68

Ст. викл. І.Р. Опірський, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

КЛАСИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ ДЕРЖАВИ

Запропоновано і представлено ознаки для визначення об'єктів під час дослідження моделей захисту, такі як: способи реалізації моделей, характер процесів і явищ, які відбуваються у системі, характер підходу до моделювання об'єкта, призначення й специфіка об'єктів дослідження, ступінь узагальнення характеристик об'єктів дослідження, які узагальнюються. Представлено класифікацію моделей захисту інформації в інформаційних мережах держави. На основі класифікації моделей захисту наведено структурну модель моделей захисту за таким поділом: за способом реалізації, за характером процесів у системі, за характером підходу до моделювання об'єкта, за призначенням об'єктів дослідження, за характеристиками досліджуваного об'єкта.

Ключові слова: модель захисту інформації, інформаційні мережі держави, абстрактні моделі, захист інформації, математичні моделі, модель політики безпеки.

Вступ. Моделі захисту інформації є складовими частинами загального процесу моделювання. Моделювання системи полягає у побудові образу системи, адекватного з точністю до цілей моделювання системи, яка проектується, і в отриманні за допомогою побудованої моделі потрібних характеристик реальної системи. Отже, у загальному випадку весь процес моделювання можна поділити на дві складові частини: побудова моделі; реалізація моделі з метою отримання потрібних характеристик системи.

Основне призначення моделей – це створення умов для об'єктивної оцінки загального стану інформаційної системи з точки зору міри уразливості або рівня захищеності інформації в неї. Потреба в таких оцінках, зазвичай, виникає під час аналізу загальної ситуації, з метою відпрацювання стратегічних рішень під час організації захисту інформації.

Створення сучасних систем інформаційної безпеки, зокрема на рівні корпоративних мереж зв'язку, які є провідними у сучасній інфраструктурі фун-