

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСКРЕТНО-РОЗПОДІЛЕНИХ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ АВАРІЙНОСТІ В БУРІННІ

Чарковський В. М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019, e-mail: victor.charkovsky@gmail.com

Анотація. Описано причини фізичного зносу пристроїв ударно-вібраційної дії для ліквідації заклинювання КНБК у процесі буріння свердловин. Різні фактори фізичного зносу окремих конструктивних вузлів пристроїв, вмонтованих у КНБК, відображено у формулі визначення економічної ефективності. Визначено умови нульової ефективності для пристрою, що реалізує технологію дискретно-розподілених ударних навантажень. Визначено вхідні величини для розрахунку періоду окупності. Встановлено, що для ефективної практичної реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень необхідно технологічно розширити можливість застосування відповідного пристрою за рахунок створення спеціальної конструкції опорно-центруючих елементів. Обґрунтовано необхідність моделювання при застосуванні методів дисконтування у розрахунках економічного ефекту.

Ключові слова: фізичний знос; економічна ефективність; буровий яс; період окупності; методи дисконтування.

Abstract. The causes of physical deterioration of shock vibration action devices have been described to eliminate jamming of BHA during drilling. Various factors of physical deterioration of some structural node devices embedded in BHA are reflected in the formula for determining the economic efficiency. The conditions of zero efficiency for the device that implements the technology of distributed discrete shock have been determined. Input values for calculation of the payback period have been determined. It has been established that for effective practical implementation of the technology of distributed discrete-shock technology it is necessary to extend the application of appropriate devices by creating a special design supporting-centering elements. The necessity of the application of modeling techniques of discounting in the calculation of economic effect has been proven.

Key words: physical deterioration ; economic efficiency; drilling jar; payback period; discounting methods.

Анотация. Описаны причины физического износа устройств ударно-вибрационного действия для ликвидации заклиниваний КНБК в процессе бурения скважин. Различные факторы физического износа отдельных конструктивных узлов устройств, встроенных в КНБК, отображены в формуле определения экономической эффективности. Определены условия нулевой эффективности для устройства, которое реализует технологию дискретно-распределенных ударных нагрузок. Определены исходные величины для расчета периода окупаемости. Установлено, что для эффективной практической реализации технологии дискретно-распределенных ударных нагрузок необходимо технологически расширить возможность применения соответствующего устройства за счет создания специальной конструкции опорно-центрирующих элементов. Обоснована необходимость моделирования при применении методов дисконтирования в расчетах экономического эффекта.

Ключевые слова: физический износ, экономическая эффективность, буровой яс, период окупаемости, методы дисконтирования.

Останніми роками в Україні для збільшення власного нафтогазовидобутку залучаються і отримують подальший розвиток передові технології, які складають світовий досвід буріння та видобування нафти і газу. Зокрема це стосується технологій горизонтального буріння та інших їм супутніх які дозволяють не тільки нарощувати видобуток за рахунок збільшення кількості нових свердловин, але й відновлювати на деякий час роботу старих мало дебітних свердловин. Нерідко такі технології необхідно застосовувати в ускладнених геологічних умовах, що призводить до збільшення непродуктивного часу роботи бригад, а отже – зменшення ефективності функціонування видобувних підприємств нафтогазової галузі. Подібні проблеми пов'язані також з неминучим ростом глибин вертикальних або скерованих свердловин, які буряться на геологічних площах з метою пошуку та розвідки нових нафтових і газових родовищ.

За даними [1] у зонах залягання нестійких гірських порід за великих значень інтенсивності викривлення стовбура свердловини спостерігається утворення уступів, жолобів, відбуваються посадки і затягування бурового інструменту, осипання і обвалювання порід зі стінок свердловини, що зрештою призводить до втрати циркуляції бурового розчину з подальшим прихопленням бурового інструменту. В похилому стовбурі колона бурильних труб щільно прилягає до нижньої стінки свердловини, унеможливаючи промивання стовбура по кільцевому простору і залишає для промивання лише верхній сегмент поперечного перерізу стовбура свердловини, що спричиняє неповне винесення вибуреної породи буровим розчином і сприяє прилипанню бурильних труб. У той же час збільшення темпів провідки свердловин і як наслідок мінімізація дії фізико-хімічних

факторів на зону ускладнення, за висновками авторів [1], як правило, сприяє успішному і безаварійному доведенню процесу спорудження свердловин до кінцевого результату.

Відомий також [2] досвід проектування і успішного буріння похило-скерованих свердловин з великим відхиленням від вертикалі при розробці нафтових і газових родовищ Баренцового та Каспійського морів, який ввібрав у себе кращі світові аналоги. У роботі [2] автори наводять рекомендації з режимів буріння, складу компоновок низу бурильної колони (КНБК) та конструкцій свердловин з великим відхиленням похилих стовбурів від вертикалі, причому у всіх проектних КНБК передбачено застосування бурового яса при бурінні свердловин.

З урахуванням вітчизняного досвіду [3] боротьби з ліквідацією подібних геологічних ускладнень та аварій запропоновано дещо удосконалений підхід, який базується на створенні дискретно-розподілених ударних навантажень, тобто створенні ударних навантажень саме в тому місці, у якому виникає утримуюча сила, яка в подальшому призводить до втрати рухомості колони бурильних труб. Технологія створення дискретно-розподілених ударних навантажень базується на застосуванні пристрою [4]. Конструктивні особливості запропонованого технічного рішення є такими.

1. Обважені бурильні труби (ОБТ) замінюються пристроєм ударної дії, сконструйованим таким чином, щоб його вага була рівна вазі ОБТ.

2. Пристрій ударної дії, як і ОБТ, виконується секційним, щоб можна було підібрати загальну його довжину з умови створення необхідного навантаження на долото.

3. Кожна секція пристрою забезпечується відповідними засобами та технічними рішеннями для створення ударних навантажень у випадку заклинювання чи іншої причини втрати рухомості однієї із секцій або декількох секцій пристрою відразу.

Всі пристрої ударно-вібраційної дії, які експлуатуються в складі КНБК, повинні відповідати таким вимогам: по-перше, їхня конструкція повинна тривалий час, а саме на рівні інших елементів КНБК, сприймати і витримувати всі навантаження, що виникають при бурінні свердловини, а по-друге, у випадку виникнення небезпеки втрати рухомості бурильної колони, дані пристрої повинні автоматично спрацьовувати і ударними чи вібраційними навантаженнями руйнувати утримуючі зв'язки.

Перш ніж приймати рішення про впровадження у виробничих умовах того чи іншого нововведення необхідно виконати оцінку його ефективності. Це в повній мірі стосується технологій та відповідних технічних засобів для попередження та ліквідації аварійності при бурінні свердловин, тим більше, що альтернатив попередження аварійності та запобіганню геологічним ускладненням є багато. Наприклад, аналогом технології дискретно-розподілених ударних навантажень є, як зазначено вище [2], застосування бурового яса у вмонтованому в КНБК варіанті під час буріння свердловини. Також для попередження аварійності застосовують досить дорогі рецептури хімічних обробок бурових розчинів. Заміна бурових установок старого покоління на бурові установки з верхнім приводом ставить за мету не тільки покращити техніко-економічні показники буріння, але й скоротити час на боротьбу з ускладненнями за рахунок спеціальних прийомів проробки свердловини при підйманні інструменту.

Для оцінки економічної ефективності пристроїв ударно-вібраційної дії використовують типові методики розрахунку економічного ефекту від впровадження нової техніки в бурінні, у яких основним фактором утворення ефекту виступає скорочення часу на ліквідацію аварії чи ускладнення. Через показник вартості однієї години роботи бурової установки за витратами, що залежать від часу економії часу перераховують на економію коштів з відповідним врахуванням вартості додатково залучених послуг, матеріалів і обладнання при базовій та новій техніці чи технології.

Разом з тим необхідно відмітити, що вказана методика розроблена і застосовується для оцінки ефективності пристроїв ударно-вібраційної дії, які використовувалися у так званому ловильному варіанті, а саме – пристрої, які спеціально спускають у свердловини за потребою у відповідних роботах. У вмонтованому варіанті використання такі пристрої будуть зношуватися у складі КНБК від дії вібрацій та навантажень, що виникають при бурінні, тільки інколи виконуючи своє пряме призначення. По сьогоднішній час ця специфіка не знайшла чіткого відображення у діючих методиках розрахунку економічної ефективності.

Метою даної статті є прогнозування економічної доцільності впровадження пристрою ударної дії [4] зокрема та технології дискретно-розподілених ударних навантажень [5] загалом з допомогою виконання розрахунків за існуючими відомими методиками, удосконалення цих методик та порівняння відповідних результатів з обґрунтуванням доцільності нововведень.

Останнім часом у науковій літературі намітився певний прогрес в розробці та застосуванні передових методик з оцінки ефективності інвестиційних проектів.

У якості показників економічної ефективності застосовують:

- величину економічного ефекту, тобто результату від впровадження нової техніки, вираженого в грошових одиницях;
- термін окупності інвестицій чи капіталовкладень при впровадженні нової техніки;
- чисту теперішню вартість та внутрішню ставку доходу – методи оцінки доцільності інвестицій, які базуються на дисконтуванні грошових потоків;
- умовно-річну економію витрат;

- підвищення продуктивності праці в результаті впровадження нової техніки та зниження трудомісткості виробництва бурових робіт;

- рентабельність використання нової техніки.

Відомо, що ефективність – це відношення ефекту технічного, експлуатаційного чи економічного до витрат, що зумовлюють його отримання, причому відношення «результат/витрати» може бути виражене не тільки у вартісних, але й натуральних величинах.

Порівнянність варіантів повинна забезпечуватися:

- за сферами та умовами експлуатації;

- за якісними параметрами;

- при нормативній базі, яка використовується для розрахунку витрат і отриманих результатів;

- за кінцевим результатом, у тому числі соціальним, економічним, екологічним.

За базовий для порівняння варіант, як правило, беруть найбільш досконале обладнання, прилади та пристрої або проектні рішення, техніко-економічні показники яких відповідають кращим світовим чи вітчизняним досягненням, і мають однакові із запроєктованою технікою призначення та область застосування. Порівнювані варіанти можуть мати в основі різні принципи дії, схемні рішення, різну елементну базу, використання різних матеріалів, різнитися конструкторським компонуванням. Якщо запроєктована техніка замінює за своїм функціональним призначенням декілька існуючих приладів і пристроїв, то в якості варіанту для порівняння приймається їх сукупність. Тому у якості бази для порівняння з технікою та технологією створення дискретно-розподілених ударних навантажень доцільно обрати у якості аналога одну із застосовуваних КНБК із вмонтованим буровим ясом, що постійно знаходиться у її складі під час буріння свердловини.

У разі якщо запроєктована техніка створюється для вирішення завдань, які до теперішнього часу не вирішуються за допомогою аналогічного обладнання, то в якості базового варіанта для порівняння обирається технологічний процес, який уже мав застосування на практиці. При обґрунтуванні бази порівняння на бурових підприємствах беруть до уваги дані про ліквідацію аварій у свердловинах за видами аварій та геологічними ускладненнями, а також геолого-технічні умови буріння, які ідентичні для порівняння. Внаслідок цього на деяких площах та родовищах за базові методи ліквідації аварій, а саме аварій від втрати рухомості колони труб у свердловині, можуть вибирати методи і способи, що застосовувалися до впровадження нового варіанта на даній геологічній площі чи даному родовищі. Серед таких базових методів та способів на практиці найчастіше використовують: розходження бурильного інструменту, встановлення нафтових ванн, застосування геофізичних торпед, оббурювання, буріння другого стовбура свердловини. Дотримання умов порівнянності зводить всі відмінності між варіантами до одного – розбіжності витрат, обумовлених проведенням бурових робіт, і дозволяє достовірно оцінити економічні показники, що застосовуються в розрахунках.

У процесі визначення ефективності використання нової техніки в порівнянні з базовою при ліквідації аварій чи геологічних ускладнень в бурінні, визначається можлива економія супутніх витрат за рахунок: ресурсозбереження, скорочення кількості та періодичності ремонтів застосовуваного обладнання, а також скорочення часу техобслуговування, щозмінних оглядів, зменшення часу простоїв бурової техніки.

При використанні нового чи поліпшенні існуючого засобу (обладнання, інструменту) часто виникає необхідність у визначенні таких значень параметрів, при яких в умовах однакового обсягу виробництва бурових робіт цей засіб стає економічно рівноцінним базовому. Така величина параметра може бути названа економічно граничною. Більш ефективним використання нового засобу стає в умовах, коли значення даного параметра будуть кращими за граничний. Основними параметрами, за якими визначається економічна ефективність використання нового обладнання, є продуктивність, термін служби, сума експлуатаційних витрат.

Для визначення економічного ефекту пристроїв ударно-вібраційної дії, що застосовуються в ловильному варіанті в розрахунку на одну свердловину, як правило, використовують таку формулу [6]

$$E = \alpha[(t^f - t^{ff})C_{1год}] + (P^f_M C^f_M - P^{ff}_M C^{ff}_M) + (P^f_{тр} - P^{ff}_{тр})C_{тр} \quad (1)$$

де, t^f, t^{ff} – середня фактична тривалість ліквідації однієї аварії чи геологічного ускладнення відповідно базовою та новою технікою або технологією, год; $C_{1год}$ – вартість однієї години роботи бурової установки за витратами, що залежать від часу, грн.; P^f_M, P^{ff}_M – фактична витрата матеріалів/обладнання відповідно при застосуванні базової і нової техніки або технології у прийнятих одиницях вимірювання; C^f_M, C^{ff}_M – ціна відповідного виду матеріального ресурсу чи обладнання за базовим та новим варіантом техніки чи технології, грн.; $C_{тр}$ – вартість транспортування однієї тонни матеріальних ресурсів чи обладнання зі складу на бурову, грн.; α – коефіцієнт успішності виробничої операції, тобто відношення кількості застосувань пристрою, які закінчилися звільненням заклиненого бурильного інструменту, до загальної кількості застосувань або спуско-підіймань при виконанні аварійних робіт з допомогою пристрою ударно-вібраційної дії.

Суть формули(1) зводиться до суми часткових економій. Перший доданок формули(1) є економією на змінних виробничих витратах. Другий доданок – це економія або перевитрати, пов'язані із придбанням і витратою матеріальних ресурсів та обладнання для реалізації базового та нового варіантів техніки. Оскільки у випадку нового варіанта маємо застосування бурової машини, знос якої повністю визначається кількістю спуско-підіймань і відповідно застосувань для ліквідації аварії чи ускладнення, то величину $P''_{м}$ розраховують як суму амортизаційних відрахувань для даного типу пристрою ударно-вібраційної дії за виробничим методом, тобто

$$P''_{м} = \frac{\Phi_{п} - \Phi_{л}}{N_{у}}, \quad (2)$$

де, $\Phi_{п}$ – первісна вартість пристрою ударно-вібраційної дії, грн.; $\Phi_{л}$ – ліквідаційна вартість даного пристрою, грн.; $N_{у}$ – кількість ударів, зроблених з допомогою даного пристрою у свердловині при визначених планом робіт режимних параметрах ліквідації аварії чи ускладнення.

Як правило, нормативні інструктивні матеріали із застосування пристроїв ударно-вібраційної дії в обов'язковому порядку обмежують кількість ударів, нанесених по тій частині колони труб, яка втратила рухомість. У цьому випадку маємо

$$P''_{м} = \frac{\Phi_{п} - \Phi_{л}}{N_{з}}, \quad (3)$$

де, $N_{з}$ – кількість застосувань, або кількість спуско-підіймань даного пристрою ударно-вібраційної дії до повного його фізичного зносу, або до такої степені зносу, за якої вже неможливо реалізувати необхідні режимні параметри, передбачені планом робіт.

Якщо має місце значний фізичний знос [7], то пристрої ударно вібраційної дії підлягають ремонту. Для механічного типу пристроїв замінюють замкову пару (інколи відновлюють робочі поверхні наплавленням з подальшою механічною обробкою на токарному та шліфувальному верстатах), а для гідравлічних ударних механізмів – замінюють кільця поршня та деталі ущільнення внутрішніх камер. Величину $P''_{м}$ при цьому розраховують за формулою

$$P''_{м} = \frac{\Phi_{п} + \Phi_{р} - \Phi_{л}}{N_{з}}, \quad (4)$$

де, $\Phi_{р}$ – вартість ремонту або заміни зношених деталей, грн.

Для правильного застосування формули(1) слід керуватися типовою методикою визначення економічної ефективності нової техніки та винаходів при будівництві нафтових і газових свердловин. Так, величина $C_{1год}$ у формулі(1) вимагає корегування на фактичну комерційну швидкість для свердловини, по якій визначається економічний ефект, а витрати на матеріали та транспортні перевезення перераховуються із врахуванням класифікації витрат на умовно-постійні та умовно-змінні. У транспортних витратах додатково враховують ціну логістики, а всі доданки формули(1) корегують на коефіцієнт управлінських витрат.

Проте, як було відзначено вище, формула(1) справедлива у випадку застосування пристроїв ударно-вібраційної дії тільки у ловильному варіанті. У вмонтованому в КНБК варіанті застосування цих пристроїв характер їх фізичного зносу є зовсім іншим. Постійна дія на пристрій знакозмінних навантажень та вібрацій, що виникають під час буріння, спричинює знос у першу чергу зовнішньої поверхні корпусу, різьбових з'єднань та, особливо, рухомих телескопічно розміщених частин штока і корпусу. У деяких випадках цей знос може бути настільки значним, що пристрій вийде з ладу ще до моменту необхідності здійснювати ударні навантаження. А тому з конструктивних позицій пристрої, що знаходяться постійно у складі КНБК, відрізняються від пристроїв, призначених для застосування тільки в ловильному варіанті, і називаються буровими ясами. Конструктивною особливістю бурового яса є застосування спеціальних вузлів та деталей, які розвантажують телескопічно розміщені шток і корпус, а також застосування спеціальних методів зміцнення поверхонь штока і корпусу, які знаходяться у взаємодії. Все це разом призводить до подорожчання у первісній вартості бурового яса.

У конструкції механічного пристрою для реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень [4] виключено телескопічну взаємодію штока і корпусу, що дає змогу уникнути застосування спеціальних методів зміцнення рухомих поверхонь і таким чином здешевити конструкцію.

Для визначення приблизної вартості виготовлення пристрою [4], як початкової бази для формування ціни, можна скористатися одним із методів калькулювання собівартості машинобудівної продукції. Найбільш точним методом розрахунку собівартості є елементний метод чи метод прямого розрахунку всіх складових собівартості. У випадках порівняння варіантів технологічних процесів при їх співставленні собівартість визначають тільки за витратами, що залежать від порівнюваних технологічних процесів. Така неповна собівартість, що включає витрати, обумовлені варіантом технологічного процесу, називається технологічною собівартістю C_T .

У загальному випадку повна технологічна собівартість у гривнях відповідає виробничій і складається з таких елементів

$$C_T = C_3 + C_e + C_{дм} + C_{різ} + C_в + C_a + C_p + C_{пл} + C_{в.заг.}, \quad (5)$$

де, C_3 – заробітна плата робітників з нарахуваннями; C_e – витрати на силову електроенергію; $C_{дм}$ – витрати на допоміжні матеріали (для обтирання, змащування); $C_{різ}$ – витрати універсального і спеціального різального інструменту; $C_в$ – витрати на амортизацію, заточування та ремонт

вимірювального інструменту; C_a – витрати на амортизацію обладнання; C_p – витрати на ремонт обладнання; $C_{пл}$ – витрати на амортизацію, ремонт, опалення, освітлення та прибирання приміщення; $C_{в.заг}$ – вартість заготовки, включаючи вартість її виготовлення і матеріалу, вартість відходів, що реалізуються (стружка).

У формулі(5) не враховуються загальні виробничі витрати у зв'язку з тим, що виготовлення пристрою для реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень не вимагатиме зміни організаційної структури дільниці чи цеху або зміни складу обслуговуючого та інженерно-технічного персоналу, наприклад, при створенні автоматичних ліній, впровадження верстатів з ЧПК тощо, що призводить до відповідної зміни виробничих витрат.

Формула(5) та елементний метод знаходження собівартості виробу вибраний для даних досліджень у зв'язку з тим, що всі окремі складові, окрім вартості вихідної заготовки $C_{в.заг}$ можна знаходити не за точними розрахунками, а за нормативними таблицями витрат, віднесеними до одиниці часу роботи верстата при обробці даної заготовки. Що стосується вартості вихідної заготовки $C_{в.заг}$, то її розраховано за схемами пристрою [4] у відповідному масштабі агрегатним методом, тобто для кожної складової деталі. Так, для корпусу однієї секції пристрою [4] у якості заготовки обрано обсадну трубу найвищої групи міцності відповідного типорозміру, яку через відповідну систему ущільнення монтують на трубі ОБТЗ. Виходячи з принципу роботи пристрою [4], корпус, тобто обсадна труба, фіксується на трубі ОБТЗ за допомогою замкового пристрою. У якості заготовки для замкового пристрою вибрано кульовий підшипник відповідного типорозміру, який з відповідним доопрацюванням монтують через систему перевідників на корпусі. У якості заготовки для перевідників вибрано куски труби ОБТ або ОБТЗ. Вартості вказаних заготовок з урахуванням вартостей термічної обробки та повернених матеріалів (стружки) в сумі складають величину загальної вартості вихідної заготовки $C_{в.заг}$.

Для різних умов буріння та конструкцій свердловин запропоновано параметричний ряд пристроїв для реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень. Діаметральні розміри однієї секції пристрою та відповідних основних заготовок наведені у табл.1.

Відповідно до типової методики визначення економічної ефективності нової техніки і винаходів при будівництві нафтових і газових свердловин розрахунок річного економічного ефекту від виробництва та використання нових засобів праці з покращеними якісними характеристиками (продуктивність, довговічність і т.п.) виконується за формулою

$$E = \left[C_1 \frac{B_2 P_1 + E_n}{B_1 P_2 + E_n} + \frac{(I_1' - I_2') - E_n (K_2' - K_1')}{P_2 + E_n} - C_2 \right] A_2, \quad (6)$$

де, C_1 , C_2 – ціна одиниці базового і нового варіантів техніки, грн.; $\frac{B_2}{B_1}$ – коефіцієнт, що враховує ріст продуктивності роботи одиниці нового обладнання у порівнянні з базовим; $\frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n}$ – коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби нового обладнання у порівнянні з базовим; $\frac{(I_1' - I_2') - E_n (K_2' - K_1')}{P_2 + E_n}$ – економія бурового підприємства на поточних експлуатаційних витратах та відрахованнях від супутніх капіталовкладень за термін служби нового обладнання, грн., у якій: I_1' , I_2' – річні експлуатаційні витрати бурового підприємства при використанні ним відповідно базового і нового обладнання, грн.; K_1' , K_2' – супутні капіталовкладення бурового підприємства, грн., тобто зміна розміру капіталовкладень в основні фонди, що задіяні в будівництві свердловин для базового і нового варіанта техніки відповідно; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності, прийнятий на рівні норми амортизації за групами бурового обладнання відповідно до стандарту підприємства, наприклад [8]; A_2 – річний обсяг впровадження нового варіанта техніки у натуральних одиницях.

Таблиця 1 – Діаметральні розміри однієї секції пристрою та відповідних заготовок

Діаметр пристрою, мм	Діаметр корпусу, мм (обсадної труби)	Товщина стінки, мм та група міцності матеріалу корпусу	Діаметр ОБТ
114	114	10,2 (М,Р)	89
127	127	10,7 (М,Р)	89
140	140	10,5 (М,Р)	108
146	146	10,7 (М,Р)	120
178	178	10,4 (М,Р)	140,146
194	194	10,9 (М,Р)	146

Формула(6) адекватно відображає витрати та їх економію при бурінні свердловин з використанням елементів КНБК, у тому числі бурового яса, чи інших подібних пристроїв, які знаходяться у складі КНБК(окрім доліт, центраторів, калібраторів) і виконують таке ж призначення, як і ОБТ, тобто створюють навантаження на долото або забезпечують певний напрямок проводки свердловини за рахунок своєї жорсткості. У цьому випадку за даною формулою можна оцінити економію або перевитрати, якщо річний знос, наприклад, ОБТ P_1 та

бурового яса у складі КНБК P_2 при бурінні свердловин будуть різними. Величини P_1 та P_2 розраховуються в одиницях зносу за формулою

$$P = \frac{H}{v_{\text{мех}} T_{\text{сл}}} = \frac{t_{\text{добр}}}{T_{\text{сл}}}, \quad (7)$$

де, H – річний обсяг проходки по буровому підприємству з використанням базового та нового варіантів техніки, м; $v_{\text{мех}}$ – середня за рік механічна швидкість проходки з використанням базового та нового варіантів техніки, м/год.; $T_{\text{сл}}$ – термін служби базового та нового варіантів техніки, год.; $t_{\text{добр}}$ – річний час механічного буріння з використанням базового та нового варіантів техніки за даними звітності по часу роботи бурових бригад на буровому підприємстві, год.

Що стосується економії бурового підприємства на поточних експлуатаційних витратах $I_1' - I_2'$, то в даному випадку ця економія буде переважно визначатися ефективністю застосування бурового яса або іншого подібного пристрою в складі КНБК по звільненню ударно-вібраційними навантаженнями заклиених у свердловині елементів КНБК, тобто за формулою(1) із збереженням складової витрат на транспортування, оскільки буровий яс або інший подібний пристрій застосовують тільки при провідці частин свердловин, приурочених до зон геологічного ускладнення. Використовуючи позначення, прийняті у формулі(1), матимемо

$$I_1' = a\Pi_{1\text{год}} t' + P_1' \Pi_{1\text{м}} + P_1' \Pi_{1\text{тр}}, \quad (8)$$

$$I_2' = a\Pi_{1\text{год}} t'' + P_2'' \Pi_{2\text{м}} + P_2'' \Pi_{2\text{тр}}, \quad (9)$$

а підставивши величини, знайдені за (8) та (9), у формулу(6), отримаємо загальну формулу визначення економічного ефекту при застосуванні бурового яса, чи іншого пристрою ударно-вібраційної дії, вмонтованого у КНБК при бурінні свердловини

$$E = \left[\frac{\Pi_1 \frac{E_2 P_1 + E_{\text{ж}}}{E_1 P_2 + E_{\text{ж}}} + \frac{a(t' - t'')\Pi_{1\text{год}} + (P_1' \Pi_{1\text{м}} - P_2'' \Pi_{2\text{м}}) + (P_1' - P_2'')\Pi_{1\text{тр}} - E_{\text{ж}}(K_2' - K_2'')}{P_2 + E_{\text{ж}} - \Pi_2}}{E_1} \right] A_2. \quad (10)$$

У формулі(10) коефіцієнт $\frac{E_2}{E_1}$, що враховує ріст продуктивності роботи нового обладнання в порівнянні з базовим можна розраховувати, беручи до уваги базовий варіант техніки або технології виконання аварійних робіт чи ліквідації геологічного ускладнення. Якщо в якості базового варіанта техніки вибирають застосування яса в ловильному варіанті, встановлення нафтової ванни, струшування торпедами, оббурювання або перебурювання частини свердловини другим стовбуром, то ріст/спад продуктивності нового варіанта у порівнянні з базовим можна оцінювати як співвідношення комерційних швидкостей

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{v_{\text{ком2}}}{v_{\text{ком1}}}, \quad (11)$$

де, $v_{\text{ком2}}$, $v_{\text{ком1}}$ – комерційна швидкість відповідно при застосуванні нового та базового варіантів техніки, м/вт-міс.

Комерційна швидкість відображає темп виконання всіх робіт і перерв, що були здійснені при бурінні свердловини, а тому в співвідношенні(11) будуть враховані додаткові роботи та виробничі операції включно з простоями та перервами технологічного характеру в частині, що мають місце при впровадженні згаданих способів ліквідації аварії чи ускладнення.

Якщо в якості базового варіанта техніки вибрати застосування бурового яса у вмонтованому в КНБК варіанті, то ріст продуктивності нового пристрою [4] для реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень можна оцінити відношенням кількості ударних навантажень, реалізованих до моменту звільнення заклиненого інструменту, а саме

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{1/N_{y2}}{1/N_{y1}} = \frac{N_{y1}}{N_{y2}}, \quad (12)$$

де, N_{y1} , N_{y2} – кількість ударних навантажень, здійснених з допомогою пристроїв відповідно по базовому та новому варіантах до моменту звільнення заклиненого інструменту.

Суть формули(12) зводиться до того, що менша кількість ударів, здійснена відповідним пристроєм буде відображати більшу ефективність ліквідації аварії чи геологічного ускладнення. Суть винаходу [4], серед іншого, зводилася до того, щоб забезпечити більшу ефективність пристрою для створення дискретно-розподілених ударних навантажень за рахунок реалізації чисто ударного режиму роботи даного пристрою, що підтверджується технологічними розрахунками і дослідженнями, наприклад [5].

З формули(10) загальної економічної ефективності пристрою для створення дискретно-розподілених ударних навантажень видно, що сума економічного ефекту буде збільшуватися, якщо:

- 1) ціна пристрою для створення дискретно-розподілених ударних навантажень буде меншою за ціну бурового яса при інших рівних складових формули(10);
- 2) продуктивність роботи даного пристрою та його термін служби в КНБК при бурінні свердловини будуть дещо більшими за відповідні показники для бурового яса при інших рівних складових формули(10);

3) загальний час ліквідації аварії чи геологічного ускладнення із застосуваннями даного пристрою буде меншим за відповідний час застосування бурового яса при інших рівних складових формули(10);

4) загальна кількість ударів на відказ пристрою для створення дискретно-розподілених ударних навантажень буде більшою, ніж у бурового яса при інших рівних складових формули (10).

Вищенаведені формулювання стосуються умов так званої нульової ефективності, які вказують на шляхи збільшення економічної ефективності пристрою [4], порівняно із застосуванням бурового яса у складі КНБК. У винаході [4] частково або більш-менш повно реалізовані перші три вищенаведені умови.

Викладені методи розрахунку економічної ефективності за формулами (1) – (10) базуються на тому, що всі витрати, а також доходи як економія на витратах, приурочені до якогось одного моменту часу, тоді як реально ці потоки коштів рознесені в часі, а отже мають різну вартість. Для врахування фактору часу, а також інших чинників впливу на ефективність, все частіше застосовують методи оцінки ефективності інвестиційних проектів, суть яких зводиться до дисконтування надходжень і витрат на певний момент часу. Як відомо, ідея дисконтування ґрунтується на тому, що будь-яка сума коштів, отримана в майбутньому, на теперішній момент часу повинна мати меншу вартість. Методи дисконтування застосовують у випадку, коли при оцінці ефективності потрібно брати до уваги відразу декілька показників ефективності, наприклад: чисту теперішню вартість, внутрішню норму доходу, термін окупності інвестицій/капіталовкладень, рентабельність проекту. При цьому, говорячи про чистий потік платежів як доходів, мають на увазі прибуток від виробничої діяльності разом з амортизаційними відрахуваннями, а як витрат – інвестиції у капітальне будівництво, оновлення основних засобів, а також фондів для створення і накопичення оборотних коштів.

Одним із найпоширеніших методів, що застосовується для оцінки інвестицій/капіталовкладень є визначення терміну окупності. Термін або період окупності $T_{ок}$ – це кількість років, за які відшкодовуються початкові капіталовкладення, тобто

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi}, \quad (13)$$

де, K – початкові капіталовкладення, грн.; Π – грошовий потік, грн.

Хоча формула(13) не враховує вплив фактора часу на зміну вартості грошових коштів, визначення терміну окупності дозволяє досить просто і ефективно оцінити початкові капіталовкладення у придбання або виготовлення пристрою [4]. Так, якщо прийняти за початкові капіталовкладення ціну пристрою для створення дискретно-розподілених ударних навантажень, а за величину Π – величину економічного ефекту від застосування цього пристрою, то з врахуванням інших величин, що ввійшли у формули (1) – (10), можна зробити наступний суттєвий висновок. Витрати на придбання або виготовлення пристрою для реалізації технології дискретно-розподілених ударних навантажень окупляться тим швидше, чим частіше цей пристрій буде вступати в дію за своїм основним призначенням, тобто ударними навантаженнями забезпечувати рухомість колони труб у свердловині. Це можливо тільки тоді, коли конструкція пристрою [4] надасть виконавцю бурових робіт можливість компонувати низ бурильної колони у будь-яких варіантах, визначених проектною документацією на будівництво свердловин. При необхідності забезпечити низ бурильної колони опорно-центруючим елементом (ОЦЕ), це можна зробити, розмістивши ОЦЕ між секціями пристрою [4], але в цьому випадку ОЦЕ не буде захищено від можливої втрати рухомості, а тому ефективність пристрою [4] буде зменшено або ж взагалі втрачено. У цьому плані пристрій [4] буде поступатися буровому ясу, якого можна розмістити в КНБК у будь-якому місці і з будь-яким додатковим інструментом типу центраторів або калібраторів.

Зберегти високу технологічну придатність та, як наслідок, ефективність пристрою [4] можна, розробивши спеціальні конструкції знімних ОЦЕ, які можна було би надійно кріпити на зовнішньому корпусі відповідних секцій пристрою [4] з можливістю демонтажу. При такому підході мова вже йде про економічну доцільність створення КНБК, яка би задовольняла всі вимоги бурового підприємства з проводки похило-скерованої частини свердловин. Виходячи з того, що випадки створення ударних навантажень у такій КНБК з метою попередження аварійності будуть мати стохастичний характер, а отже грошові потоки у часі будуть розподілені нерівномірно, обґрунтувати економічну доцільність нової розробки можна методами дисконтування грошових потоків та капітальних витрат.

Вищенаведені результати досліджень дають змогу сформулювати наступні загальні висновки.

1. Пристрої ударно-вібраційної дії, вмонтовані в КНБК при бурінні свердловини для попередження втрати рухомості бурильної колони, підпадають під вплив різних причин фізичного зносу. Однією причиною цього зносу є знакозмінні навантаження та вібрація при бурінні свердловини, іншою – знос замкової пари пристрою при здійсненні ударних навантажень для забезпечення рухомості колони бурильних труб. Відповідно до цих причин, чинниками фізичного зносу стануть: час механічного буріння/довбання, тобто час знаходження пристрою в складі КНБК, та кількість ударних навантажень, здійснених пристроєм при ліквідації аварії чи геологічного ускладнення в бурінні. Обидва чинники повинні враховуватися при визначенні

економічної ефективності, а отже мати науково-обґрунтовані нормативні значення відповідно до конструктивних особливостей пристроїв ударно-вібраційної дії.

2. Для забезпечення гарантованого ефективного застосування будь-якої конструкції пристроїв ударно-вібраційної дії, вмонтованих у КНБК при бурінні свердловин, необхідно, щоб зносостійкість цих пристроїв від дії знакозмінних навантажень та вібрації під час механічного буріння/довбання була у часі не меншою за зносостійкість замкової пари при здійсненні ударних навантажень за цей же період часу.

3. Розширити сферу застосування пристрою ударно-вібраційної дії можна, забезпечивши запропонованій конструкції високу технологічну сумісність з іншими елементами КНБК та використовуючи їх при проходженні небезпечних інтервалів буріння у зонах геологічних ускладнень.

Перспективи подальшої роботи у даному напрямку можуть стосуватися розробки прийомів моделювання для обґрунтованого використання згаданих вище підходів, оскільки справжні майбутні грошові потоки залежать у тому числі від дії факторів, які визначають геологічні, технічні та технологічні причини виникнення певного геологічного ускладнення.

Література

1. Кунцяк Я.В., Кунцяк Р.Я. Особливості буріння горизонтальних свердловин у зонах залягання нестійких порід. – Науковий вісник ІФНТУНГ – 2013. – №1(23) – с.38-46.

2. Никитин Б.А., Мнацаканов А.В., Оганов С.А. Особенности проектирования наклонно направленных и горизонтальных скважин с большим отклонением от вертикали при разработке морских нефтяных и газовых месторождений. – Строительство скважин на суше и на море – 1998. – №7. – с.2-9.

3. Пути повышения эффективности техники и технологии ликвидации прихватов бурильного инструмента. М.А.Мыслюк, В.М.Чарковский, И.И.Рыбчич, В.Ю.Близнюков, М.Н.Яворский, М.П.Мельник. – М.: ИРЦ Газпром, 1997. – 64с. (ОИ, сер. Бурение газовых и газоконденсатных скважин).

4. Пат.90458, МПК E21B 31/107 (2006.01). Механічний яс. [Текст]/ В.М.Чарковський, В.В.Ткачук; заявник і патентовласник Ів.-Фр.нац.техн.ун-т нафти і газу - №а200604812; заявл.03.05.2006; опубл.11.05.2010; бюл.№9.

5. Чарковський В.М. Про можливість застосування технології дискретно-розподілених ударних навантажень в КНБК для попередження заклинювань під час буріння свердловин. – Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. - №2(51). – с.37-44.

6. Шеин В.А. Экономическая эффективность применения устройства УЛП-190-1 при ликвидации прихватов бурильных труб.// Экономика нефтяной промышленности. – РЖ ВИНТИ. – 1975. - №7. – с.14-17.

7. Витвицький Я.С. Економічна оцінка гірничого капіталу нафтогазових компаній. – Івано-Франківськ, ІФНТУНГ. – 2007. – 431с.

8. Стандарт підприємства ВАТ «Укрнафта» «Збірник 49 ресурсних елементних кошторисних норм «Свердловини на нафту й газ». – СТП 320.00135390.154 – 2003. – 268с.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2016 р.
Рекомендовано до друку д.е.н., проф. Данилюком М. О.

УДК 334.7

СИСТЕМА ІНТЕГРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА У ГАЗОТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Бакай М. Л.

ПАТ «Укртрансгаз», НАК «Нафтогаз України», Кловський узвіз, 9/1, Київ, Київська, 01021 E-mail:75bakay@mail.ru, тел. 044 254 3154

Анотація. Розглянуто методологічні засади та теоретичні підходи до оцінки ефективності та рівня використання потенціалу обслуговуючих систем підприємств газотранспортної галузі. Визначено систему одиничних показників оцінки складових потенціалу сервісного обслуговування підприємств серед яких виокремлено такі групи: кадровий, фінансовий, виробничий, та організаційний потенціали. Обґрунтовано необхідність побудови інтегрального показника оцінки ефективності та рівня використання сервісного потенціалу підприємств на основі використання функції Харрінгтона. Запропонована унікальна методика оцінки ефективності використання потенціалу обслуговуючих систем що дозволить комплексно оцінити рівень його використання. На основі теоретичних узагальнень та методологічних досліджень в напрямі оцінювання потенціалу систем господарювання визначено основні рішення, що можуть