

## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН

*Р.С. Яремійчук (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ)*

*Розглядаються тенденції розвитку технології буріння в Україні на основі розробки динамічної інтенсифікації процесу руйнування породи на вибої, використання електробурів та телесистем для буріння горизонтальних свердловин в низькопроникних горизонтах, рекомендуються шляхи раціонального використання енергії в компоновках низу бурильної колони. Особливо велику увагу необхідно приділяти новим технологіям розкриття пластів та освоєння свердловин.*

В Україні існують найрізноманітніші умови, що супроводжують буріння свердловин. В Карпатському регіоні, навіть у межах освоєних глибин, а це 3000-4000 м, продовжують залишатися актуальними проблемами збереження прямолінійності стовбурів, тобто буріння в умовах стабільних величин зенітного та азимутального їх викривлення. На Волино-Поділлі та Південному нафтогазовосному регіоні (Одеська область, родовища Саратської групи) пластові тиски на 30% є меншими від гідростатичних, а тому розвідувальні роботи, які проводилися там десятки років, не дали змоги отримати промислові величини припливів із свердловин і практично ввести родовища в розробку (крім Локачівського газового), бо тиски на пласти бурових розчинів в процесі їх розкриття у два рази перевищували пластові, а під час цементування колон – у три рази. У Східному регіоні (ДДЗ) залишаються актуальними проблеми збереження стійкості стовбура свердловин в умовах сольової агресії та запливання стовбурів в інтервалах бішофітових солей.

У зв'язку зі зменшенням пластових тисків в процесі розробки багатьох родовищ України також з'явилася проблема буріння свердловин на рівновазі пластових тисків і тисків у свердловині. Особливо це актуально для газових родовищ, коли пластові тиски істотно знижуються в процесі їх експлуатації.

Державними програмами передбачені масштабні роботи з розбурювання шахтних полів Донбасу, де прийдеться прокладати десятки тисяч свердловин глибиною 1000-1250 м в умовах, коли пластові тиски становлять від 4,5 до 7 МПа при невеликих продуктивностях пластів.

*Tendencies of drilling technology development in Ukraine are overviewed considering the development of dynamic intensification of bottom formation destruction process, use of electrodrills and telesystems for horizontal holes drilling in low permeability horizons is described, the ways of rational use of energy in configurations of a boring column bottom are recommended.*

*Main emphasis should be given to new technologies of layers discovery and wells development.*

Існують і інші проблеми, що стосуються стійкості стінок свердловин, буріння в умовах агресивного середовища (сірководню), аномально високих температур. Особливо дуже важливою проблемою є забезпечення якісного кріплення свердловин, особливо горизонтальних.

Крім цих, переважно технологічних проблем, існує проблема забезпечення бурових підприємств сучасними буровими верстатами. Існуючий парк бурових верстатів практично зношений, а заходи, що впроваджуються ВАТ "Укрнафта" та ДАТ "Укргазвидобування", носять здебільшого ремонтний характер. Управління бурових робіт використовують морально застарілі бурові верстати російського виробництва, які до того ж споживають на 40% більше енергії, ніж аналогічні верстати американського виробництва, не кажучи вже про астрономічно велику різницю в тривалості їх монтажу і демонтажу. Саме цей фактор є основним у тому, що українські бурильники не можуть знайти ринку праці в країнах, які зацікавлені в бурінні розвідувальних та експлуатаційних свердловин на своїх територіях.

Попередні підрахунки свідчать, що буровикам України в найближчі десять років необхідно буде купувати щорічно приблизно 30 верстатів для буріння свердловин глибиною від 3000 м до 6000 м, а також близько 40 верстатів для капітального ремонту свердловин в межах тих же глибин. Враховуючи досвід західних компаній, Україні можна було би мати два типи бурових верстатів – один для буріння глибоких свердловин і один для буріння свердловин до 3000 м. Цей останній тип верстата з деяким спрощенням слугував

би і для ремонту глибоких свердловин. Проектування цих верстатів та їх виготовлення на українських машинобудівних заводах повинні би враховувати необхідність забезпечувати високу монтажездатність верстатів та їх оперативне транспортування всіма видами транспорту (автомобільним, залізничним, річковим та морським), а також можливість використання гнучких бурильних та насосно-компресорних труб. Залучення до виготовлення цих верстатів багатьох машинобудівних підприємств України дасть змогу у відносно короткий термін освоїти їх виробництво.

Терміни буріння глибоких свердловин в Україні істотно різняться від аналогічних термінів у західних компаніях. Застосування ліцензійних доліт російського та українського виробництв не забезпечує високих проходок на долото та швидкостей буріння, які б скорочували розрив між досягненнями західних компаній та рівнем українських буровиків. Причини цього лежать як у низькій якості їх виготовлення, так і в технологіях буріння.

Світова наука і практика буріння свердловин за останні 10-15 років досягли значних успіхів, що дає змогу бурити глибокі та надглибокі свердловини довжиною 5-12 км за 7-8 місяців (родовища Фітч Фарм в Північному морі та інші). Ці результати досягнуто не лише за рахунок застосування досконалого обладнання та інструменту, а й за рахунок розвитку нового етапу техніки і технології буріння свердловин. Цьому сприяє те, що тепер спостерігається глобальний перехід на буріння горизонтальних свердловин з підвищеними вимогами до керування швидкістю просування вибою і напрямом траєкторії стовбура свердловини.

Передові західні фірми в 70-80 роках досягли фактично межі в удосконаленні техніки і технології традиційного для них роторного буріння, а з 80-х років минулого століття для буріння похилих і горизонтальних ділянок свердловин стали використовувати об'ємні гідравлічні двигуни. Для ліквідації розриву між моторесурсом сучасних бурових доліт і об'ємних гідравлічних двигунів з середини 90-х років, а також з метою буріння у виснажених низьконапірних горизонтах західні компанії стали орієнтуватися на використання електробурів, здатних працювати при високих температурах на вибої.

В Україні буріння горизонтальних свердловин сьогодні є скоріше винятком, ніж правилом. Хоча світова практика експлуатації таких свердловин підтверджує, що при горизонтальних свердловинах дебіти їх на порядок вищі, ніж у вертикальних при одночасному істотному зростанні коефіцієнта нафтогазо-конденсатовіддачі родовища.

Таким чином, українським буровикам прийдеться вирішувати в найближчі роки декілька основних проблем, які пов'язані з наявним відставанням нашої технології від здобутків західних бурових компаній.

Традиційно на родовищах Прикарпаття, де експлуатуються менілітові відклади, після закінчення буріння свердловин вся продуктивна товщина перекривалася експлуатаційною колоною, цементувалася, а пізніше всі продуктивні прошарки за рекомендацією геофізичних служб перфоровалися або ж у зону залягання менілітових відкладів спускали експлуатаційну колоною у вигляді фільтра. При освоєнні свердловин депресія на пласт ( $\Delta P_D = P_{пл} - P_c$ , де  $P_{пл}$  – пластовий тиск;  $P_c$  – тиск у свердловині, при якому починався приплив нафти з колекторів) створювалася на всю продуктивну частину пласта. Гідродинамічні дослідження таких свердловин давали усереднену величину проникності, скін-ефекту і по суті на родовищах немає оцінки фільтраційних характеристик окремих прошарків. Оскільки за даними кернавого матеріалу ці прошарки мають різну проникність, яка різниться між собою у 3-5 разів, а весь колектор є єдиною гідродинамічною системою, то при виклику припливу із пласта починається фільтрація нафти з пласта у свердловину з прошарків з більшою проникністю або з тих прошарків, які менше закольматовані у процесі буріння та при цементуванні колон. Решта пропластків ніколи не вступають в експлуатацію, бо на них уже діє менша депресія зі сторони свердловини, частково або повністю заповненої нафтою.

Те ж саме спостерігається при освоєнні нагнітальних свердловин. При репресії на пласт близько 15 МПа вода поступає у шари з більшою проникністю, а в прошарки з меншою проникністю вода може зовсім не поступати або ж проникає на величину, яка зрівноважується більш високими опорами руху води за рахунок меншої проникності прошарків. За даними професора М.Н. Михайлова, якщо у пластовій системі є прошарки, які за проникністю різняться у 3 і більше разів, то для того, щоб при однакових тисках нагнітання вода проникала у прошарки з меншою проникністю, треба прокачувати у 28 разів більше рідини, ніж у прошарки з найбільшою проникністю. Але це нереально. Звідси парадокс розробки, наприклад, таких менілітових покладів як у Долинському родовищі – коефіцієнт нафтовилучення досяг 0,159, а обводненість становить 92-99%. Це означає, що експлуатується лише частина прошарків, вони ж обводнюються, а решта прошарків ніколи не вступала в розробку. Сьогодні розбурювання прошарків з меншими проникностями горизонтальними стовбурами може дати

збільшення дебітів до 20-30 т/добу, а кількість таких свердловин в Карпатському регіоні може бути декілька сотень.

Тому важливо поставити належними чином геофізичні та гідродинамічні дослідження свердловин з визначенням на новій базі системи розробки низькопроникних прошарків горизонтальними свердловинами.

Щодо горизонтального буріння свердловин, то варто першочергово його реалізувати на родовищах Карпатського регіону, які довго експлуатуються (Спас, Гвізд та інші) в пластах, які наполовину або третину є менш проникними, ніж найбільш проникні, бо очевидно ці пласти чи прошарки покладів ніколи не вступали в розробку. Це дало б можливість збільшити коефіцієнт нафтогазовилучення та збільшити дебіт таких свердловин у 5 і більше разів порівняно з вертикальними свердловинами.

За рахунок буріння таких свердловин видобуток нафти з родовищ Прикарпаття можна подвоїти. Спеціалісти-буровики з Долинського УБР володіють відповідною технікою та мають необхідний виробничий досвід буріння.

Дуже актуальним залишається істотне покращання технології буріння за рахунок таких чинників:

### **1. Використання унікальної у світі техніки електробуріння, розробленої в Україні (електробурів, телесистем, механізмів викривлення).**

В умовах розвитку світового буріння доцільно врахувати, що в м. Харкові в СКТБ "Потенціал" розроблено, виготовлено і реалізовано унікальну у світі бурову та вимірювальну техніку. Є всі передумови для виникнення в Україні визнаного в світі центру електробуріння. Використання можливостей електробурів, який не накладає практично ніяких обмежень на буровий процес, сприятиме подальшому розвитку буріння в майбутньому.

Щодо цього чинника, то єдиним фактором, який може стримувати широке впровадження цієї техніки, є проблема струмопідведення.

Для її вирішення треба створити систему гідродоставки кабеля живлення та під'єднання-від'єднання електричного кабеля до електробура.

При наявній техніці може бути зроблено серйозний стрибок у розвитку ефективності електробуріння за рахунок того, що, оскільки електробур, будучи приводом долота, є одночасно чутливим давачем процесу руйнування породи, то в реальному масштабі часу він може використовуватися для прийняття технологічних рішень в умовах оперативного керування поглибленням вибою свердловини

і зміни його траєкторії залежно від типу профілю свердловини.

### **2. Формування динамічно інтенсифікованої технології спрямованого буріння**

При розгляді цього чинника необхідно сконцентрувати зусилля дослідників над вирішенням таких питань.

Досвід буріння свідчить, що резерви підвищення ефективності процесу, відображені в традиційних науково-технічних напрямках, що не торкаються динамічних явищ в привибійній зоні свердловини, на сьогоднішній день можна вважати практично вичерпаними.

Раціональне використання енергії, що підводиться до вибою, може бути досягнуто шляхом застосування пристроїв для динамічної дії на породоруйнівний інструмент і гірську породу. Інтенсивна вібрація долота здатна різко підвищити механічну швидкість буріння. Однак в економічному відношенні високий приріст механічної швидкості буріння, досягнутий за рахунок вібрації, ніколи не буде виправданим через підвищене спрацювання опор і озброєння доліт, виникнення знакозмінних напруг в елементах бурильної колони, погіршення умов експлуатації поверхневого обладнання. Негативний вплив коливальних долат на роботу бурильної колони викликав появу наддолотних амортизаторів різних конструкцій. Хоча їх використання в більшості випадків поліпшує показники буріння, однак не завжди забезпечує бажаний результат. Відомі випадки, коли механічна швидкість буріння не тільки не підвищувалася, а, навпаки, знижувалася. Не завжди використання віброзахисних пристроїв запобігає руйнуванню елементів бурильної колони. Крім того, бурові амортизатори знижують коефіцієнт корисної дії (ККД) процесу руйнування гірської породи внаслідок зниження динамічної складової зусилля, що діє на вибій. При цьому значна частина енергії, яка підводиться до вибою, беззворотно втрачається, перетворюючись на тепло.

Поряд з цим результати експериментальних, теоретичних і промислових досліджень свідчать, що використання енергії коливальних долат на вибої для інтенсифікації руйнування гірської породи разом з одночасним зменшенням негативної дії вібрації є значним резервом зростання техніко-економічних показників буріння.

Сьогодні нами в ІФНТУНГ розробляються на рівні винаходів: спосіб обертового буріння прямолінійних ділянок свердловин, компоновка низу бурильної колони такого буріння, пристрій гідронавантаження долота та ультразвукові кавітаційні промивні пристрої. Ці п'ять винаходів, на наш погляд, дають змогу істотно підвищити ефективність

буріння та попередити виникнення поломок бурового інструменту.

Поставлене завдання реалізується за рахунок того, що в компоновку низу бурильного інструменту (КНБК) включають пристрій гідравлічного навантаження, наддолотні ексцентричні опорно-центруючі елементи, відстань між віссю яких і контактними поверхнями є більшою від радіуса свердловини та опорно-центруючий елемент, що розташований в нейтральному перерізі бурильної колони над пристроєм гідравлічного навантаження. В процесі буріння, при включенні циркуляції бурового розчину, гідравлічний двигун обертає породоруйнівний інструмент, а за рахунок перепаду тиску в пристрої гідравлічного навантаження виникає певної величини гідравлічна сила, яка передається на долото. Під її дією долото притискається до вибою. В той же час, за рахунок пружних зусиль в ексцентричних наддолотних опорно-центруючих елементах, які зумовлені його конструктивними особливостями (відстань між віссю елемента і його контактними поверхнями більша від радіуса свердловини), виникає фрикційна взаємодія між їх контактними поверхнями і стінками стовбура свердловини. В результаті попереджується виникнення поперечних коливань, а також зменшується вертикальне переміщення КНБК, що значно стабілізує умови роботи долота. Паралельно з ексцентричними опорно-центруючими елементами в даному випадку працює пристрій гідравлічного навантаження, який відіграє також роль гідравлічної пружини. При цьому він гасить додаткові вібрації КНБК і направляє їх енергію на долото, чим покращує його роботу. Опорно-центруючий елемент, що розташований в нейтральному перерізі бурильної колони, виконує функції центратора бурильної колони і попереджує виникнення її поперечних коливань і тим самим захищає колону бурильного інструменту від поломок в найбільш небезпечному місці.

Пристрій гідравлічного навантаження служить також роздільником бурильної колони, коли вся бурильна колона перебуває у стані розтягу, а лише нижня її частина у вигляді компоновки низу бурильної колони передає навантаження на долото за рахунок перепаду тиску у компоновці. Буріння горизонтальних свердловин підтверджує, що відсутність у складі бурильної колони обважнених бурильних труб значно підвищує швидкість буріння.

Звичайно, структурні елементи обладнання динамічної дії на вибій свердловин можуть бути різними та включати в себе вібратор, пристрої ударної дії, струминний насос, один або два амортизатори тощо.

На нинішньому етапі доцільно залучити

спеціалістів з інститутів Національної Академії Наук України для теоретичного обґрунтування теорії динамічного руйнування порід та для створення разом з ІФНТУНГом та галузевими науково-дослідними інститутами технічних засобів для такого буріння.

Нами розробляється також система інтенсифікації процесу руйнування гірських порід під час буріння свердловин за рахунок ультразвукової кавітації. Гідроакустичні перетворювачі енергії, включені в компоновку низу бурильної колони, можуть бути використані для підвищення ефективності процесу руйнування гірських порід. Основними фізичними чинниками дії, на яких побудовано використання потужного акустичного поля, є ефект зниження критичного тиску руйнування породи і збільшення обсягу руйнування. Використання ультразвуку в процесі руйнування гірських порід під час буріння свердловин, насамперед пов'язане з явищем ультразвукової кавітації.

В розробці цих питань на кафедрі морських нафтогазових споруд ІФНТУНГ беруть участь І.В.Воевідко, Т.Р.Шандровський, Я.М.Фем'як, С.Я.Саврей, а також такі визнані інженери-буровики, як І.Й.Рибчич, Д.І.Козмин, Я.С.Яремійчук та інші.

Важливою проблемою є розкриття продуктивних горизонтів та освоєння свердловин. Ці два технологічні етапи спорудження свердловин є взаємопов'язаними. Від якості розкриття пластів залежить, яка частина з них вступає в розробку та експлуатацію, а яка – ні. Важливим є отримання інформації про стан привибійної зони кожного прошарку, більшого за розміром від 6 м, тобто оцінка скін-ефекту на базі гідродинамічних досліджень, розміру привибійної зони зі зміненою проникністю, а також отримання інформації про тип порід та структуру порового простору. Всі ці дані є базовими для проектування технології освоєння свердловин, яка повинна забезпечити покращання проникності порід у привибійній зоні.

Для родовищ з низькими пластовими тисками єдиною альтернативою надійного розкриття пластів є буріння в умовах рівноваги тисків у свердловині і пласті або ж буріння з одночасним нафтогазопроявами. В 70-х роках в Україні проводився широкомасштабний проект розкриття продуктивних горизонтів пінним потоком або газорідиною сумішшю, які створювалися бустерними системами (розроблювачі Ю.С.Лопатін, І.В.Белей, Москва, ВНДІБТ). Такими системами протягом останніх 20-ти років пробурено у Росії понад 200 свердловин в Уралі-Поволжжі. У 1972 р. в процесі буріння свердловин на Великих Мостах був отриманий дебіт свердловин близько 100 тис. куб. м за добу.

Особливу увагу треба приділити застосуванню хімічних методів дії на пласт з поєднанням їх з методами імпульсно-хвильової дії на пласт (методи багаторазових імпульсів, багаторазових миттєвих депресій та репресій, ультразвукової кавітації тощо). Ці методи дають змогу істотно збільшувати дебіти свердловин та покращувати всю систему розробки родовищ.

Розроблені в ІФНТУНГ під науковим керівництвом автора струминні апарати знайшли широке застосування в Росії та не дуже значне в Україні.

Струминні апарати доцільно використовувати також для експлуатації свердловин з високов'язкою нафтою та для освоєння газових свердловин з аномально низьким пластовим тиском після гідророзриву.

Безперечно, підняті нами питання не виключають необхідності вирішувати й інші технологічні аспекти буріння. Але вони є визначальними для перспектив розвитку української технології буріння на майбутнє.

### Література

1. Яремійчук Р.С., Байдюк Б.В. Напрямки створення української технології буріння свердловин, конкурентноспроможної на світовому рівні // Нафт. і газ. пром-сть. – 1997. – № 4. – С. 17-18.

2. Яремійчук Р.С., Фем'як Я.М. Інтенсифікація процесу руйнування гірських порід під час буріння свердловин внаслідок дії ультразвукової кавітації // Нафт. і газ. пром-сть. – 2000. – № 3. – С. 22-23.

3. Фем'як Я.М., Яремійчук Р.С. Розробка оптимальних режимів кавітаційного руйнування гірських порід // Нафт. і газ. пром-сть. – 2000. – № 6. – С. 19-20.

4. Яремійчук Р.С., Гунька Н.Н., Світлицький В.М. Нові підходи до розробки менілітових відкладів Долинського родовища // Матер. 6-ої Міжнар. наук.-практ. конф. "Нафта і газ України-2000": 3б. наук. праць. – Івано-Франківськ, 2000. – № 2. – С. 165-167.

УДК 622.242 (075.8)

## ПАРАМЕТРИ ТА КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ БУРОВИХ ВИШОК МОБІЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ БУРІННЯ І РЕМОНТУ СВЕРДЛОВИН

*В.І.Векерик, Ю.В.Міронов (ІФНТУНГ, Івано-Франківськ)*

*Піддано чисельному аналізу основні параметри та розглянуто переважачі варіанти конструктивного виконання бурових вишок, якими оснащуються мобільні трейлерні та самохідні установки для буріння і ремонту свердловин.*

Вишки у складі мобільних установок для буріння і ремонту свердловин визначають їх поздовжній габарит у транспортному та вертикальний габарит у робочому положенні. Їх маса сягає 20% від маси комплексу постачання. Корисна висота вишок у непрямий спосіб впливає на продуктивність праці і витрати часу на виконання СПО. Мобільність установок загалом безпосередньо залежить від конструкції, габариту та способу транспортування комплектуючих вишок. Вишки служать монтажною базою для обладнання за широким переліком, вони визначають розміри робочого простору довкола ротора. Зважаючи на викладене, можна стверджувати, що необхідною умовою конкурентноспроможності установок для буріння та ремонту свердловин є їх комплектація вишками високого технічного рівня.

*Main characteristics of derricks are the subject to numerical analysis, predominating design types of derricks, which are mounted on portable and telescoping masts of drilling/workover rigs are overviewed.*

В Україні плануються значні обсяги бурових робіт з невеликою проектною глибиною свердловин (на метан у вугільних покладах, на воду тощо), також існує численний фонд експлуатаційних нафтових і газових свердловин, що постійно потребують ремонту. Тому проблема створення і серійного виробництва мобільних установок відповідного призначення та високого технічного рівня є вельми актуальною.

Для вивчення світового досвіду в галузі проектування та виготовлення бурових вишок, що ними комплектуються названі установки, опрацьовано комплекс з 37 технічних параметрів, якими з достатньою для поставленої мети повнотою характеризується призначення, застосовність, комплектність, несуча здатність, конструктивно-геометрична схема та матеріаломісткість вишок. Розроб-