УДК 622.248.058.6

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМАТИКИ УДАРНИХ МЕХАНІЗМІВ ЯК УЗАГАЛЬНЕННЯ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИНТЕЗУ ЇХ ОСНОВНИХ МОЖЛИВИХ СХЕМ

[1]С.А.Рибачук, [2]В.Г.Ясов, [3]Р.П.Верстюк

[1] *Хрестищенське ВБР, 63343, с. Наталине, Красноградський р-н, Харківська обл., вул. Червоноармійська, 7, тел. (05744) 71228 , e-mail: khvbrburgaz@gasdob.com.ua*

[2] *ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153, e-mail: drill@nung.edu.ua*

[3] *УкрНДІГаз, 61125, м. Харків, Красношкільна набережна, 20, тел/факс (0572) 213755, e-mail: gaz@ukrniigaz.kharkov.ru*

Приводится описание существующих на сегодняшний день конструкций основного узла ударного механизма для освобождения бурильных колонн в случае их прихвата, каким является захвато-освобождающее устройство (ЗОУ). Приведены признаки рациональности ЗОУ, проведен сравнительный анализ ЗОУ и на их основе предложена наиболее рациональная конструкция, которую целесообразно использовать при условиях, отвечающим условиям бурения на Днепровско-Донецкой впадине.

The study describes today's structures of the percussive mechanism basic node for the drillstems' release in cases of their tacking which is called as catching-releasing device (CRD). Rationality criterions of CRD are considered, the comparative analysis is realized and on their basis the most rational structure is inferred what one can use under conditions which correspond to drilling conditions on Dnieper-Donets Depression.

На сьогоднішній день перспективи розвитку буріння як основного виду робіт в напрямку відкриття нових покладів вуглеводнів перш за все пов'язані з питанням проведення бурових робіт на великих глибинах, які характеризуються малою адекватністю прогнозної інформації про гірничо-геологічну характеристику розрізів площ, на яких проводяться пошукові роботи, реальній.

Буріння свердловин на площах з недостатньо вивченим розрізом та зростання глибин буріння є прихованими передумовами виникнення аварійних ситуацій, найбільш поширеними та важкими з яких, згідно з проведеним аналізом аварійності при бурінні свердловин ФБУ "Укрбургаз", є прихоплення колон бурильного інструменту.

Сьогодні ліквідації важких прихоплень пов'язані із застосуванням ударних механізмів одиничної дії, практичне застосування яких показало відомі переваги та недоліки.

До складу конструкції будь-якого ударного механізму входять бойок і ковадло, по якому ударяє бойок наприкінці фази розгону. Чим вища швидкість удару бойка по ковадлу, тим більша сила і енергія удару, що передається зоні прихоплення.

Основним вузлом ударного механізму є захоплювально-звільнюючий пристрій (ЗЗП), призначення якого полягає в утриманні бойка у вихідному стосовно ковадла положенні при поздовжній пружній деформації бурильної колони, на якій ударний механізм спущений у свердловину, і в подальшому швидкому звільненні бойка в момент досягнення деформацією заданого значення. При деформації бурильної колони в ній накопичується потенціальна енергія, яка після розчеплення ЗЗП забезпечує розгін бойка і удар по ковадлу. Удари повторюють до звільнення прихопленого інструменту. Ефективність кожного удару при інших рівних умовах визначається швидкістю удару бойка по ковадлу і в цілому кінетичної енергії удару. В свою чергу розгін бойка ударного механізму, а відповідно і молота забезпечується перетворенням потенціальної енергії пружної бурильної колони як пружини в кінетичну енергію ударної маси ОБТ, тобто молота.

Ефективність роботи цієї своєрідної пружини-стрижня значно залежить від сили тертя її зі стінками свердловини. Розподілена нерівномірно по довжині сила тертя сильно зростає на викривлених ділянках свердловини, в зонах локальних перегинів стовбура, при високих густині і структурно-механічних властивостях бурового розчину, загальній забрудненості стовбура свердловини та інше.

По напрямку удару ударні механізми варто розподілити на три групи: прямої, зворотної і подвійної дії відповідно для ударів вгору, вниз і будь-якого напрямку. Звичайно, ударний механізм подвійної дії є кращим. У ньому є дві пари поверхонь (бойок-ковадло), що самовдаряються. Удар вгору забезпечують за рахунок пружного розтягання бурильної колони понад власну вагу, а вниз – за рахунок її часткового розвантаження на механізм і тим самим пружного стиску нижньої ділянки під дією власної ваги. В окремих випадках за допомогою ударних механізмів створюють імпульсно-хвильовий вплив на зону прихоплення без удару бойка по ковадлу.

Найбільш важливим принципом систематики ударних механізмів є систематика їх за типом захоплювально-звільнюючого пристрою, тобто ЗЗП, який, як зазначено вище, повинен забезпечити утримання і звільнення бойка, інакше – зачеплення і розчеплення, причому розчеплення стосовно технологічних можливостей процесу буріння і роботи ударного механізму повинно відбутися тільки після пружної поздовжньої деформації бурильної колони.

Функція ЗЗП щодо утримання бойка забезпечується силою захоплення. Для формування цієї сили, з огляду на реальні умови роботи ударного механізму в свердловині, можна використовувати тертя, силу тяжіння, механічне зачеплення, магнітне поле чи комбінацію деяких з них.

Раціональність ЗЗП можна оцінити за такими ознаками:

1) спосіб зарядки ЗЗП (поздовжнє переміщення, поворот бурильної колони чи їхня комбінація; напрямок повороту);

2) зусилля, потрібне для зарядки;

3) наявність чи відсутність зв'язку між зусиллям зарядки і зусиллям розчеплення;

4) можливість створювати різну силу розчеплення без складних маніпуляцій;

5) можливість автоматично чи механічно змінювати хід бойка, узгоджуючись із силою розчеплення;

6) вплив глибини свердловини і властивостей бурового розчину на силу розчеплення;

7) характер і величина переміщення (руху) бурильної колони на фазі розчеплення: тільки поздовжнє переміщення чи поздовжня деформація й обертання; характер обертання; примусове ротором чи самовільне при загальмованому роторі;

8) наявність зв'язку або його відсутність між зусиллям розчеплення і перепадом тиску в корпусі ударного механізму;

9) можливість герметизації (захисту) ЗЗП від зовнішнього середовища бурового розчину;

10) простота, довговічність конструкції і її ремонтоспроможність, мінімально необхідні радіальні розміри.

Найбільш раціональна конструкція ЗЗП відповідає такій характеристиці перерахованих ознак:

а) для зарядки і розчеплення доцільно використовувати тільки поздовжнє переміщення бурильної колони; при роботі ударного механізму крутний момент на бурильну колону не передається; переміщення бойка на фазі розчеплення мале (пп. 1,7). В цьому випадку шток має один ступінь переміщення стосовно корпусу ударного механізму і для передачі крутного моменту можна використовувати шпонкове або шліцове з'єднання, що забезпечує надійність і простоту виконання (пп. 2,3);

б) зусилля зарядки невелике і не впливає на силу розчеплення;

в) можна створювати різну силу розчеплення; хід бойка автоматично або механічно змінюється, узгоджуючись із силою розчеплення. Справа в тому, що при збільшенні сили розчеплення пропорційно зростає пружна деформація бурильної колони; в цьому випадку для одержання максимально можливої швидкості, а отже, і сили удару необхідний більший хід бойка і навпаки (пп. 4,5);

г) глибина свердловини, а також властивості бурового розчину не впливають на силу розчеплення (п. 6);

д) при роботі ударного механізму не виникає великих перепадів тиску, можна забезпечити герметизацію ЗЗП від бурового розчину й ін. (пп. 8, 9, 10). Герметизація ЗЗП від зовнішнього середовища і заповнення внутрішньої порожнини, наприклад, маслом, дозволить зменшити і стабілізувати силу тертя між взаємодіючими деталями, що попередить їхній швидкий знос і т.п. Це надасть УМ підвищену довговічність і технологічність при ліквідації прихоплення. Конструкція ЗЗП не вимагає великого діаметра.

Звичайно, усі ці ознаки важко сполучити в одному типі ЗЗП, тому перевагу варто віддавати головним факторам, які визначають ефективність і довговічність роботи ударного механізму.

До різновиду ЗЗП, у якому використовується сила тертя (в'язкого, граничного, сухого), варто віднести "поршень у циліндрі" і конусну пару. У першому з них опір розчепленню створюється через перетікання в'язкої рідини крізь дроселюючі канали, що з'єднують дві порожнини циліндра, розділені поршнем. Чим коротший поршень (або циліндр), тим менший шлях його переміщення до моменту розчеплення ЗЗП. У граничному варіанті поршень може мати форму, близьку до диска, а циліндр – кільця відповідної товщини. Однак в останньому випадку потрібна надійна система ущільнень і особливе виконання контактних поверхонь. У протилежному випадку виконавець робіт не встигне натягнути бурильну колону для досягнення заданого зусилля розчеплення.

Перепад тиску на поршні в момент розчеплення як завжди залежить від активної площі поршня і зусилля розчеплення.

Для реалізації роботи такого ЗЗП потрібна рідина досить високої в'язкості з огляду на температурний режим у свердловині й ін. ЗЗП цього типу відповідає більшості ознак раціональності (див. вище), тому на його основі був створений гідравлічний ударний механізм конструкції ВНИИБТ (ГУМ).

ЗЗП у вигляді конусної пари відповідає багатьом ознакам раціональності. Однак зусилля зарядки перевищує зусилля розчеплення і знаходиться за відомою залежністю [1]. Таке ЗЗП можна використовувати тільки в ударному механізмі прямої чи зворотної дії.

Зусилля розчеплення у конусній парі, як відомо, створюється через граничне, напівсухе чи сухе тертя на поверхнях, що контактують. Тому коефіцієнт тертя повинен підтримуватися приблизно постійним, а ЗЗП необхідно поміщати в герметичну камеру, заповнену спеціальною рідиною, наприклад, маслом.

Сила тяжіння для роботи ЗЗП стосовно ударного механізму прямої дії може бути вико-

ристана при підйомі стовпа бурового розчину. Такий принцип реалізується при виконанні ЗЗП за схемою: "поршень у циліндрі" з установкою зворотного клапана у нижній частині циліндра. У камері над поршнем при натягу бурильної колони виникає розрив суцільності рідини, і тиск визначається пружністю пари. Тиск над поршнем у всіх випадках буде рівним гідростатичному. Розчеплення ЗЗП відбувається в момент, коли поршень, переміщуючись вгору, увійде у верхню частину циліндра, що має більший діаметр. У цей момент відновлюється гідравлічний зв'язок між частинами циліндра і можлива циркуляція бурового розчину через ударний механізм. Можливі різновиди виконання цього ЗЗП, коли камера під поршнем з'єднана дроселюючим отвором із внутрішньою порожниною бурильної колони, розташованої вище чи нижче ударного механізму. Це дає змогу уникнути кавітації під поршнем і забезпечити регулювання зусилля розчеплення нижче граничного для конкретної глибини розташування ударного механізму при ліквідації прихоплення. Ця схема ЗЗП за багатьма ознаками менш раціональна, зокрема, тому, що в ній "робочим" агентом є буровий розчин, що містить пісок і дрібні частки шламу та ін.

ЗЗП, що працюють на принципі механічного зачеплення, варто поділити на дві підгрупи. У першу входять ЗЗП, при розчепленні яких має місце пружна радіальна деформація взаємодіючих деталей. Сюди варто віднести ЗЗП типу кнопки. Наприклад, у збуджувачі пружних коливань ("ВУК") для цієї мети використана конічна гвинтова пара. Цей ЗЗП заряджають вгвинчуванням конуса в муфту по різі спеціального профілю. При натягу бурильної колони муфта пружно деформується, конус вислизає з муфти. Відбувається щось подібне до розладу конічного різьбового з'єднання. Зусилля розчеплення за інших рівних умов (форма нарізки, коефіцієнт тертя на поверхнях, що з'єднуються) у даному випадку залежить від конусності муфти. Деформація пружного елемента регулюється глибиною вгвинчування конуса у муфту за рахунок установлення торцевого упора, положення якого задається на поверхні. ЗЗП цього типу працює в середовищі бурового розчину. Викладене вище дає можливість усвідомити всі особливості і недоліки цього ЗЗП.

Інший ЗЗП, який варто віднести до цієї підгрупи, застосовано в механізмі УЛП (пристрій для ліквідації прихоплення), розробленому у "ВНИИКрнефть". У ньому використаний принцип зубцюватої пари бічного зачеплення, яка несамогальмується. Один зуб закріплений на корпусі, а інший з'єднаний зі штоком і відповідно бойком УМ. Для зарядки ЗЗП зубці взаємно зачіпають поворотом бурильної колони. Далі бурильну колону закручують ротором вправо на розрахунковий кут, забезпечуючи накладання заданого крутного моменту і відповідного йому тангенціального зусилля на зубчасту пару і закріплюють ротор. Розчеплення ЗЗП і нанесення удару проводять як звичайно, тобто за рахунок поздовжнього пружного деформування бурильної колони. Бачимо, що ЗЗП розглянутого типу може забезпечити роботу ударного механізму подвійної дії. Безумовно буде краще, якщо цей ЗЗП розмістити в масляну ванну.

Загальний недолік ЗЗП цієї групи полягає в тому, що при розчепленні поверхня контакту безперервно зменшується до нуля. При зусиллі у сотні кілоньютон така кінематика визначає швидкий нерівномірний знос поверхонь, що контактують, зі зміною їхньої форми. Зрозуміло, ЗЗП цього типу може мати тільки один зуб, або декілька, але в одній нормальній осі площини. В протилежному випадку на фазі розгону бойка зуби будуть взаємно зачіпатися, і УМ не буде працювати, тим більше працювати ефективно. При конструюванні УМ з даним ЗЗП варто врахувати можливість тангенційного удару і сили тертя взаємодіючих поверхонь на фазі розгону бойка.

До другої підгрупи ЗЗП, що працюють на принципі механічного зачеплення, варто віднести пристрої, у яких взаємодіючі поверхні штока і відповідна поверхня корпусу перпендикулярні до осі ударного механізму. Розчеплення ЗЗП цього типу можливо тільки при примусовому накладанні крутного моменту після поздовжньої деформації бурильної колони на задану величину. Відоме велике число варіантів виконання цих ЗЗП. Всі вони можуть бути застосовані в ударному механізмі подвійної дії.

Аналізуючи вищевикладене, можна вважати, що найбільш раціональним ЗЗП є ті, в яких використовується сила тертя, а саме: "поршень у циліндрі" і конусна пара, причому перше має перевагу по ряду ознак. Доцільність використання цього ЗЗП зумовлена при бурінні потенційно прихопленнянебезпечних ділянок, а наведений принцип його роботи дає підстави зробити висновок про те, що дана компоновка дає змогу найбільш ефективно ліквідувати прихоплення інструменту в свердловинах в будь-яких умовах.

Як самостійне може розглядатись завдання вибору вмонтованого в компоновку бурильної колони ударного механізму. В кожному конкретному випадку залежно від можливих причин виникнення прихоплення обґрунтовується місце розташування ударного механізму в бурильній колоні, регламентується сила розрядки замкової пари (залежно від міцністних характеристик бурильних труб) і вибирається оптимальний хід бойка з умови забезпечення максимуму за абсолютною величиною імпульсу коливальної системи в момент зіткнення бойка з ковадлом.

Література

1. Левченко А.Т., Падек К.П., Допилко Л.И. Совершенствование конструкции ударного яса и проектирование режимов его работы // РНТС. Сер.: Бурение. – ВНИИОЭНГ, 1974. – Вып. 10. – С.66-69.