

# Техніка і технології

УДК 622.248

## ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ УДАРНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ПРИХОПЛЕНЬ ПРИ БУРІННІ ТА КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ СВЕРДЛОВИН

*В.М. Чарковський**ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42308  
e-mail: drill@nung.edu.ua*

*Изложены основные результаты разработки ударных механизмов с замковыми узлами механического типа для ликвидации прихватов бурильного инструмента. Сформулированы пути дальнейшего совершенствования конструкций ударных механизмов с позиций реализации современных технологий ликвидации прихватов при бурении и капитальном ремонте скважин. Приводится схема и описание компоновки низа бурильной колонны со встроенными ударными механизмами для селективного нанесения ударов вверх-вниз.*

*The basic results of impact tools development with restraining means for making free the stuck drill pipe are set out. The paths for further improvement of impact tools constructions are settled with the position of realization of contemporary technology for making free stuck pipe during drilling and well-workover operation. The scheme of the bottom assembly of drill string is given with built-in impact tools for selective delivering up-and-down blows.*

Подальший розвиток глибокого буріння та збільшення глибин пробурених свердловин зберігає актуальність боротьби з ускладненнями та аваріями як з точки зору їх попередження, так і ліквідації. Важливим для бурових підприємств залишається запобігання прихопленням колон труб, які пов'язані зі значними витратами на їх ліквідацію.

З точки зору економії витрат на ліквідацію прихоплення найбільш ефективними конструкціями ударних механізмів (УМ) визнані такі, що застосовуються в складі КНБК при бурінні свердловини. Ефективність вмонтованих УМ зумовлена як економією на додаткових спуско-піднімальних операціях, порівняно якщо б УМ застосовували окремо при ловильних роботах, так і миттєвим введенням його в дію та руйнуванням ще незначних зв'язків між інструментом і породою у зоні прихоплення. Перспективними можна вважати компоновки, які створюють навантаження на долото під час буріння та наносять ударні навантаження, розподілені по всій довжині КНБК, при виникненні прихоплення [1]. Реалізувати такі конструкції можна у випадку розвантаження замкового вузла УМ від дії вібрації у процесі буріння. Для цього підходять

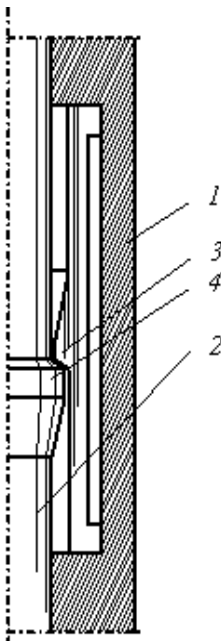
як УМ з гідравлічним замковим вузлом, так і механічні бурові яси із замковими вузлами спеціальних конструкцій.

Вдосконалення та пошук нових конструкцій замкового вузла зумовлені також необхідністю отримання високих динамічних характеристик ударної (коливальної) системи, якою є вільна частина прихопленого інструменту, УМ, аварійна колона бурильних труб. Автори [2], наприклад, обґрунтовували необхідність високих до 1000кН і більше сил розрядки УМ необхідністю його ефективного застосування в імпульсно-хвильовому режимі роботи, який характеризується дією на зону прихоплення широким спектром частот хвиль, що генеруються ударною системою. Взаємодія коливань у зоні прихоплення при цьому може набувати таких характеристик, які за певних умов, а саме місця установки УМ в колоні, його сили розрядки та ходу бойка, жорсткості колони, сил опору в свердловині будуть ефективніше руйнувати зв'язки між прихопленим інструментом та породою, ніж за рахунок ударних навантажень. Коливання генеруються як розрядкою замкового вузла, так і ударом бойка по ковадлу. Залежно від ходу бойка, сили розрядки та розміщення

УМ в колоні можна розрядкою замкового вузла створити односторонні направлені вниз імпульси розвантаження колони труб, розміщених нижче УМ. У цьому випадку імпульсно-хвильовий режим роботи УМ замінить жорсткий удар, направлений вниз.

На кафедрі буріння ІФНТУНГ під керівництвом В.Г.Ясова, а пізніше М.А.Мислюка спільно з ДП «Укрбургаз» була запропонована конструкція УМ з механічною цанговою замковою парою [3] та виконано випробування в стендових умовах і в свердловинах.

Конструкція замкового вузла (рис. 1) включала цангу, розрізану по всій довжині і складену зварними та різьбовими з'єднаннями для рівномірного охоплення та зносу робочих елементів при циклах розрядки-зарядки, та штока з відповідними робочими поверхнями, на яких цанга фіксувала шток від осьового переміщення.



1 – корпус УМ; 2 – шток УМ;  
3 – буртик цанги; 4 – буртик штока

**Рисунок 1** — Схема замкового вузла цангового типу

Цілі і завдання, що ставилися при створенні цього замкового вузла були такими:

1) створити конструкцію УМ, придатного для ремонтування і виготовлення в умовах механічних майстерень бурових підприємств;

2) створити конструкцію УМ з регульованим ходом бойка для оптимізації роботи в складі ударної системи при відповідному режимі;

3) створити конструкцію УМ з можливістю застосування у складі КНБК при бурінні прихопленнянебезпечних інтервалів.

У табл. 1 наведені результати окремо взятого стендового випробування цангової замкової пари (цанга – сталь 45ХГМ(А), HRC 36, гартування в маслі при середньому відпуску; бурт штока – сталь 40ХН, HRC 45, СВЧ). Конструкція цанги передбачала регулювання сили

розрядки-зарядки. Після третього циклу випробування при розрядці із силою 430 кН пройшов зріз робочої поверхні бурта цанги шириною ~3 мм під кутом ~30°. Подальша стабілізація (табл. 1, № 4..22) сили розрядки вказала таким чином на необхідний радіус заокруглення робочих поверхонь буртів цанги і штока.

**Таблиця 1** — Результати стендового випробування замкової пари цангового типу

№ випробування	Теоретична сила розрядки, кН	Фактична сила, кН	
		зарядки	розрядки
1	200	60	250
2	300	80	290
3	400	95	430*
4	-	95	220
5	-	95	240
6	-	95	235
7	-	95	195
8	-	100	240
9	-	95	260
10	-	95	260
11	-	95	195
12	-	95	180
13	-	95	180
14	-	95	180
15	-	95	180
16	-	95	178
17	-	90	180
18	-	90	190
19	-	90	180
20	-	90	180
21	-	90	187
22	-	90	170
...	...	...	...
32	500	230	490
33	500	260	520
34	500	270	510

\*Сила розрядки, при якій цанга зазнала часткового руйнування

Збільшення сили розрядки призвело до значних розходжень у повторюваності циклів випробувань, що свідчить про інтенсивний знос робочих елементів замка. Слід зауважити, що наявність чи відсутність мастила між робочими елементами за таких великих сил розрядки помітно не впливало на тертя у замковій парі.

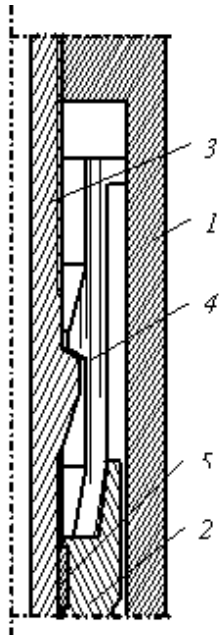
Внаслідок великих сил розрядки цанга отримала незначну пластичну деформацію в радіальному напрямку, що свідчить про доцільність застосування технології попереднього заневолування пружних елементів цанги.

Враховуючи розповсюдженість якісних легированих сталей на бурових підприємствах, аналогічні випробування виконувались також із цанговими замками, виготовленими зі сталі 40ХНМА та сталі 65Г, що дає можливість опти-

мізувати виробництво УМ для різних виробничих умов, виходячи із заданих характеристик.

Проведені випробування засвідчили, що за умови гартування деталей замкового вузла як на пружність, так і твердість поверхні до HRC 50 і вище УМ стабільно спрацьовуватиме при силах розрядки 200..300кН. Для деяких категорій і видів прихоплень така величина розрядки на удар може виявитися недостатньою. З метою підвищення ефективності застосування УМ розроблена технологія ліквідації прихоплень, що передбачає елементи керування параметрами ударної системи для забезпечення її максимальних динамічних характеристик [3]. Встановлено, що серед цих параметрів суттєвий вплив на динамічні характеристики має хід бойка УМ.

На рис. 2 наведена схема, створена на базі цангового замкового вузла, що дає можливість оперативно регулювати хід бойка УМ безпосередньо у свердловині. Конструкція УМ із застосуванням цього замкового вузла [4] передбачає з'єднання його з аварійною колоною у корпусному перевіднику, а перевідником штока з'єднуються з прихопленим інструментом. У корпусному перевіднику розміщений регулювальний гвинт, яким, обертаючи корпус, змінюють розташування бурта штока відносно бурта цанги, а це у свою чергу змінює робочий хід бойка через його розташування відносно ковадла. Роботоздатність цієї конструкції була підтверджена промисловими випробуваннями регульованого ударного механізму РУМ-172. Чергуючи нанесення ударів із зміною ходу бойка від 0 до 1000мм, РУМ дає можливість настроювати таким чином коливальну систему в резонанс, підвищуючи ефективність ліквідації прихоплення.

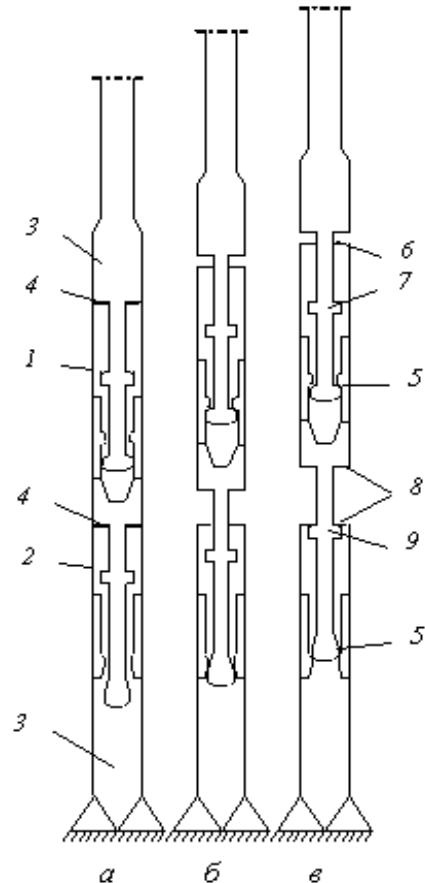


1 – корпус УМ; 2 – шток УМ; 3 – регулювальний гвинт; 4 – цанга; 5 – шпонкове з'єднання

Рисунок 2 — Схема вузла регулювання ходу бойка

Конструкції дослідних зразків відзначалися деякою некомпенсованістю тисків у свердловині та внутрішній камері УМ для здійснення ефекту акселератора в момент розрядки замка, тобто додаткової дії зусилля від перепаду тиску на рухому частину ударної системи, що визначає один з напрямків конструювання УМ, а також ударних компоновок [5].

Конструкція компоновки низу бурильної колони з вмонтованими УМ для нанесення селективних ударів вгору або вниз наведена на рис. 3.



а – при навантаженні на долото;

б – при підніманні інструменту;

в – при створенні ударів вгору або вниз;

1 – УМ верхнього бою; 2 – УМ нижнього бою;  
3 – ОБТ; 4 – поверхні передачі навантаження на долото; 5 – замкові пари УМ; 6 – ковадло;  
7 – бойок; 8 – ударні поверхні; 9 – обмежувач ходу штока

Рисунок 3 — Положення рухомих частин УМ у складі КНБК

До складу КНБК входять УМ верхнього 1 та нижнього 2 бою та ОБТ 3 з іншими елементами КНБК. УМ розміщені тільки в стиснутій частині КНБК, що зумовлено відсутністю жорсткого з'єднання штока з корпусом за допомогою розривних(або зрізних) елементів. Застосування у свій час конструкцій УМ із жорстко зафіксованим відносно корпусу штоком продемонструвало ненадійність такого рішення у вмонтованому в КНБК варіанті.

При бурінні свердловини та створенні навантаження на долото УМ займають в КНБК положення, показане на рис. 3, а. Внаслідок нежорстких зв'язків рухомі частини УМ фіксуються розвантаженням через торцеві поверхні 4 між верхніми перевідниками штоків та корпусами. Виконання замків цангового типу забезпечить в цьому положенні виключення контакту робочих поверхонь замкового вузла, що сприятиме його зносостійкості.

При підніманні бурильної колони для заміни долота УМ займають положення, показане на рис. 3, б. Піднімання інструменту виконується через штоки УМ, які з'єднані з розміщеними вище ОБТ та бурильною колоною і входять в зачеплення своїми замковими деталями 5 з відповідними замковими деталями корпусу. Отже, при виконанні СПО навантаження від сил опору у свердловині передаватимуться на робочі поверхні замкових вузлів УМ.

У випадку заклинювання долота чи елементів КНБК, розміщених нижче УМ, подальше піднімання бурильної колони призведе до розміщення рухомих частин УМ, як показано на рис. 3, в. У цьому положенні деталі замкового вузла 5 нижнього УМ входять в зарядку, і КНБК готова для нанесення селективних «вгору-вниз» ударних навантажень по прихопленому інструменту. Тобто, затяжка чи прихоплення при підніманні інструменту призводить до зарядки нижнього УМ, але зусилля для розрядки верхнього УМ ще не створене. За необхідності нанесення ударів вгору розтягують колону труб із силою, що перевищує силу розрядки замкового вузла верхнього УМ. Удар наноситься бойком 7 по ковадлу 6 і передається на зону прихоплення через нижній УМ та розміщені нижче елементи КНБК. Якщо необхідно створити удар спрямований вниз, колону труб розвантажують. При цьому створюється навантаження на робочі поверхні замкового вузла нижнього УМ через його шток та корпус верхнього УМ. Після розрядки удар наноситься торцевими поверхнями 8 верхнього перевідника штока та верхнього перевідника корпусу.

Для реалізації описаних операцій та зменшення ймовірності прихоплення самих УМ необхідно витримати деякі геометричні співвідношення та вимоги до окремих вузлів УМ:

1)  $l_1 - l_2 = l_{об}$ , де  $l_1$  – відстань між бойком та ковадлом верхнього УМ у зімкнутому (рис.3а) положенні;  $l_2$  – відстань між робочими поверхнями 5 замкового вузла верхнього УМ у зімкнутому положенні;  $l_{об}$  – хід бойка на удар верхнього УМ;

2)  $l_3 = l_4 = l_{обн}$ , де  $l_3$  – відстань між робочими поверхнями 5 замкового вузла нижнього УМ у зімкнутому положенні;  $l_4$  – хід обмежувача 9;  $l_{обн}$  – хід бойка на удар нижнього УМ (відстань між поверхнями 8);

3)  $D_{УМ} \leq D_{зб}$ , де  $D_{УМ}$  – зовнішній діаметр УМ та зовнішній діаметр ОБТ, розміщені

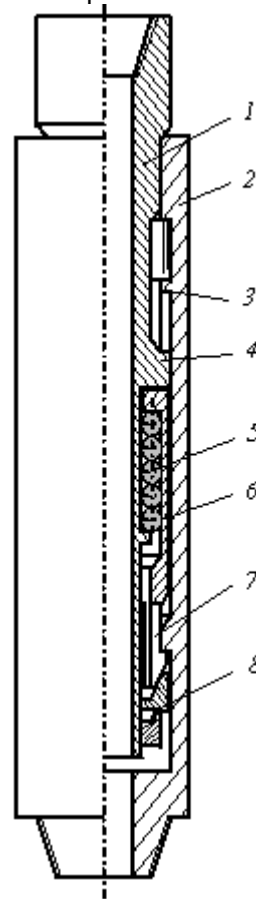
них над УМ;  $D_{зб}$  – зовнішній діаметр замків бурильних труб;

$$4) \frac{F_{розр}}{F_{зар}} \approx 5..10, \text{ де } F_{розр} - \text{ сила розрядки}$$

замкових вузлів УМ;  $F_{зар}$  – сила зарядки замкових вузлів УМ, причому сила зарядки замка нижнього УМ повинна дещо перевищувати регламентовані сили опору у свердловинах при СПО.

Реалізувати другу вимогу можна у випадку виконання обмежувача ходу штока 9 пружно-деформованим (збірної конструкції [1]).

На рис. 4 показана схема УМ із замковим вузлом пружинно-цангового типу, для якого при відповідних характеристиках пружних елементів можна досягти великих сил розрядки та збільшити співвідношення сил розрядки і зарядки. Це дозволило б значно збільшити енергію удару, застосовуючи УМ як в КНБК, так і в імпульсно-хвильовому режимі на великих відстанях від зони прихоплення.



1 – шток; 2 – корпус; 3 – ковадло; 4 – бойок;  
5 – пружинний елемент; 6 – обойма; 7 – цанга;  
8 – регулювальні гайки

**Рисунок 4 — Схема УМ з пружинно-цанговим замковим вузлом**

Особливістю конструкції є те, що цанга 7 виконана заодно із обоймою 6, яка через пружні елементи 5 закріплена на штоку 1. Цанга з обоймою має можливість обмеженого осьового

переміщення внаслідок деформації пружних елементів під дією сили натягу аварійної колони труб. При цьому цанга робочими поверхнями бурта входить в зачеплення з відповідними поверхнями корпусної деталі УМ. На відміну від замкового вузла цангового типу, в якому сила розрядки визначається жорсткістю на згин пружних елементів цанги та кутом взаємодії робочих поверхонь буртів, тут вихід цанги із зачеплення з корпусом проходить по двох поверхнях: власне поверхні зачеплення цанги з корпусною деталлю та поверхні взаємодії цанги з гайками 8, скрученими на різьбовому з'єднанні на штоку з можливістю переміщення по різьбі. Таким чином, сила тертя по цих поверхнях, що виникатиме при розрядці замка, розвантажуватиме пружні елементи 5 від осьової сили, що необхідно враховувати при проектуванні та виборі матеріалу пружних елементів. Основний критерій при виборі матеріалу для пружних елементів – це здатність до сприйняття великої стискуючої сили в межах пружних деформацій. Тому матеріалом для пружних елементів відповідної конструкції може служити як пружинна сталь, так і полімери. Великий досвід застосування пружин такого типу накопичився при розробці бурових амортизаторів. Положення гайок 8 на штоку вибирають таким, щоб забезпечити розрядку замка (необхідну осадку пружини в момент розрядки) під дією заданої сили розтягу аварійної колони труб на удар.

Таким чином, основним науково-технічним завданням, яке необхідно вирішувати при створенні нових УМ, що задовольняли б вимогам сучасних технологій ліквідації та попередження прихоплення, залишається створення відповідних матеріалів з необхідними пружними характеристиками та нових конструкцій пружних елементів.

### Література

1. А.с.СССР 1691504 МКИ Е21В 31/107. Механический ясс / В.Г.Ясов, В.М.Чарковский, А.В.Анисковцев, Л.В.Ясова. – № 4700873/03, опубл. 15.11.91. Бюл. № 42.
2. Панов В.Н., Самогой А.К., Майчуб Ю.Г. Применение устройств импульсно-волнового воздействия для ликвидации прихватов // Н.х. – 1989. – № 5. – С. 27-29.
3. Буріння свердловин / Мислюк М.А., Рибичч І.Й., Яремійчук Р.С. // Довідник. Т.5: Ускладнення. Аварії. Екологія. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 376 с.
4. А.с.СССР 1615326 МКИ Е21В 31/107. Механический ясс / В.Г.Ясов, В.М.Чарковский, А.В.Анисковцев, Е.П.Жуйков. – № 4428577/23-3, опубл. 23.12.90. Бюл. № 47.
5. Ясов В.Г. Автономная ударная компоновка для ликвидации прихвата инструмента в скважине // Н.х. – 2002. – № 6. – С.94-96.

### VIII міжнародна конференція-виставка

## ПРОБЛЕМИ КОРОЗІЇ ТА ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ «КОРОЗІЯ–2006»

м. Львів  
(6-8 червня 2006 р.)

### Оргкомітет конференції

79601, МСП, м. Львів, вул. Наукова, 5  
Фізико-механічний інститут  
ім. Г.В.Карпенка НАН України

Тел./факс: (0322) 63 15 77  
E-mail: pokhmurs@ipm.lviv.ua  
http://www.ipm.lviv.ua

Н. Червінська (тел./факс (0322) 63 15 77)  
С. Корній (тел. (0322) 65 42 53)

### Тематика конференції:

- *Фундаментальні аспекти корозії та корозійно-механічного руйнування*
- *Воднева та газова корозія*
- *Нові корозійнотривкі матеріали*
- *Газотермічні, гальванічні та інші покриття*
- *Неметалеві конструкційні матеріали*
- *Інгібіторний та біоцидний захист*
- *Електрохімічний захист*
- *Методи досліджень і корозійний контроль*
- *Протикорозійний захист трубопроводів і резервуарів*
- *Протикорозійний захист енергетичного та хімічного обладнання*
- *Корозія та екологічні проблеми*
- *Проблеми підготовки спеціалістів-корозіоністів*

Нарада Європейської корозійної федерації  
“Механічні аспекти корозії”  
Секція 2. “Корозія та захист сталевих структур”