

УДК 621.9.048.6.06

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-380415201688790>

Левчук К. Г.¹, к.т.н., Векерик В. І.², д.т.н., Мойсишин
В. М.³, професор, д.т.н.

ГІДРАВЛІЧНИЙ УДАРНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ УСУНЕННЯ ПРИХОПЛЕНЬ БУРИЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ТА ЗАПИСУ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УДАРУ

En The design and principle of hydraulic shock mechanism are described in the article. The examples of shock devices practical application in technological processes of accidents elimination are presented. Ways of improving such mechanisms to intensify the elimination of stuck drilling tools are considered and a new improved design of a device that can determine the force of impact of the mobile device is proposed.

The article is devoted to the elimination of accidents caused stuck drill string, the exploration and the laying of oil and gas wells.

In practice, to eliminate the stuck drilling tools, shock and vibration shock mechanical devices are used. The hydraulic shock mechanism is the most widespread among them. The paper suggests the use of advanced design for this mechanism to increase the effectiveness of elimination stuck, to control the duration of impact, impact strength and build the variation of shock pulse device to investigate the influence of the device physical parameters on the emergency effectiveness. The main feature of the developed hydraulic shock mechanism design is the spindle and the top turnbuckle of square cross section with a preventive meas-

¹ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра нафтогазового обладнання

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

³ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра вищої математики

ure. The data can be used to reduce the duration and the cost of the work to free the drill string and to compile information in order to further improve drilling technology.

Having compared the experimental results and numerical calculations carried out on the basis of the mathematical model of the drill string with mounted hydraulic shock device, developed by the authors, it is possible to make informed choices of operating modes of the emergency drill string layout.

Ru

В статье рассмотрены конструкция и принцип работы гидравлического ударного механизма. Приведены примеры практического использования ударного устройства в ходе ликвидации аварий. Рассмотрены пути совершенствования этих механизмов для интенсификации борьбы с прихватами бурильного инструмента и предложена новая усовершенствованная конструкция устройства, при помощи которого появилась возможность определять силу удара движущейся части прибора.

Вступ

Одним зі шляхів підвищення ефективності боротьби з аваріями, що виникають під час буріння свердловин, залишається удосконалення технологій та поліпшення конструкції устаткування, широке впровадження механізації й автоматизації виробництва [1]. Важливе значення для зменшення вартості спорудження свердловин має удосконалення сучасних пристроїв, застосування яких сприяє інтенсифікації технологічних процесів, підвищує рівень механізації й автоматизації трудомістких робіт, сприяє підвищенню економічної ефективності та продуктивності праці [2].

На практиці для ліквідації прихоплень при бурінні розвідувально-експлуатаційних нафтових і газових свердловин застосовують механічні та гідравлічні ударні пристрої різного принципу дії: збудник пружних коливань (ЗПК), пристрій для ліквідації прихоплень (ПЛП), гідравлічний ударний механізм (ГУМ), ударник для ліквідації прихоплень (УЛП), механічний яс та комбіновані ударні механізми, що дозволяють створювати високочастотні імпульси на прихоплену ділянку бурильної колони [3], [4].

У геологорозвідуванні для ліквідації прихоплень використовують гідравлічні вібратори (ГВ), що створюють високочастотні силові імпульси. Досить поширені також ударні пристрої і механізми, які накопичують енергію за рахунок пружних деформацій бурильної колони. У вітчизняній і зарубіжній практиці для ліквідації прихоплень механічними методами широко застосовують гідравлічні ударні механізми (ГУМ), що зумовлено простотою їхньої конструкції та надійністю роботи [5], [6].

Гідравлічні ударні механізми призначені для ліквідації прихоплень при бурінні глибоких нафтових і газових свердловин, ремонтах і ловильних роботах. Вони можуть працювати як у будь-якому буровому розчині, так і без нього [7]. Для нанесення ударів використовується накопичена за рахунок пружної деформації (розтягу або стискання) енергія колони труб

вільної компоновки, що розміщена вище ударного механізму. Інтенсивність ударного навантаження регулює буровик [8].

Оскільки буровик повинен отримувати оперативні дані щодо силових навантажень рухомої частини ГУМу, то щоб слідкувати за ефективністю вивільнення бурильного інструменту і не допустити перевищення межі міцності бурильних труб виникає потреба в контролі величини ударної сили і доударної швидкості бойка і ковадла.

Постановка задачі

Метою даної роботи є вирішення задачі вдосконалення конструкції ударного пристрою, що дозволить контролювати динамічні параметри у бурильній колоні.

Гідравлічні ударні механізми

ГУМи використовують для ліквідації прихоплень бурильних і обсадних колон, труб, випробувачів шарів порід шляхом нанесення ударів, спрямованих знизу догори або зверху вниз, в залежності від складання механізму [9]. Для зміни напрямку нанесення удару необхідне нескладне переналагодження ГУМа.

Гідравлічний ударний механізм складається з корпуса, рухомого шпинделя, до якого жорстко прикріплено поршень, та нерухомого циліндра з двома камерами різного поперечного перерізу.

Гідравлічні ударні механізми вводять у ловильну компоновку, яку спускають після вилучення неприхопленої частини труб або постійно вмонтовують у компоновку бурильної колони у процесі буріння.

Ударні механізми відкритого типу (ЯГ-146, ЯГ-95), у яких поршнева камера заповнюється промивальною рідиною, досить неефективні, що зумовлено швидким абразивним зношуванням їхніх елементів і можливим заклинюванням поршня шламовим матеріалом.

Гідравлічні яси закритого типу (ГУМ, пристрої фірм *Bowen, Maison*) вважаються надійнішими. Такі пристрої, зарядка котрих здійснюється шляхом фіксації (гальмування) бойка за рахунок перепаду тиску рідини, що вільно перетікає з однієї камери в іншу більшого перерізу, досить повно висвітлено у літературних і патентних джерелах [2], [3], [9].

Пристрій для усунення прихоплень при бурінні

У даній роботі розглянуто нову схему гідравлічного ударного пристрою для усунення прихоплень при бурінні [10], [11].

За основу запропонованої вдосконаленої моделі взято гідравлічний яс, спроектований у ВНДІБТ [12]. Загальний вигляд пристрою ГУМ зо-

бражено на рис. 1. Гідравлічний ударний механізм складається зі шпинделя 1, перевідників 2 і 13, з'єднаних з циліндром 3, що має дві камери різного діаметра, бойка 4 з поршнем 5 і штока 6, встановленого всередині циліндра 3 і зв'язаного зі шпинделем 1, труби 7 з різьбою і гладкою частиною, датчика положення 8, ущільнення 9, електричного шнура 10, блока живлення та записувача інформації 11 і тензодатчика 12. Порожнину ступінчастого циліндра 3 герметизовано і залито маслом. Поршень 5 з'єднано з вільною частиною бурильної колони.

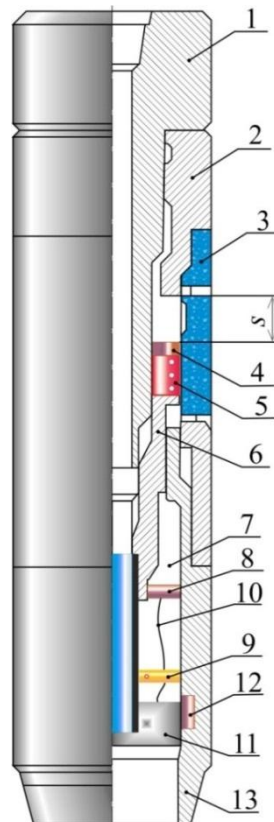


Рис. 1. Гідравлічний ударний механізм

Пристрій працює наступним чином. У випадку виникнення прихоплення вільну частину колони бурильних труб від'єднують і підіймають на гору. ГУМ спускають у свердловину і приєднують до прихопленої частини бурильної колони. За допомогою лебідки бурової установки створюють необхідний натяг зусиллям, що перевищує її вагу на 200–800 кН. Під дією сили пружності шпиндель 1 з поршнем 5 переміщаються плавно вгору, оскільки його рух зумовлений перетіканням мастила з надпоршневої порожнини великого діаметра у підпоршневу порожнину малого діаметра через три дросельних отвори, створюючи зрівноважуючий тиск. При цьому вільна частина колони труб розтягується, накопичуючи кінетичну енергію.

Коли поршень 5 проходить шлях s і досягає рівня верхньої циліндричної порожнини більшого діаметра, то він потрапляє у циліндр 3 з поздовжніми пазами. Оскільки площа перерізу для перетікання мастила із

надпоршневої порожнини у підпоршневу перевищує останню у 200 разів, мастило вільно перетікає вниз. Шпindel 1, захоплений вільними бурильними трубами, котрі стискаються, миттєво переміщається вгору з великою швидкістю і бойком 4 завдає удару по нижньому торцю шлицевого перевідника 2 — ковадла. Нанесений удар передається прихопленою частиною бурильної колони через циліндр 3 і перевідник 13 в зону прихоплення.

При цьому разом з поршнем 5 переміщається труба 7, верхня половина якої довжиною 1,15 м має різьбу, а нижня — гладенька. Виступи різьби дозволяють датчику положення 8 посилати сигнали на блок живлення та записувача інформації 11. Герметичність гладкої сторони труби 7 забезпечується ущільненням 9.

Внаслідок удару бойком 4 перевідник 2 зазнає деформації стиснення, яку фіксує тензодатчик 12 і передає на блок живлення та записувача інформації 11. Тарування тензодатчика попередньо проводять створенням натягу аварійної компоновки бурильної колони лебідкою бурової вежі.

Враховуючи проміжки часу між сигналами і відстань між ними, ми можемо визначити швидкість $\dot{u}(L, t)$ і прискорення $\ddot{u}(L, t)$ ударної частини пристрою — кінця вільної частини бурильної колони у будь-який момент її

руху ($L = \sum_{i=1}^m l_i$ — загальна довжина бурильних труб, розміщених вище ГУ-Ма, де i — номер труби). За одержаними експериментальними даними прискорень бойка можна побудувати криву ударного імпульсу механізму, де сила удару $F_{y0}(t) = \ddot{u}(L, t) \sum_{i=1}^m \rho_i F_i l_i$, F_i — площа поперечного перерізу i -ої труби.

Закріплення до штока знизу труби 7 із зовнішньою різьбою дозволяє передавати через виступи різьби, віддаль між якими стала і відома, зручні сигнали датчику положення 8, а своєю гладкою поверхнею — забезпечує герметичність з ущільненням 9. До того ж труба 7 забезпечує необхідне проходження бурового розчину.

Доцільність використання безконтактного індуктивного датчика положення 8 зумовлена високою точністю і лінійністю, а також стійкістю до агресивного середовища. До таких датчиків відносять ВБІ-Д06-45У, ВБІ-Д08-45У, ВБІ-М08-45Р (рис. 2, рис. 3).

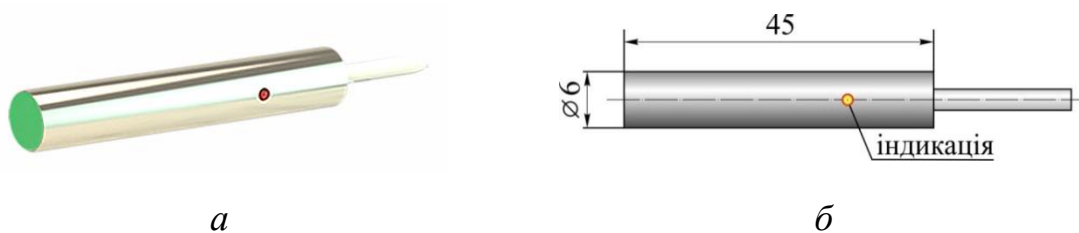


Рис. 2. Безконтактний індуктивний датчик ВБІ-Д06-45У

Використання блока живлення та записувача інформації 10 у свердловині зумовлено необхідністю запису всіх необхідних величин з наступним розшифруванням їх на поверхні.

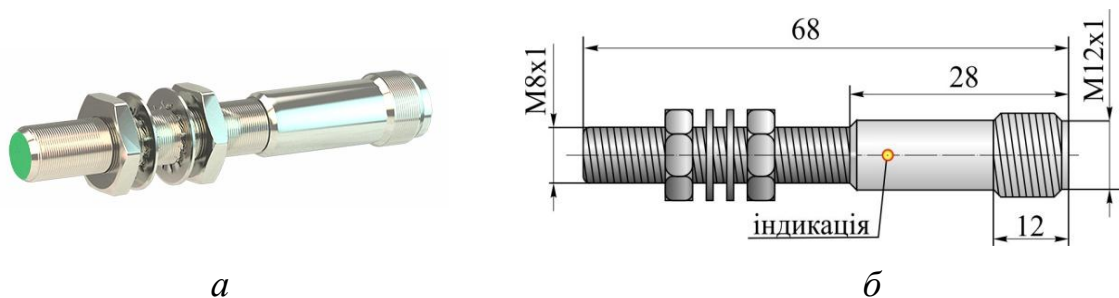


Рис. 3. Безконтактний індуктивний датчик ВІ-М08-45Р

Закріплення тензодатчика у виточці переходника 13 підвищить точність вимірювання ударної сили.

Для нанесення повторного удару шпиндель 1 опускають вниз, створивши осьове розвантаження 10–20 кН, мастило перетікає з підпоршневої порожнини циліндра 3 у надпоршневу. Після повного перетікання мастила ГУМ готовий для повторного застосування.

Якщо ГУМ передбачається застосовувати для нанесення удару вниз, то його розбирають, перевертають і міняють місцями циліндр 3 і поршень 5, та збирають по-новому. Далі вмонтовують гідравлічний механізм в прихоплену бурильну колону, розвантажують бурильні труби на величину ваги обважнених бурильних труб. Відбувається повільне перетікання мастила з вузької підпоршневої порожнини циліндра 3 у широку надпоршневу. Після входу поршня 5 у широку камеру циліндра 3 тиск мастила в механізмі різко знижується і обважені бурильні труби падають вниз до упору, поки торець перевідника 2 шпинделя 1 не нанесе удар по торцю шліцевого перевідника 13. А сам удар передається в зону прихоплення бурильного інструменту.

Варто зазначити, що для нанесення ударів вгору необхідно забезпечити деформацію колони бурильних труб понад 400–500 мм, а для нанесення ударів вниз в компоновці бурильної колони вага обважнених бурильних труб повинна перевищувати прихоплювальну силу не менше як на 25 %.

Автори пропонують використовувати пристрій для усунення прихоплень, викликаних перепадом тиску або заклинюванням колони у свердловині. Кількість ударів для різних випадків прихоплень не повинно перевищувати 100.

Висновки

В наш час ГУМ — найнадійніший і найефективніший з усіх видів вітчизняних ясів. Він дозволяє досить успішно ліквідувати такі прихоп-

лення як заклинювання, викликані падінням сторонніх предметів у свердловину, зашламування, звуження жолобів.

Для усунення прихоплень, викликаних прилипанням труб до глиняної кірки на невеликій довжині, можна використовувати обидві зборки ГУМу, одна з яких дозволяє наносити удари вгору, а друга— вниз.

Механізми цього типу мають просту конструкцію і забезпечують необхідні величини силових характеристик за рахунок енергії, накопиченої пружною деформацією бурильної колони. Деякі ускладнення конструкції ГУМів викликані необхідністю забезпечення герметизації поршневої камери. Це унеможливило їх використання для свердловин діаметром меншим за 93 мм. Найперспективнішими механізмами цього типу для використання в геологорозвідувальних свердловинах залишаються механічні яси, які застосовують у свердловинах діаметрами 59 мм і 46 мм. Водночас лише ГУМи за рахунок гідравлічного керування розмиканням механізму мають довготривалі «затвори», які забезпечують фіксоване положення бойка впродовж накопичення потенціальної енергії.

Запропонована авторами конструкція ГУМу дозволяє визначати тривалість удару, ударну силу, будувати закон зміни ударного імпульсу рухомої частини бурильної колони методом тензометрії, що значно підвищує точність визначення динамічних характеристик ударного пристрою, а також дозволяє дослідити вплив фізичних параметрів пристрою на ефективність роботи ГУМу та суттєво підвищити надійність його роботи.

Список використаної літератури

1. *Неудачин Г. И.* Новые технические средства ликвидации аварий при бурении скважин / Г. И. Неудачин, О. И. Калиниченко, А. В. Коломоец, В. И. Пилипец. – Уголь Украины. – 1981. – №10.–С. 27-29.
2. *Самотой А. К.* Предупреждение и ликвидация прихватив труб при бурении скважин / А. К. Самотой. – М.: Недра, – 1979. – 182 с.
3. *Фролов А. А.* Справочник бурового мастера / А. А. Фролов, П. В. Овчинников, С. И. Грачев. –Инфра-Инженерия. – 2006. –609 с.
4. *Кичигин А. В.* Ликвидация прихватов бурильной колонны с использованием ударных механизмов / А. В. Кичигин, В. И. Назаров. – М.: ВНИИОЭНГ, 1982. – 60 с.
5. *Ушаков Л.* Гидравлические ударные механизмы: опыт расчета и проектирования / Л. Ушаков–Из-во: Издательство: Palmarium academic publishing, 2013.– 280 с.
6. Пат. US 6845818 B2. Method of freeing stuck drill pipe / Azra Nur Tutuncu, Arthur Herman Hale (США). № US10/425,512; заявл. 29.04.2003; опубл.15.01.2005.
7. *Каракозов А. А.* Разработка гидравлического ударного механизма для ликвидации прихватов бурового снаряда в скважинах с низким уров-

- нем промывочной жидкости / А. А. Каракозов, А. Н. Рязанов, С. Н. Парфенюк, И. Д. Сагайдак, Д. А. Дерягина // Наук. праці Донецького нац. техн. ун-ту. Сер.: Гірничо-геологічна. – 2011. – Вип. 14. – С. 241-251.
8. *Ферштер А. В.* Выбор оптимальных условий работы яса / А. В. Ферштер, Б. А. Блейх, С. А. Шейнбаум // Нефтяное хозяйство. – 1977.– № 2.–С. 17-19.
9. *Мислюк М. А.* Буріння свердловин. У 5-и томах: довідник. Т. 5: Ускладнення. Аварії. Екологія / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. АТ «Агронафта». – К. : Інтерпрес ЛТД, 2004. –372 с.
10. Пат. 104433 Україна, МПК E21B 31/107(2006.1). Пристрій для усунення прихоплень при бурінні / К. Г. Левчук, В. І. Векерик, В. М. Мойсишин. – № 201508373; заявл. 25.08.2015; опубл. 25.01.2016, Бюл. № 2/2016.
11. Пат. № 108599 Україна, МПК E21B 31/107(2006.1). Пристрій для усунення прихоплень при бурінні / К. Г. Левчук, В. І. Векерик, В. М. Мойсишин. – № 201600336; заявл. 15.01.2016; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14/2016.
12. А. с. 1677253 СССР,МКИ 5E 21 в 31/113. Гидравлический ударник / В. Г. Ясов, В. М. Чарковский, В. И. Векерик, Л. В. Ясова. – Иваново-Франков. ин-т нефти и газа. – № 4602628; заявл. 03.10.88; опубл.15.09.91, Бюл. № 33; РЖ Горное дело, 1992. – 6Г22ОП.