

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ПОРШНЕВИХ БУРОВИХ НАСОСІВ

С.С. Чаплінський, З.М. Одосій, В.Я. Шиманський

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,
e-mail: public@pung.edu.ua

Розглянуто класифікацію поршневи́х бурових насосів. Проаналізовано роботу цих насосів у процесі буріння глибинних свердловин. Обґрунтовано доцільність використання трипоршневих бурових насосів односторонньої дії порівняно з двопоршневими двосторонньої. Запропоновано рекомендації щодо вибору типу гідравлічної частини бурового насоса на основі вказаних переваг і недоліків.

Ключові слова: буровий насос, класифікація, конструкція, гідравлічна частина.

Рассмотрена классификация поршневых буровых насосов. Проанализирована работа этих насосов при бурении глубоких скважин. Обоснована целесообразность использования трехпоршневых буровых насосов одностороннего действия по сравнению с двухпоршневыми двухстороннего. Предложены рекомендации по выбору типа гидравлической части бурового насоса на основании отмеченных преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: буровой насос, классификация, конструкция, гидравлическая часть.

We consider the classification of piston slush pump and analysis of work these slush pump during drilling deep borehole. The appropriateness of three pistons drill pumps unilateral actions in comparison with two pistons action. Proposed guidelines for choosing the type of hydraulic slush pump on the basis of the marked advantages and disadvantages the results of the analysis.

Keywords: slush pump, classification, construction, hogshead.

Для очищення вибою від вибуреної породи, підведення енергії до гідравлічного вибійного двигуна та долота, а також охолодження породоруйнівного інструменту бурова установка комплектується гідравлічною системою, яка складається з бурових насосів, нагнітального трубопроводу, обладнання для очищення бурового розчину тощо [1]. В цій системі бурові насоси – це гідравлічні машини, призначені для перетворення механічної енергії привода в гідравлічну енергію потоку бурового розчину і подавання його в свердловину під заданим тиском. Буровий розчин, який подається в свердловину під тиском, допомагає руйнувати гірські породи і використовується для закупорювання тріщин у породах, а також з метою запобігання викидам газу, нафти чи води [3]. Маса бурової установки значною мірою залежить від маси насосної групи, а експлуатаційні витрати на насос складають суттєву частину витрат на буріння.

Вимогам буріння найбільш повно задовольняють поршневі бурові насоси: характеризуються самовсмоктуванням; їх подача не залежить від створюваного напору; вони забезпечують необхідну нерівномірність подавання розчину; можуть перекачувати в'язкі розчини з певним вмістом твердої і газової фаз [4, 5].

Різні умови буріння вимагають використання поршневих бурових насосів різних конструкцій з різними принципами роботи. Їх класифікацію проводять за такими показниками [6 – 8]:

– за типом виштовхувача: поршневий, плунжерний;

– за розміщенням циліндрів: горизонтальний, вертикальний, кутовий;

– за способом дії: односторонньої і двосторонньої дії;

– за схемою гідроблоку: з прямоточним і непрямоточним гідроблоком;

– за способом регулювання подачі: нерегульовані, з ступеневим регулюванням (змінюю втулок циліндра, змінюю частоти ходів поршня за хвилину, змінюю довжини ходу виштовхувача), безступеневим (змінюю частоти ходів поршня за хвилину, змінюю довжини ходу виштовхувача);

– за типом приводу: від електричного двигуна, від двигуна внутрішнього згорання, гідроприводні;

– за кількістю виштовхувачів;

– за швидкохідністю;

– за величиною створюваного тиску і діаметрів поршнів.

Бурові насоси працюють в різних кліматичних умовах за температур від 223 до 323К, час їх безперервної роботи складає від 30 хвилин до 100 годин [9]. При роботі насосів виникають ситуації режиму короткочасного перевантаження. Це зумовлено руйнуванням стінок свердловини, забрудненням промивних каналів долота, збільшенням густини та в'язкості бурового розчину [2, 10, 11].

Потужність сучасних бурових насосів сягає 1500 кВт і більше, тиск нагнітання – 40 МПа, їх подача – 0,08 м³/с [2].

На даний час широко використовуються дво- і трипоршневі бурові насоси з горизонтальним розміщенням осей циліндрів, оскільки

вони найбільш повно відповідають вимогам технології буріння, дозволяють перекачувати забруднені бурові розчини, характеризуються кращими умовами всмоктування та ремонтно-здатності порівняно з насосами із вертикальним та кутовим розміщенням осей циліндрів [2, 10].

Аналізуючи [12, 13, 14], можна зробити висновок, що використання трипоршневих бурових насосів односторонньої дії для буріння глибоких свердловин є більш доцільним ніж двопоршневих двосторонньої дії, оскільки:

- вони дозволяють подавати більшу кількість бурового розчину в свердловину за одиницю часу, мають більшу потужність та подають розчин під більш високим тиском, що суттєво важливо при збільшенні глибин буріння;

- конструктивна схема насосів “триплекс” порівняно з насосами “дуплекс” забезпечує меншу металомісткість (маса їх менша всередньому на 30 – 40%), зменшення номенклатури і загальної маси швидкозношуваних змінних деталей, полегшення умов праці та зменшення часу на заміну деталей, транспортування і монтування на робочому місці [12, 2, 15];

- завдяки меншій масі здешевлюється їх транспортування [5];

- механічний ККД двопоршневих бурових насосів складає 0,82 – 0,83, а об’ємний – 0,9. У трипоршневих бурових насосів механічний ККД – 0,9, а об’ємний при роботі з підпірним насосом 0,97 – 0,99 [16, 17];

- в них зменшена нерівномірність подачі більше ніж удвічі порівняно з двопоршневими, а нерівномірність тиску – у 5 разів [12, 18], що дало змогу підвищити їх швидкохідність і зменшити об’єм та масу пневмокомпенсаторів [19, 5];

- при потужності до 140 кВт їх можна використовувати без пневмокомпенсаторів;

- в них є можливість охолодження робочої поверхні циліндрової втулки в зоні її контакту з поршнем [5, 15];

- в них реалізується схема гідравлічної коробки “клапан над клапаном”, що зменшує шкідливий об’єм і підвищується коефіцієнт подачі, а, відповідно, і ККД насоса;

- вони більш швидкохідні і в них використовується менший діаметр клапана [12, 15].

Трипоршнєві бурові насоси використовуються разом з підпірними відцентровими насосами, які забезпечують [3, 12, 15]: збільшення коефіцієнта наповнення насоса при збільшенні частоти ходів поршня; збільшення гідравлічної потужності і тиску нагнітання; зменшення вібрації вхідних трубопроводів; зменшення зношування деталей насоса; більш рівномірне подавання розчину; можливість перекачувати розчини з домішками нерозчинених газів.

Сьогодні трипоршнєві бурові насоси випускають багато фірм, зокрема: “Уралмаш” (Росія), “Барикада” (Росія), Bethlehem Supply Company (США), Cardwell mfg. Co. Inc (США), Snyder (США), SALJ of America (США) “National” (США), “Gardner-Denver” (США), “Oilwell” (США), “Armco-National” (США), “Continental-Emsco” (США), “Wirth” (Німеччина),

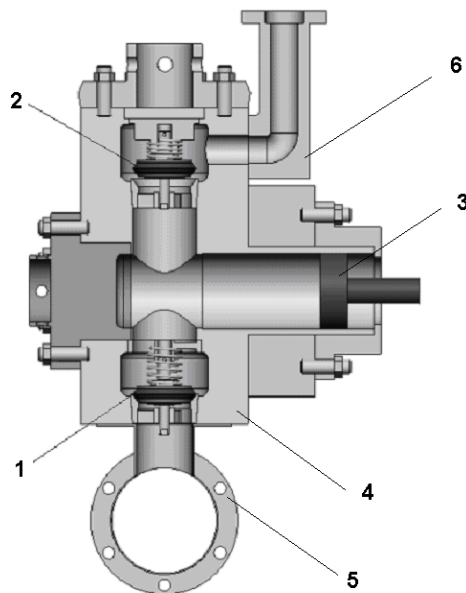
“Ideco-Dresser” (США), “Supply-Division” (США), “Wilson” (США), “Skytop Brewster” (США), “OPI Pump” (США), “Industriaexport-import” (Румунія) [13, 15, 19, 20].

Насоси характеризуються такими параметрами: потужність насоса N , кВт; максимальна подача Q , м³/с; максимальний тиск нагнітання P , МПа; n – частота ходів поршня, хв⁻¹; коефіцієнт подачі η_0 і загальний ККД η [21, 22]. Необхідні характеристики насоса забезпечуються зміною конструктивних параметрів: довжиною ходу поршня S , мм; частотою ходів поршня n , хв⁻¹; діаметром поршня d_p , мм.

Конструкції та характеристики насосів, які випускаються в країнах СНД, регламентовані нормативними документами, зокрема [23]. Взаємозамінність стандартних змінних деталей (клапанів, поршнів, штоків) зарубіжних насосів забезпечується відповідністю до їх приєднувальних розмірів стандартами API [24]. Нормативним документом, що регламентує приєднувальні розміри деталей в насосах, які випускаються в країнах СНД, є ОСТ 26-02-1129-75. Насоси поршнєві бурові. Конструктивні параметри та присоединительные размеры сменных деталей. [25].

Незважаючи на характеристики різних марок трипоршневих бурових насосів односторонньої дії, які випускають різні фірми, принципова конструктивна схема їх механічної частини суттєво не відрізняється. Відмінність спостерігається лише в конструкціях гідравлічних частин, яка зумовлює умовний поділ насосів “триплекс” на 3 типи [15, 26]:

1) конструкція прямої гідравлічної частини – клапани розміщені один над одним вздовж однієї осі (рис. 1);



1 – вхідний клапан; 2 – вихідний клапан;
3 – поршень; 4 – гідравлічна коробка; 5 – вхідний трубопровід; 6 – вихідний трубопровід
Рисунок 1 – Конструкція прямої гідравлічної частини насоса “триплекс” (тип 1)

2) конструкція L-подібної гідравлічної частини з розміщенням вхідного клапана на осі руху поршня (рис. 2);

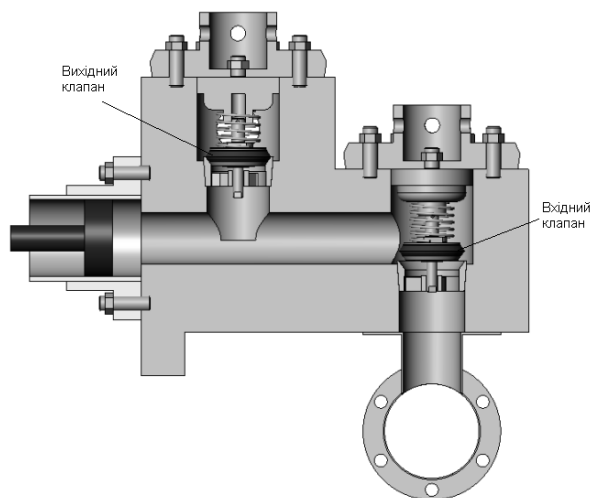


Рисунок 2 – Конструкція L-подібної гідравлічної частини насоса “триплекс” із розміщенням вхідного клапана на осі руху поршня (тип 2)

3) конструкція L-подібної гідравлічної частини з розміщенням вхідного клапана нижче осі руху поршня (рис. 3).

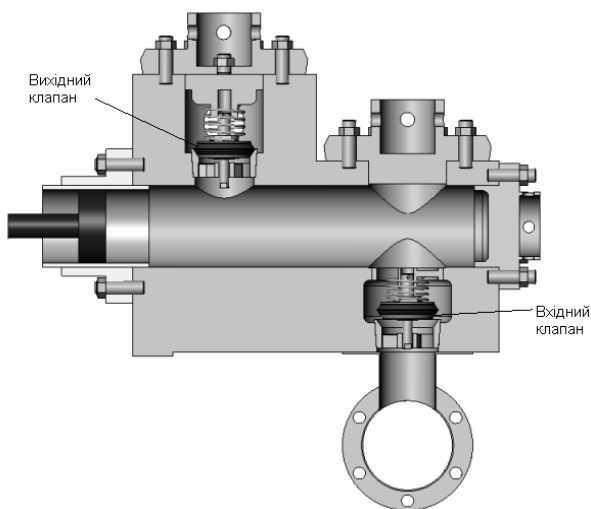


Рисунок 3 - Конструкція L-подібної гідравлічної частини насоса “триплекс” з розміщенням вхідного клапана нижче осі руху поршня (тип 3)

Кожна з конструкцій має свої переваги і недоліки, тому вибір типу гідравлічної частини фірми-виробники здійснюють на основі конкретної поставленої мети і потреб споживачів.

Для умов руху бурового розчину в гідравлічній частині бурового насоса найкращою є конструкція типу 1. При цьому потік бурового розчину спрямовується у напрямку найменшого гідравлічного опору. Така конструкція володіє доброю ремонтпридатністю циліндро-поршневої пари, мінімальним шкідливим об'ємом гідравлічної частини. Але така конструкція

гідравлічної частини утруднює доступ до вхідного клапана при його заміні [12, 13, 14, 15, 26].

Для забезпечення кращого доступу до вхідного клапана при ремонті випускають насоси з гідравлічними частинами типу 2. При цьому, поряд із збільшенням гідравлічних втрат, утруднюється заміна циліндрових втулок та поршнів, які потрібно при такій конструкції знімати “назад”, тобто в сторону механічної частини [15].

Щоб забезпечити заміну циліндрових втулок та поршнів “вперед” фірми-виробники випускають насоси з гідравлічними частинами, в яких вхідний клапанний вузол розміщений нижче осі руху поршня (тип 3), що, поряд з покращенням ремонтоздатності, призводить до збільшення об'єму конструкції, і, крім того, вони є нетехнологічними при виготовленні [26, 12, 15].

Основні конструктивні схеми гідравлічних частин бурових насосів різних фірм-виробників наведено в [13] із доповненнями представлено в табл. 1.

На сьогодні при конструюванні бурових насосів досягнуто компроміс таким чином, що при L-подібній гідравлічній частині з розміщенням вхідного клапана нижче осі руху поршня він знімається “вперед”, а циліндрова втулка – “назад”.

Отже, при виборі типу гідравлічної частини бурового насоса слід враховувати: подачу (продуктивність), ККД, ступінь ремонтоздатності, надійність і довговічність швидкозношуваних вузлів бурового насоса.

Література

- 1 Новое поколение буровых установок Волгоградского завода в Западной Сибири / В.Г. Колчерин, И.В. Колесников, В.С. Копылов, Ю.Л. Баренбойм. – Сургут: ТУП ХМАО Сургутская типография, 2000. – 319 с.
- 2 Северинчик Н.А. Машины и оборудование для бурения скважин / Н.А. Северинчик. – М.: Недра, 1986. – 368 с.
- 3 Верзилин О.И. Современные буровые насосы / О.И. Верзилин. – М.: Машиностроение, 1971. – 255 с.
- 4 Кирсанов А.Н. Буровые машины и механизмы / А.Н. Кирсанов, В.П. Зиненко, В.Г. Кардыш. – М.: Недра, 1981. – 448 с.
- 5 Николитч А.С. Поршневые буровые насосы / А.С. Николитч. – М.: Недра, 1973. – 224 с.
- 6 Дудля Н.А. Проектирование буровых машин и механизмов / Н.А. Дудля. – К.: Высшая школа, 1990. – 272 с.
- 7 Лобачев П.В. Насосы и насосные станции / П.В. Лобачев. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
- 8 Молчанов А.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы / А.Г. Молчанов, В.Л. Чичеров. – М.: Недра, 1983. – 308 с.
- 9 Лесецкий В.А. Буровые машины и механизмы / В.А. Лесецкий, А.Л. Ильский. – М.: Недра, 1980. – 391 с.

Таблиця 1 – Конструктивні схеми гідравлічних частин

Фірма-виробник	Тип гідравлічної частини	Напрямок заміни	
		поршня	циліндрової втулки
“Уралмаш” (Росія)	1	вперед	вперед
“Баррикады” (Росія)	2	назад	назад
“National” (США)	3	назад	назад
“Gardner-Denver” (США)	1	вперед	вперед, назад
“Oilwell” (США)	3	назад	назад
“Continental-Emsco” (США)	1	вперед	вперед
“Wirth” (Німеччина)	3	вперед, назад	назад
“Ideco-Dresser” (США)	1	вперед, назад	назад
“Skytop Brewster” (США)	1	вперед	вперед
“OPI Pump” (США)	3	назад	назад
“Industrial export-import” (Румунія)	1	вперед	вперед

10 Ильский А.Л. Буровые машины, механизмы и сооружения / А.Л. Ильский, В.М. Касьянов, В.Г. Порошин. – М.: Недра, 1967. – 472 с.

11 Кардыш В.Г. Современное состояние, тенденции развития основных параметров и конструктивные особенности зарубежных буровых насосов: Обзорная инф. / В.Г. Кардыш, Б.В. Мурзаков, А.С. Окмянский // Техника и технология геолог. разв. работ, орг-я произв – М.: ВИЭМС, 1980. – 42 с.

12 Ильский А.Л. Трехцилиндровые насосы простого действия и их применение в буровых установках / А.Л. Ильский [и др.]. – М.: ВНИИОЭНГ, 1972. – 55 с.

13. Романов А.З. Зарубежные буровые насосы и сменные детали их гидравлической части: Обзорная инф. / А.З. Романов, И.Б. Малкин, И.Е. Рудаковский // Сер. ХМ-3. Нефтепром. машиностр. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1985. – 44 с.

14 Ильский А.Л. Расчет и конструирование бурового оборудования / А.Л. Ильский, Ю.В. Миронов, А.Г. Чернобыльский. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

15 Ловчев С.В. Основные параметры и особенности конструкций современных буровых насосов: Обзорная инф. / С.В. Ловчев. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1979. – 65с. – (Сер. ХМ-3. Нефтепром. машиностр.).

16 Синицкий В.М. О динамике клапанов насосов привода гидравлических прес сов / В.М. Синицкий // Вестник машиностроения. – 1960. – №1. – С. 32-46.

17 Механика турбулентных потоков // Труды конференции. – М.: Машиностроение. – 1980. – 265 с.

18 Скрыпник С.Г. Анализ параметров и конструктивных особенностей буровых зарубежных установок: Обзорная инф. / С.Г. Скрыпник // Сер. машины и нефтяное оборудование. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – 76 с.

19 Ливак І.Д. Експериментальні дослідження коефіцієнта витрати клапана поршневого насоса / І.Д. Ливак, З.М. Одосій, С.С. Чаплінський // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – №3(8). – С. 13-16.

20 Даниелян А.А. Основные направления проектирования оборудования для бурения глубоких скважин / А.А. Даниелян. – М.: Недра, 1967. – 280 с.

21 Караев М.А. Гидравлические показатели современных буровых насосов двухстороннего действия / М.А. Караев // РНТС ВНИИОЭНГ Сер. “Машины и нефтяное оборудование”. – 1977. – №1. – С. 16-18.

22 Ушаков А.М. Гидравлические системы буровых установок / А.М. Ушаков. – Л.: Недра, 1988. – 159 с.

23. ГОСТ 6031-76. Насосы буровые поршневые. Основные параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1976.

24. API Specification for Rotary drilling Equipment API Spec. 1, 1975, IV.

25. ОСТ 26-02-1129-75. Насосы поршневые буровые. Конструктивные параметры и присоединительные размеры сменных деталей. – М.: Изд-во стандартов, 1975.

26. Современные буровые трехпоршневые насосы: Обзорная инф./ Сер. машины и нефтяное оборудование // – М.: ВНИИОЭНГ, 1979. – 52 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
05.10.10*

*Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.*