

КОНСТРУКЦІЇ КЛАПАННИХ ВУЗЛІВ БУРОВИХ НАСОСІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОКРАЩЕННЯ

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

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,
e-mail: no@pung.edu.ua

Розглянуто конструкції клапанних вузлів бурових насосів. Проведено аналіз основних конструкцій, що використовуються в сучасних бурових насосах.

Обґрунтовано забезпечення підвищення довговічності та надійності деталей клапанних вузлів.

Запропоновано шляхи покращення конструкцій клапанних вузлів, враховуючи конкретні умови їх роботи і бурового насоса загалом.

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

Рассмотрены конструкции клапанных узлов буровых насосов. Проведен анализ основных конструкций, используемых в современных буровых насосах.

Обосновано обеспечение повышения долговечности и надежности деталей клапанных узлов.

Предложены пути улучшения конструкций клапанных узлов учитывая конкретные условия их работы и бурового насоса в целом.

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

The design of assembly's valve drill pumps. Analysis of the main structures that apply in modern drilling pumps is done.

Improvement the durability and reliability of parts valve assemblies to introduce.

Ways to improve the design of the valve assemblies, taking into account the specific conditions of their work and the mud pump in the whole is proposed.

Keywords: assembly's valve, drill pump, hoghead, the construction, classification.

Основною частиною бурового насоса, яка визначає його ефективність, надійність і довговічність в цілому, є гідравлічна частина. Під час її проектування виникає набагато більше труднощів, ніж при проектуванні механічної частини. В механічній частині у процесі буріння на показники ефективності бурового насоса впливають тільки відмова її механізмів до капітального ремонту і коефіцієнта корисної дії.

Гідравлічна частина включає основні складові, які визначають ефективність роботи бурового насоса: гідравлічна коробка, циліндропоршнева пара, клапанний вузол.

Конструкція гідравлічної частини впливає на траєкторію руху бурового розчину і коефіцієнт подачі насоса. Підвищення швидкості нових потужних бурових насосів, робочого тиску та інтенсивності процесу буріння ставлять все вищі вимоги до елементів гідравлічної частини.

Розглянемо та проведемо аналіз основних конструкцій клапанних вузлів, які серійно випускаються і використовуються в сучасних бурових насосах, а також тенденцію їх розвитку.

У поршневному буровому насосі використовуються самодіючі клапани односторонньої дії, які пропускають розчин тільки в одному напрямку і призначені для періодичного з'єднання насосної камери з вхідним та вихідним трубопроводами відповідно до закону руху поршня, запобігання потраплянню розчину з вихідного колектора в робочу камеру насоса.

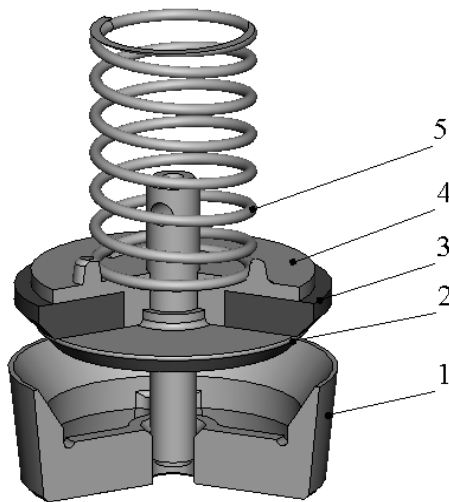
Відомо багато конструкцій самодіючих клапанних вузлів (обертові, підймальні, відки-

дні, з ковзаючим запірним елементом, приводні, з плоскою і конічною робочою поверхнею, з різним характером ущільнення) [1, 2]. Проте, за винятком підймальних, вони не знайшли широкого використання в бурових насосах через складності конструкцій, нетехнологічність їх виготовлення та невисоку надійність у зв'язку з специфічними умовами роботи трипоршневих бурових насосів.

На даний час широке використання знайшли підймальні тарілчасті клапани з еластичним ущільненням, які спрацьовують під дією власної ваги тарілки та дії пружини [3, 4] (рис. 1). Робоча поверхня тарілки і манжета мають конусну форму, що покращує показники роботи клапана за рахунок зменшення опору руху бурового розчину.

Типові конструкції клапанних вузлів [3, 5, 6], які використовуються на даний час та характерні особливості їх виконання представлені на рис. 2, 3 та табл. 1.

Дослідженню причин низької довговічності клапанного вузла та причин виходу його з ладу присвячені роботи Бабаєва С. Г. [8, 9], Мкртчяна Я. С. [10, 11], Айрапетова Л.С. [12, 13], Браславського Б. І., Ловчева С. В. [41], Райхеля А. Я. [66], Гянджунцева П. А. та інших. Відомо, що 50% часу, який затрачається на ремонт бурового насоса, складає заміна швидкозношуваних деталей (клапанних вузлів та циліндропоршневих пар). Термін служби клапанів при роботі бурових насосів на розчинах з високою густиною і значним вмістом абразиву інколи складає 20 – 30 годин [7, 14].



1 – сідло; 2 – тарілка; 3 – манжета; 4 – гайка;
5 – пружина

Рисунок 1 – Конструкція клапанного вузла бурового насоса

Деталі клапанного вузла піддаються значним динамічним навантаженням, впливу високої температури, робочі поверхні клапанного вузла зазнають значних питомих тисків і дії турбулентних потоків, піддаються абразивно-ударному та гідро-абразивному зношуванню [12, 13], кавітації [8, 10], вібрації [15-18]. Ці чинники та значні перепади тиску на клапані призводять до погіршення умов роботи та руйнування його робочих поверхонь та ущільнення [14].

Вплив геометрії робочих поверхонь клапанного вузла (кута конусності) на його довговічність залежить від виду зношування [10, 12, 19].

Досліджено, що значний вплив на довговічність клапанних вузлів має якість очищення бурового розчину, концентрація та фракції абразиву в ньому. За даними [20] при видаленні з бурового розчину 100% частинок розміром більше 0,3 мм, 80% – частинок розміром від 0,3 до 0,1 мм, та 35% – частинок розміром 0,06 мм пристроями гідроциклонного очищення довговічність клапанів підвищується в 2,52 рази. Американські спеціалісти вважають, що при збільшенні концентрації піску з 1 до 4% кількість відмов бурового насоса при роботі за високих тисків збільшується учетверо.

Надійність та довговічність клапанного вузла здебільшого визначається якістю та терміном служби ущільнення (манжети) [2, 21, 7, 14, 22]. Руйнування ущільнення зумовлено потраплянням до нього абразиву, а також у результаті накопичення абразиву в місцях контакту з іншими деталями. Після руйнування манжети відбувається швидке руйнування робочих поверхонь деталей клапана.

За дослідженнями [10] довговічність манжети визначається, в основному, втомною міцністю гуми, тому що вона під час роботи клапана витримує багатократні циклічні навантаження, тому манжета повинна бути достатньо міцною, нафтостійкою, повинна володіти: мінімальним накопиченням залишкових деформацій стискання, високою твердістю для запобігання її втисканню в зазор між тарілкою і сід-

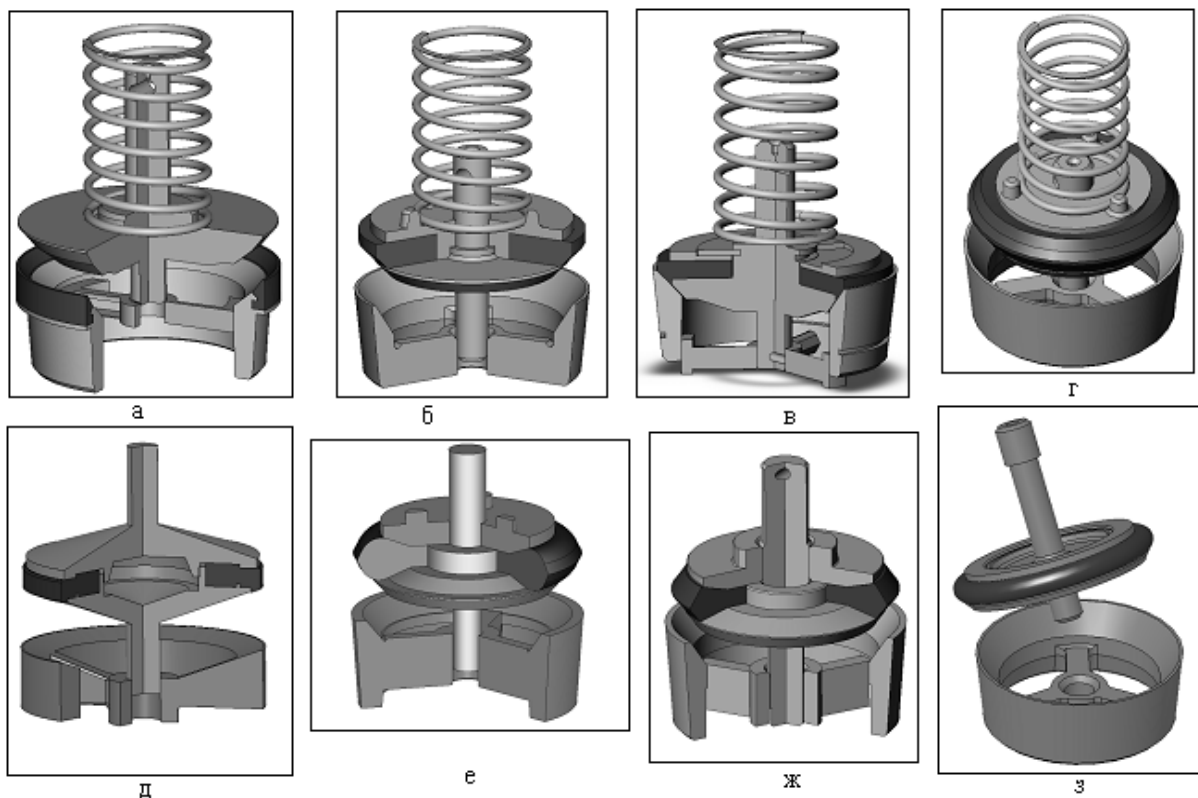
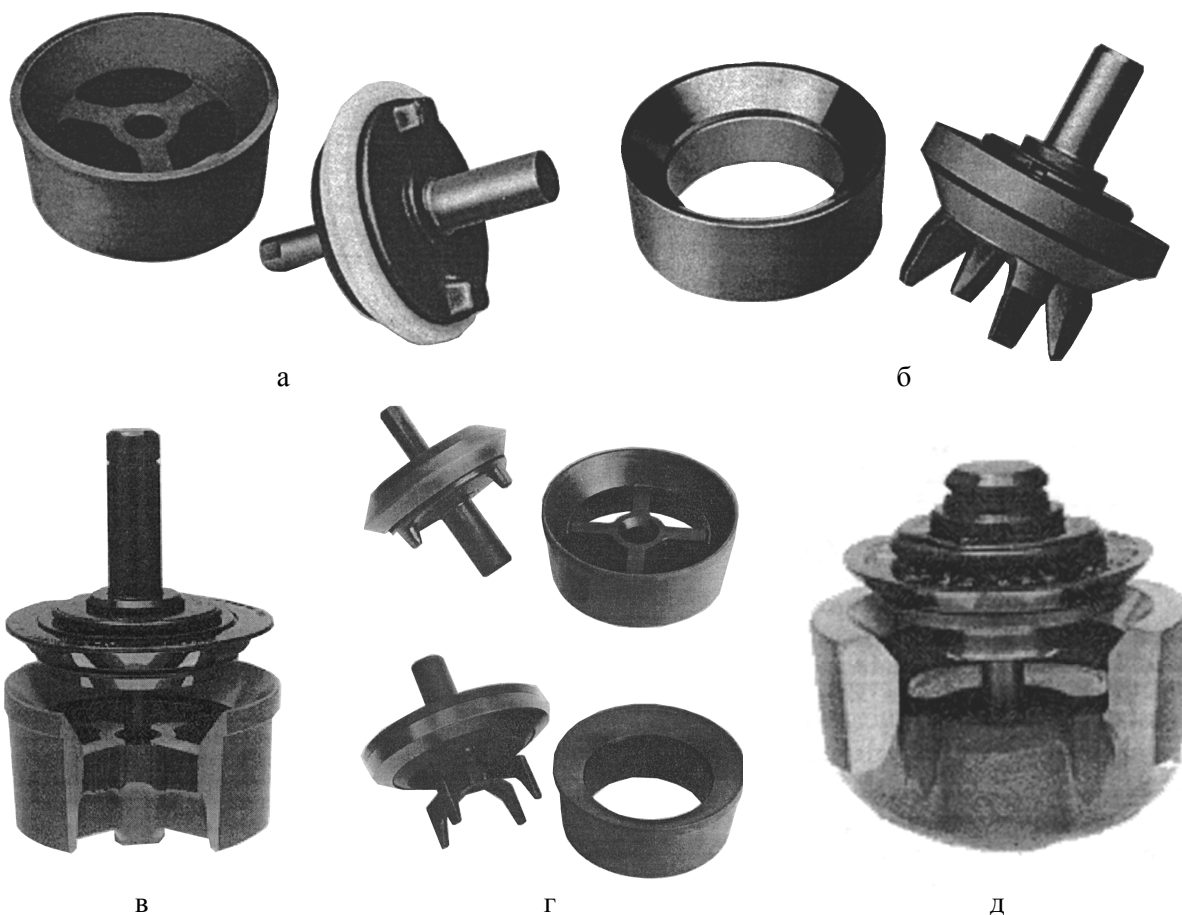


Рисунок 2 – Конструкції клапанних вузлів



а - FK-1 TRI-WEB; б - FK-N; в - SUPER SERVICE ;
 г - (верхній - SUPREME, нижній - MASTER II); д - SILVER TOP

Рисунки 3 – Конструкції клапанних вузлів

лом, високою стійкістю до циклічних навантажень та гідроабразивної ерозії [14]; форма та розміри манжети повинні бути такими, щоб виключати концентратори напружень в місцях контакту її з деталями клапана, а також для рівномірного розподілу напружень. При роботі клапанного вузла в манжеті не повинно виникати значних напружень стиску та розтягу.

Велика кількість відмов клапанних вузлів викликана помилками та неточностями при конструюванні і виготовленні, недотриманні технічних вимог, що ставляться до них та рекомендованих режимів експлуатації. Виготовлення конусних робочих поверхонь тарілки і сідла з відхиленнями, більшими від допустимих, призводять до швидкого руйнування манжети через втискання її в зазор між тарілкою і сідлом та подальшим защемленням її між робочими поверхнями. Це відбувається, якщо конусність сідла більша, ніж тарілки. Збільшений зазор в напрямних клапана (також може виникати при спрацюванні [1]) спричиняє перекося деталі клапана під час роботи насоса, що є причиною швидкого зношування ущільнень та робочих поверхонь деталей клапана [9].

Герметизуюча здатність, а саме повнота прилягання робочих поверхонь тарілки та сідла, а також щільність спряження цих поверхонь впливають на ККД насоса, термін служби та

експлуатаційну надійність клапана [1, 23]. Задовільне прилягання робочих поверхонь тарілки та сідла можливе при мінімальному відхиленні форми та конусності цих поверхонь. Від задовільності прилягання робочих поверхонь деталей клапанного вузла залежить його контактна міцність і довговічність. При неспівпадінні конусності робочих поверхонь контакт між тарілкою та сідлом проходить не по поверхні, а по лінії, що викликає збільшення контактних напружень.

На даний час в бурових насосах широко використовуються клапани типу КСК (рис.2). Дослідженням довговічності клапанів цього типу присвячена робота [24]. Особливістю такої конструкції є наявність краплеподібної манжети. При закриванні клапана тарілка “сідає” на сідло спочатку манжетою, а далі, при збільшенні тиску на поверхню тарілки, – на горизонтальну і конічну опорні поверхні сідла, деформуючи манжету. Залежно від величини зазору між конусними поверхнями деталей клапанного вузла може відбуватися защемлення манжети, а в результаті багаточислових навантажень – її втомне руйнування [23]. За незначних зазорів защемлення в таких конструкціях не відбувається. За нормальних умов роботи термін служби клапана складає 500-600 годин [24].

Таблиця 1 – Типи клапанів бурових насосів та характерні особливості їх виконання

Торгова марка клапана (фірма-виробник)	Характерні особливості виконання
1	2
Клапан з ущільнюючою манжетою на сідлі (рис. 2, а)	Зменшена маса рухомих частин клапана та покращені динамічні характеристики. Практика експлуатації свідчить, що такий клапан менш довговічний, ніж клапан з ущільнюючою манжетою на тарілці [7]
Клапан з ущільненням постійної товщини із гострою ущільнюючою кромкою (рис. 2, в)	Характеризується найбільшою довговічністю при високих тисках. Недоліком такої конструкції є виконання прямої хрестовини на тарілці, що збільшує масу рухомих частин і погіршує їх динамічні характеристики
Fluid king Тип FK-1 (Oilwell) рис. 2, б	Змінне гумове ущільнення закріплюється за допомогою різьби. Напрямні хвостовини розміщені з обидвох боків тарілки. Сідло виконане з трьома радіальними перетинками. Для цього типу характерна підвищена твердість в зоні зношування. Площа контакту металевої поверхні збільшена для підвищення зносостійкості при ударах
Тип FK-A (Oilwell, National)	Деталі клапана цементуються і гартуються. Сідло без прямої втулки та радіальних перетинок. Нижньою прямою слугують периферійні виступи кованої тарілки клапана. Прецизійна обробка конусної поверхні сідла. Після термообробки тарілка має в'язку серцевину і високу твердість робочих поверхонь. Ущільнююча манжета кріпиться притисочною шайбою і утримується розрізним кільцем О-подібного перерізу
Woolley	Тарілка – сталевий деталь без притисних шайб, різьби чи стопорних кілець. Її маса на 15% легша від найбільш легких клапанів інших конструкцій. Тарілка приварюється до стрижня. Ущільнення клапана при посадці на сідло передає навантаження на тарілку. В тарілці зроблено кільцеву вибірку для зменшення маси. Ущільнення має подвійний посадочний конус і специфічну форму перерізу, яке виключає прокручування на тарілці (характерне для О-подібного ущільнення), а також запобігає потраплянню твердих частинок до стику контактуючих поверхонь тарілки та сідла. У сідлі з трьома ребрами збільшені прохідні канали. Конструкція створена в результаті тривалих конструкторсько-дослідних робіт. За результатами численних випробувань відзначено різке збільшення стійкості. Випускається такі клапани розмірами від №5 до №9 за стандартами API
O-Ring (Reed American) рис. 2, з)	Тарілка за типом фірми Woolley. Манжета виконана з поліуретану та утримується без використання притисної шайби, стопорного кільця чи різьби. Сідло виконане з трьома радіальними перетинкам. Клапан використовується за високих тисків
Regular (National)	Ущільнення клапана виготовлено з нафтостійкої гуми на основі синтетичного каучуку. Використовується для роботи за невисоких тисків. У розчині допускається невелика кількість твердих включень
Premium (National)	Ущільнення клапана з поліуретану. Використовується для роботи за високих тисків, з високим вмістом абразиву в буровому розчині
American (Reed American)	Тарілка виготовлена за типом конструкції рис. 2, е. Ущільнення з подвійним конусом на прилягаючій до сідла поверхні виконане з поліуретану чи гуми. Кріплення манжети, як у клапана O-Ring. Сідло містить три ребра. Пружина виготовлена з високовуглецевої або нержавіючої сталі. Клапан виготовляється з подвійним посадочним конусом на ущільненні
Green triangular (Continental Emsco)	Покриття деталей фосфатом цинку захищає клапан від корозії. На замовлення можна отримати вироби з хромованою ущільнюючою фаскою сідла клапана. Деталі клапана виготовляються з якісної легованої сталі, обробляються на токарних верстатах з ЧПК, термообробляються. Працюють при неперервній роботі насоса у важких умовах за різних тисків і для різних типів розчинів

Продовження таблиці 1

1	2
Supreme (TRW Mission) Рис. 2,г та 3,г (верхній)	Сідло виконане з 4 радіальними ребрами. Площа робочої поверхні клапана на 35% більша, ніж у аналогів інших виробників. Ущільнення затискається притисочною гайкою з внутрішньою різьбою і виступами для зручності загвинчування. Поліуретанове ущільнення амортизує енергію удару при контакті тарілки і сідла. При робочій температурі вище 333К використовується ущільнення з високоміцної синтетичної гуми Buna N. Робочі поверхні тарілки можуть бути хромовані – для роботи з корозійними розчинами. Використовується клапан для середнього та високого тисків, і може працювати на будь-яких бурових розчинах. Ромбоподібна форма ущільнення забезпечує високу довговічність клапана. Такі конструкції полегшені, тарілка клапана рухається в напрямних втулках, розміщених в сідлі та кришці гідравлічної частини бурового насоса
Service Master (TRW Mission)	Сідло виконане без перемичок, полегшена тарілка з периферійними ребрами в нижній частині. Ущільнення виготовлено з поліуретану. Кріплення ущільнення забезпечується розрізним стопорним кільцем О-подібної форми. Використовується клапан для високих тисків, розчинів з великим вмістом піску та вуглекислоти (цементацийні роботи, гідророзрив тощо)
Super Service (TRW Mission)	Тарілка та сідло клапана піддаються цементациї. Сідло має 4 радіальних ребра для забезпечення підвищеної площі при ударних навантаженнях. Нижній напрямний стрижень клапана виконано подовженим. Посадочні поверхні хромується. Під власною вагою клапан не ущільнюється. Використовуються для насосів типу “дуплекс” за низького та середнього тисків. Манжета стійка до дії нафти, газу, бурового розчину та хімічних домішок
(Oil States)	Ущільнення виготовляються з еластомерів спеціального складу, вони діють як амортизатори та зменшують зношування. Конструкція клапанів, як у фірм Reed American, TRW Mission
Full opening (SW Oilfield)	Сідло виготовляється без напрямної втулки та перемичок. Тарілка клапана виконана з чотирма периферійними виступами. Ущільнення виготовлено з поліуретану стійкого до підвищеної температури.
HP (Mc Clathie) рис. 2, д	В сідлі виконано тільки дві радіальних перетинки зі скошеною верхньою поверхнею та плоским нижнім торцем з кільцевою частиною (для кращого захоплення при вийманні). Ущільнення, яке виконано з гуми спеціально розробленого складу (Formula H-60) або з особливо зносостійкого поліуретану, закріплене між верхньою та нижньою деталями тарілки клапана. Напрявні хвостовика подовжені. Верхня частина тарілки може багатократно використовуватися. Поверхня хвостової частини має підвищену твердість, а більш м'яка різьбова частина виключає заїдання по нитках різьби. Нижня посадочна поверхня цементується. Матеріал ущільнення стійкий до зношування при підвищеній температурі. Використовується клапан при роботі з будь-якими розчинами, в тому числі з домішками для боротьби з поглинанням
КСК9 рис. 2,е	Ущільнення має краплеподібну форму. У клапані наявні комбіновані плоскоконусні опори. Радіальні ребра використовуються в якості плоскої опори. Такі конструктивні рішення забезпечують хороше центрування та стабільність посадки тарілки на сідло клапана
(МІШН ФЛЮІД КІНГ)	При виготовленні клапана використовуються штампування, термообробка, спеціальне зміцнення робочих поверхонь деталей клапана. Фірма виготовляє будь-які розміри клапанів для всіх моделей насосів. Пропонується широкий вибір поліуретанових чи виготовлених з синтетичної гуми, манжет у відповідності з заданими робочими параметрами
FK-1 TRI-WEB (МІШН ФЛЮІД КІНГ) рис. 3, а	Підвищена ущільнююча здатність та термін служби в критичній зоні контакту металевих поверхонь. Розраховані на високі тиски
FK-N рис. 3, б	Повністю відкрита конструкція сідла з 4 напрямними периферійними виступами на тарілці забезпечує максимальний розхід розчину за найбільшого тиску. В зв'язку з відсутністю поперечних ребер, в сідлі не накопичується бруд, що в результаті не перешкоджає рухові розчину

Продовження таблиці 1

1	2
MASTER II: (рис. 3, з нижній)	Поверхня тарілки клапана та напрямні периферійні виступи піддаються науглецюванню для підвищення терміну служби. Поліуретанове ущільнення дає змогу зменшити витрати на обслуговування. Посадочна поверхня у вигляді конуса забезпечує хороші гідродинамічні властивості та може витримувати високі навантаження. Відкрита конструкція сідла уможливує без демонтажу сідла вихідного клапана проведення заміни сідла вхідного клапана
SILVER TOP (рис. 3, д)	Манжета виготовляється із матеріалу стійкого до дії нафти, газу, бурового розчину та хімічних домішок. Манжета не сильно притискається до сідла клапана. Надійне ущільнення досягається за рахунок тиску розчину, а не маси тарілки

На довговічність клапанного вузла відчутно впливають технологічні чинники, які проявляються під час виготовлення його окремих деталей, а саме: вибір матеріалів деталей клапанного вузла, методу отримання заготовок, методів їх обробки, поверхневе зміцнення їх робочих поверхонь тощо [25, 26]. Поверхневі шари робочих поверхонь деталей клапанного вузла сприймають найбільші навантаження, тому їх слід зміцнювати термообробкою, хіміко-термічною обробкою, поверхнево-пластичним деформуванням, наплавленням чи напиленням зносостійкими матеріалами в залежності від поставлених задач і умов роботи [26].

Підвищення довговічності і надійності деталей клапанного вузла можна забезпечити правильним вибором режимів роботи бурового насоса, конструктивними параметрами клапанного вузла.

З огляду на особливості конструкцій та роботи клапанного вузла, до нього ставлять низку вимог, які необхідно забезпечити під час проектування, виготовлення, експлуатації і ремонту [27, 1]:

- висока надійність та довговічність деталей (тарілки, сідла, ущільнення);
- простота конструкції та герметичність в закритому стані;
- своєчасне закриття та відкриття клапана при його роботі;
- мінімальний опір проходженню розчину при відкритому клапані;
- мінімальна маса складових клапанного вузла для кращого керування потоком розчину;
- напрямні в клапані не повинні защемлюватись;
- швидкість та зручність заміни його деталей в польових умовах.

Вимоги, які ставляться до клапанного вузла бурового насоса, є суперечливими між собою, в більшості випадків покращення одних вимог призводить до погіршення інших, тому задоволення цих вимог повинно вибиратися оптимальним за певними критеріями, враховуючи конкретні умови роботи клапанного вузла і бурового насоса загалом.

На даний час намічені шляхи покращення конструкцій клапанів [26]:

1) підвищення багаточиклової об'ємної міцності та зносостійкості поверхневих шарів деталей клапана в місцях їх контакту, зменшення маси тарілки;

2) зменшення гідравлічного опору елементів проточної частини сідла та тарілки, покращення умов підведення бурового розчину на ділянці між тарілкою та сідлом на вході в клапанну щілину, а також стабілізація потоку в щілині;

3) збільшення ресурсу роботи еластичного ущільнення;

4) оптимізація пружинного навантаження.

Література

- 1 Николич А.С. Поршневые буровые насосы / А.С. Николич. – М.: Недра, 1973. – 224 с.
- 2 Ермакова В.И. Исследование и разработка рациональных режимов работы быстроходных буровых насосов: Автореф. дис. ... к.т.н. / В. И. Ермакова. – М., 1973. – 32 с.
- 3 Романов А.З. Зарубежные буровые насосы и сменные детали их гидравлической части: [обзорная инф.] / А.З. Романов, И.Б. Малкин, И.Е. Рудаковский. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1985. – 44 с. – (Сер. ХМ-3. Нефтепром. машиностр.).
- 4 Ливак И.Д. Исследование трехпоршневых буровых насосов и усовершенствование конструкций клапанных групп: Дис... канд. техн. наук. / И.Д. Ливак. – Ивано-Франковск, 1996. – 212 с.
- 5 Composit Catalog, 1980-1981.
- 6 Композит-каталог нефтегазового оборудования и услуг: В 3-х т. – М.: Топливо и энергетика, 1993-1994.
- 7 Ильский А.Л. Расчет и конструирование бурового оборудования / А.Л. Ильский, Ю.В. Миронов, А.Г. Чернобыльский. – М.: Недра, 1985. – 452 с.
- 8 Бабаев С.Г. Повышение надежности оборудования, применяемого для бурения на нефть и газ / С.Г. Бабаев, Ю.А. Васильев. – М.: Машиностроение, 1972. – 160 с.
- 9 Бабаев С.Г. Надежность и долговечность бурового оборудования / С.Г. Бабаев – М.: Недра, 1974. – 184 с.
- 10 Мкртычян Я.С. Повышение эффективности эксплуатации буровых насосных установок / Я.С. Мкртычян. – М.: Недра, 1984. – 207 с.
- 11 Мкртычян Я.С. Повышение надежности трехпоршневых буровых насосов: [обзор. инф.] / Я.С. Мкртычян, Л.Н. Горонович, И.Ф. Концур. – М.: ВНИИОЭНГ, 1981. – 68 с. – (Сер. "Машины и нефт. оборудование", Вып. 3).

- 12 Айрапетов Л.С. К вопросу о выборе углов рабочих поверхностей клапанов поршневых насосов / Л.С. Айрапетов // РНТС ВНИИОЭНГ Сер. “Машины и нефтяное оборудование” – 1977. – №5. – С. 9-11.
- 13 Айрапетов Л.С. Исследование работы клапанов поршневых буровых насосов и разработка методики их расчета: Автореф. дис... к.т.н. / Л. С. Айрапетов. – М., 1980. – 24 с.
- 14 Литвинов В.М. Повышение надежности нефтепромысловых насосов / В.М. Литвинов. – М.: Недра, 1978. – 191 с.
- 15 Арзуманов Э.С., Снижение шума и вибрации в регулирующих органах клапанов для высоких перепадов давлений: [обзор. инф.] / Э.С., Арзуманов, В.Г. Скрипченко, Л.Н. Нисман – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1976. – 46 с. – (Сер. ХМ-10. Пром. трубопроводная арматура).
- 16 Арзуманов Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. / Э.С. Арзуманов. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.
- 17 Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
- 18 Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1981. – 672 с.
- 19 Гушин В.В. Определение оптимальных геометрических характеристик конусообразных тарельчатого клапана / В.В. Гушин, Н.Х. Шаммасов. // РНТС ВНИИОЭНГ Сер. “Машины и нефтяное оборудование” – 1975. – №4. – С. 7-10.
- 20 Ибатулов К.А. Гидравлические машины и механизмы в нефтяной промышленности / К.А. Ибатулов. – М.: Недра, 1972. – 288 с.
- 21 Ильский А.Л. Буровые машины, механизмы и сооружения / А.Л. Ильский, В.М. Касьянов, В. Г. Порошин. – М.: Недра, 1967. – 472 с.
- 22 Николича А.С. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования / А.С. Николича. – М.: Машиностроение, 1975. – 295 с.
- 23 Лесецкий В.А. Буровые машины и механизмы / В.А. Лесецкий, А.Л. Ильский. – М.: Недра, 1980. – 391 с.
- 24 Провоторхов В.С. Некоторые пути повышения долговечности клапанов типа КСК для бурового насоса У8-6М / В.С. Провоторхов, Г.М. Пожарнов, О.Г. Скрынников // РНТС ВНИИОЭНГ. – Сер. “Машины и нефтяное оборудование”. – 1978. – №5. – С. 5-9.
- 25 Аванесов В.С. Повышение долговечности быстроизнашивающихся деталей нефтяного оборудования: [обзорная инф.] / В.С. Аванесов, Б.А. Авербук. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1988. – 40 с. – (Сер. ХМ-9 Техн. хим. и нефт. машиностр. и новые материалы).
- 26 Коломацкий В.Н. Сменные узлы и детали нового поколения для буровых насосов / В.Н. Коломацкий, С.В. Ловчев, А.С. Николич // Нефтяное хозяйство. – 1989. – №4. – С.12-15.
- 27 Северинчик Н.А.. Машины и оборудование для бурения скважин / Н.А. Северинчик. – М.: Недра, 1986. – 368 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
02.07.10
Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.*