

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ НАСОСНИХ ШТАНГ ДЛЯ ВИДОБУВАННЯ НАФТИ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Б.В. Копей, О.В. Пригоровський

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (03422) 45369;
e-mail: spring@nung.edu.ua

Проаналізовано існуючі типи насосних штанг та проведена їх класифікація за такими ознаками: призначення; матеріал штанги; форма поперечного перерізу штанги; діаметр; довжина; вага; спосіб виготовлення; спосіб монтажу; наявність полірованого штока; покриття; клас міцності та інші.

Ключові слова: насосна штанга, розмір, покриття, склопластик, матеріал, корозія, втома

Проаналізовані существуючі типи насосних штанг і предложена їх класифікація по следующим признакам: назначение; материал штанги; форма поперечного сечения штанги; форма; длина; способ изготовления; вес; способ монтажа; наличие полированного штока; покрытие; класс прочности и другие признаки.

Ключевые слова: насосная штанга, размер, покрытие, стеклопластик, материал, коррозия, усталость

In the work existing types of pumps rod are analyzed and their classification by following signs is offered: appointment; a material of which the rod is made; cross-section of a rod; the form; length; a way of manufacturing; weight; installation; a polished rod type; a protective covering; durability and other signs.

Keywords: sucker rod, dimension, coating, fiberglass sucker rod, material, corrosion, fatigue

Актуальність роботи

У процесі видобування нафти штанговими насосами застосовують велику кількість типів та конструкцій насосних штанг. Класичні штанги виготовляються з суцільного стрижня з висадженими на кінцях головками. За 120 років виготовлення насосні штанги пройшли довгий еволюційний шлях від дерев'яних штанг з американського горіха до надзвичайно міцних і витривалих штанг типу „Електра” (фірма “National-Oilwell-Varco”), загартованих струмами високої частоти.

Аналіз стану проблеми і постановка задачі досліджень

Ніде в літературі не зустрічається загальноприйнята класифікація насосних штанг для видобування нафти, тому авторами пропонується класифікація насосних штанг за певними ознаками.

Аналіз конструкцій насосних штанг різних розробників свідчить, що вони виконують різні функції, мають різну форму і технічні характеристики, виготовлені з різного матеріалу, до них застосовують різний спосіб монтажу. На даний час випускаються штанги, розроблені згідно з міжнародним стандартом ГОСТ 13877-96 [1], Держстандарту РФ та Американського нафтового інституту (API) [2].

Основний матеріал дослідження

Пропонуємо класифікацію насосних штанг за такими ознаками:

“Призначення”:

- зворотно-поступальний рух плунжера;
- обертання ротора гвинтового насоса;
- зворотно-поступальний рух плунжера та канал для подавання реагентів, рідини та розміщення електричного кабелю.

“Матеріал штанги”:

- сталь вуглецева чи легована (Ст40, нормалізована і нормалізована з подальшим поверхневим зміцненням нагріванням СВЧ; 20Н2М (нікель-молібденова), нормалізована, нормалізована з подальшим поверхневим зміцненням нагріванням СВЧ або нормалізована з подальшим об'ємним гартуванням і високим відпуском; 30ХМА, нормалізована з подальшим високим відпуском і зміцненням нагріванням СВЧ. 15НЗМА, нормалізована з подальшим поверхневим зміцненням нагріванням СВЧ; 15Х2НМФ гартування і високий відпуск або нормалізація і високий відпуск); нержавіюча сталь ARD3;

Переваги сталевих штанг:

- 1) широкий вибір сталей для виготовлення штанг;
- 2) велика кількість методів зміцнення поверхні штанг;
- 3) можливість застосування різних методів виготовлення штанг.
 - склопластик (полімерний композит з скловолокном).

Переваги склопластикових штанг [5].

- 1) стійкіша до корозійної дії нафти, попутної води з солями, що містяться в них, та кислотами;
- 2) значне зменшення маси штангової колони, що знижує експлуатаційні витрати на 40–60% (зокрема на електроенергію на 25–30 %);

3) роблять неможливим відкладання парафінів, смол та солей на колоні;

4) збільшення числа качань довжини ходу плунжера насоса за рахунок вищої пружності склопластикової штанги, що підвищує продуктивність насоса до 40 % та зменшення навантаження на головку балансира, редуктор та систему передач.

– сплави на основі алюмінію.

Випускаються фірмою Mega-Rod, за своїми характеристиках не поступаються сталевим штангам, але не мають поширеного використання внаслідок великої розповсюдженості сталевих штанг.

“Поперечний переріз штанги”:

– суцільні;

Переваги суцільних насосних штанг:

1. більша міцність порівняно з порожнистими;

2. ширший асортимент.

– порожнисті (КСУГ34, КСУГ36, КСУГ38, КСУГ42, КСУГ48).

Порожнисті штанги призначені для передавання руху від головки балансира верстатогойдалки плунжера свердловинного насоса при безперервній або періодичній подачі в порожнину насосних труб інгібіторів корозії, інгібіторів проти відкладення парафіну, розчинників парафіну, теплоносіїв, деемульгаторів, рідини гідрозахисту насоса. Продукція свердловини при цьому може відбиратися як центральним каналом порожнистих штанг, так і кільцевим простором між порожнистими штангами і НКТ [9].

Переваги порожнистих насосних штанг:

1) менша вага порівняно з порожнистими, за тієї ж міцності;

2) можливість використання для нагнітання теплового середовища (наприклад, гарячої нафти, води або хімікатів) з метою зменшення в'язкості продукції та видалення парафіну;

3) можливість вкладання кабелю та опускання його у свердловину з метою передавання електроенергії чи утворення електричної мережі;

4) нагрівання сирової нафти над та під насосом впродовж всього процесу роботи насоса.

Також до цієї ознаки можна віднести форму зовнішньої поверхні штанги.

“Форма поперечного перерізу”:

– традиційні (кругла); переваги традиційної форми полягають у простоті виготовлення прутків круглого перерізу порівняно з іншими формами поперечного перерізу штанги.

– напівеліпс;

– трубчасті.

Перевагою трубчастих штанг є зменшення використання матеріалу на виготовлення штанг і, відповідно, зменшення їх ваги та розширення функціональних можливостей видобування нафти.

“Довжина і діаметр”:

– стандартної (звичайної) довжини (для компонування основної частини насосної колони);

– вкорочені (для регулювання необхідної довжини колони штанг).

Стандартом API передбачений випуск штанг для підгонки колони довжиною 2, 4, 6, 8, 10 та 12 футів (0,61; 1,22; 1,83; 2,44; 3,05; 3,66 м).

ГОСТ 13877-96 передбачає штанги довжиною 8 м. Короткі – 0,61-3,66 м. Діаметром 13, 16, 19, 22, 25 і 28 мм.

За діаметром сталевих штанг згідно з стандартом API: 5/8 (15,88 мм), 3/4 (19,05 мм), 7/8 (22,23 мм), 1 (25,4 мм), 1-1/8 (25,58 мм) дюйма [2].

За держстандартом РФ можливе виконання насосних штанг довжиною від 450 мм до 9410 мм.

“Спосіб виготовлення”:

– суцільні;

– зварні (з'єднувачі штанги приварюються до корпусу насосної штанги методом зварювання тертям. З'єднання використовують неоплавлене різьблення для запобігання розмиванню колони насосних штанг).

Основною перевагою суцільних насосних штанг є відсутність концентраторів напружень в тілі штанги, що виникають внаслідок з'єднання частин насосної штанги. Основною перевагою зварних насосних штанг є зменшення ваги штанги (до 30-40%) і, відповідно, зменшення навантаження, що припадає на всю колону насосних штанг [4].

“Вага”:

– стандартні насосні штанги;

– заглиблювальні (“обважені”) штанги.

Сталеві обважені штанги важчі за стандартні і використовуються в нижній частині колони насосних штанг для підтримування колони в постійному розтягу з метою зменшення викривлення колон під час опускання. Також виконують функцію якоря для насоса, змонтованого в кінці колони насосних штанг.

“Спосіб монтажу”:

– за допомогою різьбових муфт (МН16, МШ19, МШ22 та ін.);

– за допомогою безрізьбових з'єднань;

– неперервні, намотувані на барабані (гнувчкі неперервні фірми “Corod”)

Переваги використання неперервних насосних штанг типу “Corod” (Coiled rod):

1) безперервне виконання штанги у формі напівеліпса, що полегшує намотування на барабан, зменшуючи в ньому напруження;

2) зменшує навантаження на головку балансира, бо безперервна штанга важить менше, ніж традиційні насосні штанги (на 8–10 %);

3) усуває проблему зношених з'єднань. Відсутність з'єднань також означає велику еластичність колони або велику тягу насоса за меншої витрати енергії;

4) кільцевий зазор навколо штанги також збільшується, в порівнянні з штангою, забезпеченою обтічними з'єднаннями, що знижує тиск рідини в насосі і, отже, призводить до збільшення подачі на один цикл роботи насоса і зниження вірогідності поломок.

“Полірований шток”:

- полірований шток сорту D;
- полірований шток із збільшеним діаметром одного кінця;
- високоміцний довгоходовий корозійно-стійкий полірований шток (виготовляється з легованої сталі 20 і проходить термічну обробку гартуванням і з подальшим відпуском, його поверхня зміцнюється індукційним нагріванням. Поверхня штока покривається нікелевим сплавом (Ni35) для запобігання поломці або розтріскуванню корпусу, підвищення стійкості до корозії і зношування. Даний шток використовується для відкачування сирої нафти в глибоких свердловинах, свердловинах з великим заміщенням, в свердловинах із в'язкою нафтою та в свердловинах з високою корозією) [10].

“Антикорозійне покриття”:

- металеве покриття (табл. 1);
- неметалеве покриття (табл. 2).

Таблиця 1 – Металеві покриття та їх характеристики

Матеріал покриття	Характеристики покриття
Алюміній	Стійкий до кисню, солей, CO ₂ і H ₂ S, має електрохімічну корозійну стійкість
Цинк	Те ж саме
Алюмінієва бронза	Стійкий до морської води, сірчаної і соляної кислот, має високу зносостійкість
Неіржавіюча сталь	Стійкий до окислення, пари, CO ₂ і NH ₃ , має високу зносостійкість
Хромонікелевий сплав	Стійкий до окислення, пари, CO ₂ , H ₂ S і NH ₃ , має високу зносостійкість
Мідно-нікелевий сплав	Використовується як основне антикорозійне покриття, антикорозійні характеристики в 10-40 разів вищі, ніж у неіржавіючої сталі

Таблиця 2 – Неметалеві покриття та їх характеристики

Матеріал покриття	Характеристики покриття
Поліетилен високого тиску	Чудовий антихімічний реагент і електричний ізолятор
Поліуретан	Чудовий антихімічний реагент і покриття проти старіння (стабілізатор)
Епоксидна смола	Чудовий антихімічний реагент, електричний і механічний ізолятор
Поліамід	Антихімічний реагент

Переваги металевого покриття: після нанесення металевого покриття насосна штанга має кращу твердість поверхні, велику силу зчеплення і хорошу пристосованість до фізичного середовища на вибої свердловини. Матеріалом для металевого покриття є алюміній, цинк, алюмінієва бронза, неіржавіюча сталь, хромо-нікелевий сплав і міднонікелевий сплав. Якщо за приклад узяти алюмінієве покриття, то в корозійному середовищі H₂S насичений водний розчин +0.1%HCN (синильна кислота) + 5%NaCl (сіль) + 0.5%CH₂COOH (оцетова кислота) швидкість корозії штанги з покриттям складає лише 1/6-1/5 швидкостей корозії штанги з вуглецевої сталі [8].

Неметалеве покриття (поліетилен високого тиску, поліуретан, поліамід і епоксидна смола) відрізняється високою корозійною стійкістю і низькою питомою масою.

“Фірми-виробник”:

- країни СНД (Росія, Україна тощо);
- закордонні фірми.

Серед фірм виробників, що працюють на теренах колишнього Радянського Союзу, найбільш відомими виробниками є ВАТ «Мотовіліхінські заводи», ВАТ «Очерський машинобудівний завод», Бориславська ЦБВО, ВАТ «Іж-нафтомаш», ВАТ «Укрнафта», завод «Компласт» та ін [7].

Серед закордонних фірм в світі найбільш відомі такі компанії-виробники насосних штанг: Norris, National-Oilwell-Varco, Shengli Oilfield Highland Petroleum Equipment Co., Ltd, Weatherford, Cameron, Nordson, Battenfeld, Tuboscope Vetco, та ін [11].

“Клас міцності” (за API):

Насосна штанга сорту С: відрізняється помірною міцністю і хорошою жорсткістю і може використовуватися в кислому середовищі, оскільки не схильна до розтріскування під дією напруги в сульфідовмісному середовищі.

Насосна штанга сорту D: виготовляється з високоякісної легованої сталі та піддається термічній обробці. Відрізняється високою еластичністю і межею плинності, хорошою жорсткістю. Може застосовуватися в некорозійному або малокорозійному середовищі.

Насосна штанга сорту V: відрізняється хорошою стійкістю до корозії, сірчановодневої і O₂ і NaCl середовищу і високим опором розтягуванню. Вона є новою розробкою і застосовувана для малих насосів глибоких свердловин, великих насосів для форсованого видобування і відкачування в'язкої нафти.

Насосна штанга сорту H: відрізняється високою міцністю. Конструкція і розмір насосної штанги сорту H такі ж, як у насосної штанги сорту D, але міцність досягає 996-1136 МПа (140,000-164,720 psi). Цей сорт застосовується у глибоких свердловинах і свердловинах з великим заміщенням [2].

Зведемо до таблиці наведені вище дані:

Таблиця 3 – Класифікація насосних штанг за ознаками

Ознака	Вид
За стандартом виготовлення	згідно із стандартами ГОСТ 13877-96, Держстандарту РФ та Американського нафтового інституту (API).
Призначення	зворотньо-поступальний рух плунжера;
	обертання ротора;
	зворотньо-поступальний рух плунжера, подавання реагентів і рідин та канал для електричного кабелю.
Матеріал штанги	сталеві;
	склопластикові;
	алюмінієві сплави.
Форма поперечного перерізу	суцільні;
	порожнисті.
Довжина	стандартної (звичайної) довжини;
	вкорочена.
Спосіб виготовлення	суцільні;
	зварні.
Вага	стандартні насосні штанги;
	заглиблювані (“обважені”) насосні штанги.
Спосіб монтажу	за допомогою різьбових муфт;
	за допомогою безрізьбових з’єднань
	неперервні, намотувані на барабані.
Антикорозійне покриття	металеве покриття;
	неметалеве покриття.
“Поперечний переріз штанги”	суцільні
	порожнисті
“Полірований шток”	полірований шток сорту D;
	полірований шток із збільшеним діаметром одного кінця;
	високоміцний довгоходовий корозійностійкий полірований шток
Клас міцності	сорту D
	сорту C
	сорту V
	сорту H

Висновки

На думку авторів, запропонована класифікація насосних штанг може бути використана як база за умови відбору певного типу насосних штанг залежно від можливих умов роботи штанги та їх області застосування.

Література

- ГОСТ 13877-96. Межгосударственный стандарт. Штанги насосные и муфты штанговые. Технические условия. – К.: Госстандарт Украины, 2002. – 28 с.
- API Spec. 11B. Sucker rods, 26th Edition. 1998. – 58 p.
- Фаерман И.Л. Штанги для глубинных насосов / Фаерман И.Л. – Баку.: Азовнефтеиздат, 1955. – 323 с.
- Круман Б.Б. Глубиннонасосные штанги / Круман Б.Б. – М.: Недра, 1977. – С. 181.
- <http://nglib.ru/>
- <http://www.norteks.ru/>
- <http://www.ocher.ru/>
- <http://www.niti-progress.ru>
- <http://www.neftemash.ru>
- <http://www.norris.com>
- <http://www.national-oilwell.com>
- Копей В.Б. Насосні штанги свердловинних установок для видобування нафти / Копей В.В., Копей В.Б., Копей І.В. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 406 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
24.11.10
Рекомендована до друку професором
В.М. Івасівим*