

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ПРОТИВИКИДНОГО ОБЛАДНАННЯ СВЕРДЛОВИН

В.Г. Панчук, Л.О. Борушак, В.В. Врюкало

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 727126,
e-mail: v_panch@ukr.net

Робота присвячена проблемі перевірки протівикидного обладнання устя свердловин на герметичність перед вводом в експлуатацію чи після капітального ремонту. Наразі вказані випробування проводяться з використанням пересувної насосної установки високого тиску, через що тривалість випробувань та їхня вартість суттєво зростають. Відомий пристрій для проведення випробувань протівикидного обладнання на герметичність без пересувної насосної установки, проте надійність і ефективність його невисока з причини ненадійної герметизації необхідного об'єму свердловини. Авторами статті запропоновано конструкцію пристрою, новизною якого є вузол для забезпечення підвищеної герметичності випробуваного об'єму та внутрішній поршневій нагнітач тиску робочого середовища. В основі конструкції герметизуючого вузла закладено двобічну розтискну цангу з еластичними манжетами. Герметизацію здійснюють розтисканням кінців цанги, на яких змонтовані манжети, а високий тиск створюють силою тяги поршня.

Конструювання пристрою та перевірку працездатності його елементів виконано із застосуванням комп'ютерних технологій, що базуються на методі скінченних елементів.

Ключові слова: устя свердловини, превенторний блок, фонтанна арматура, маніфольд, герметичність, цанга, манжета.

Робота посвячена проблеме проверки протівовыбросового оборудования устья скважин на герметичность перед вводом в эксплуатацию или после капитального ремонта. Сейчас подобные испытания производятся с использованием передвижной насосной установки высокого давления, вследствие чего длительность испытаний и их стоимость существенно возрастают. Известно устройство для проведения испытаний протівовыбросового оборудования на герметичность без передвижной насосной установки, но надёжность и эффективность его невисока вследствие ненадёжной герметизации необходимого объёма скважины. Авторами статьи предложена конструкция устройства, новизной которого является узел для обеспечения повышенной герметичности испытываемого объёма и внутренней поршневой нагнетательной цанги с эластичными манжетами. Герметизацию производят разжимом концов цанги, на которых смонтированы манжеты, а высокое давление создают силой тяги поршня.

Конструирование устройства и проверка работоспособности его элементов выполнены с использованием компьютерных технологий, базирующихся на методе конечных элементов.

Ключевые слова: устье скважины, цанга, напряжения, герметичность, превенторный блок, фонтанная арматура, манифольд, герметичность, цанга, манжета

The article deals with the issue of testing of the wellhead blowout preventers for integrity before placing a well on production or after workover. At present, the mentioned tests are conducted with the help of a mobile high-pressure pumping unit which has considerably increased the test time and their cost. The equipment for conducting tests of the blowout preventers for integrity without the mobile high-pressure pumping unit is known but its reliability and efficiency are not high because of insecure sealing of the needed well section. The authors of the article developed the equipment design which has an inner piston supercharger of the process pressure and assembly for providing higher sealing of the tested object. The sealing assembly design is based on the double-sided expanding collet with elastic cuffs. Sealing is conducted by moving apart the collet ends on which there are cuffs and the high pressure is created by the piston pull force.

Designing of the equipment and testing of its elements was conducted with the help of computer technologies that are based on the finite-element method.

Key words: wellhead, stack of blowout preventers, Christmas tree, manifold, integrity, collet, cuff

Постановка проблеми та її роль в освоєнні нафтових та газових родовищ

В процесі спорудження та ремонту нафтових і газових свердловин їх устя обладнується протівикидним обладнанням (ПВО) [1,3], що призначене для швидкої і надійної герметизації устя нафтових і газових свердловин при наявності чи відсутності в ній колони труб, циркуляції бурового розчину в пласт, відводу газу і нафти, які поступають із свердловини, на безпечну віддаль з метою попередження викидів і відкритих фонтанів. До складу ПВО входять стволова частина, система трубопроводів з ар-

матурою та система керування. Протівикидне обладнання забезпечує герметизацію устя свердловини при наявності в ній колонної труби чи при її відсутності, розходження, прокручування і протягування бурових труб із замковими з'єднаннями та обсадних труб із муфтовими з'єднаннями.

Згідно чинних технічних регламентів ПВО повинно проходити випробування на герметичність після монтажу на свердловині тиском, що сягає 35 МПа протягом 10-15 хвилин. Традиційна схема випробування змонтованого протівикидного обладнання передбачає закриття превентора на трубі або трубній колоні і ство-

рення під превентором тиску води з допомогою мобільної насосної установки, під'єднаної до маніфольдної лінії противикидного обладнання.

Така схема випробування змонтованого противикидного обладнання має два суттєвих недоліки:

1. Значна, а в деяких випадках велика вартість випробувальних робіт. Це пов'язано перш за все з довготривалим утримуванням мобільної насосної установки на свердловині при ускладненнях, що виникають в процесі випробування; інколи значним віддаленням свердловини від технічної бази підприємства; бездоріжжям в осінньо-зимовий та зимово-весняний періоди; значними експлуатаційними витратами тощо.

2. При випробуванні часто необхідно захищати обсадну колону від дії випробувального тиску. Для цього використовується пакер (свердловинний герметизатор), який відокремлює ствол свердловини від устьового обладнання. Такий пакер також необхідно використовувати при гідравлічному випробуванні устьового обладнання в умовах відкритого ствола свердловини (наявність необсадженого ствола, зони перфорації експлуатаційної колони).

Наявність вказаних недоліків описаної схеми випробування противикидного обладнання інколи призводить до неякісного випробування (з порушенням вимог чинних регламентів), що зменшує надійність противикидного обладнання, збільшує імовірність нафтогазопросялень.

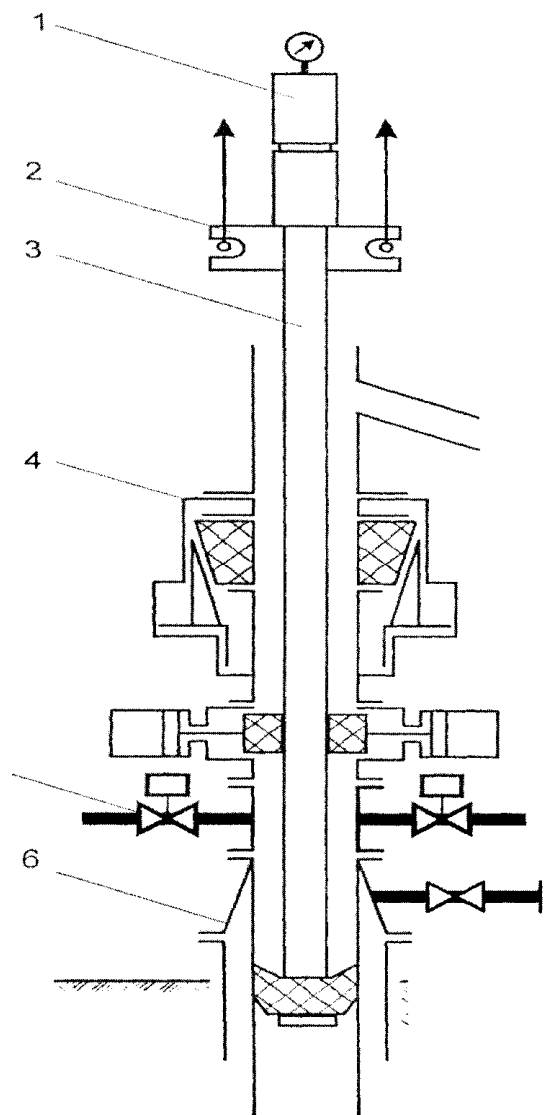
Огляд останніх закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Фахівцями кафедри нафтового обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу запропоновано схему випробування змонтованого противикидного обладнання без використання мобільної насосної установки (рис. 1). Суть запропонованої схеми полягає у використанні патрубку з поршнем, що опускається в колонну головку і обтискаються превентором, як джерела робочого тиску при випробуванні.

Недоліком такої схеми є необхідність протягування поршня у колоні труб великого діаметра, які досить часто мають внутрішні пошкодження у вигляді рисок, канавок та деформованих ділянок. Наявність таких дефектів призводить до втрати герметичності у зонах пошкодження стінок колони і, відповідно, до імпульсних втрат тиску та гідравлічних ударів. Випробування вказаним методом вимагає прикладання тягових зусиль на підйомному механізмі порядку 10^6 Н (100 Т). Як наслідок, втрачається довговічність превенторного блоку.

Постановка задачі дослідження

Ми поставили перед собою завдання вдосконалити випробувальний пристрій таким чином, щоб створити підвищену герметичність



1 - контрольно-запобіжний пристрій;
2 - елеватор; 3 - випробувальний патрубок;
4 - превенторний блок; 5 - маніфольда лінія;
6 - колонна головка

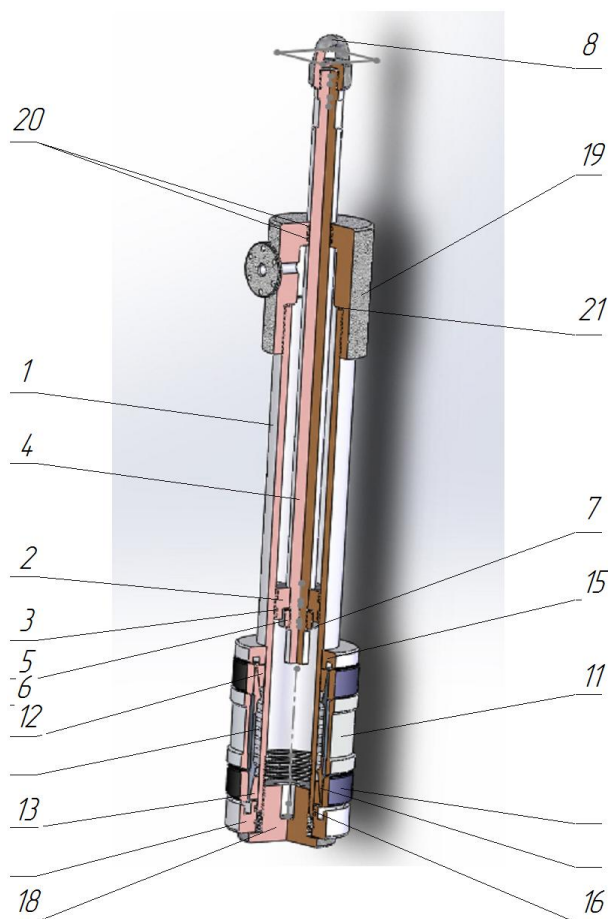
Рисунок 1 – Схема опресування противикидного обладнання на свердловині

робочого об'єму і зменшити тягові зусилля на підйомному механізмі. Для досягнення поставленої мети передбачається удосконалення конструкції опресувального пристрою шляхом введення герметизуючого нерухомого вузла з пружним сталевим елементом та застосування комп'ютерних технологій, а саме пакету програм Solid Works, для конструювання елементів пристрою.

Основний зміст і результати роботи

Для досягнення поставленої мети було розроблено конструкцію пристрою, що зображений на рисунку 2. Елементи деталей базуються на рекомендаціях нормативних матеріалів [4].

Опресувальний пристрій отримав маркування ОП-245x35ПГ, а його технічна характеристика наведена в таблиці 1.



1 - гільза, 2 - поршень, 3 - кільце ущільнюоче, 5 - гайка, 6 - шайба, 7 - стопорний гвинт, 8 - вухо, 9 - манжети, 10 - цанга, 11 - розпірна втулка, 12, 13 - верхній та нижній розпірні конуси, 14-пружина, 15 - опорне кільце, 16 - натискне кільце, 17 – ущільнюоче кільце, 18 - пробка, 19 - головка, 20 - сальники, 21- торцеві ущільнення

Рисунок 2 – Конструкція пристрою для опресування підвищеної герметичності

Розглянемо детально конструкцію пристрою підвищеної герметичності для опресування противикидного обладнання (рисунок 2).

Основою пристрою з підвищеною герметичністю роботи є гільза 1, яку рекомендовано виготовити з високоміцної легованої сталі. Заготовкою може бути бурильна або обтяжена бурильна труба, у якій обробляють внутрішню та (або) зовнішню поверхню залежно від розміру експлуатаційної колони чи інших факторів. Внутрішню поверхню гільзи слід хонінгувати для зменшення тертя. Стінки гільзи мають певне число отворів для перепускання робочої рідини (води) в об'єм колони. У гільзі ковзає поршень 2 з ущільнюючими кільцями 3, який, в свою чергу, кріпиться на штоці 4 гайкою 5 та шайбою 6. Кільця рекомендовано виготовляти з гуми марки 4004-4 або синтетичного каучуку марки СКН 40. Число кілець бажано не менше трьох. Для надійної фіксації гайки на різьбі штока застосовано стопорні гвинти 7.

Таблиця 1 – Технічна характеристика пристрою ОП-245х35ПГ

Максимальний тиск опресування, МПа	32
Температура робочого середовища, °С, не більше	+5°С...+50°С
Умовний діаметр експлуатаційної колони, в якій використовується опресувальний пристрій, мм	245
Габаритні розміри, мм висота ширина	1100 422
Сумарний осьовий хід конусів, мм	38,5
Величина розтискання манжет по діаметру, мм	8
Керування пристроєм	дистанційне, з пульта
Тиск спрацювання запобіжного клапана, МПа	32
Тягове зусилля на штоці для досягнення максимального тиску	

На верхньому кінці штока за допомогою різьби кріпиться вухо 8, через яке на шток і поршень передається тягнуче зусилля від бурової лебідки або іншого пристрою. У тому випадку, коли діаметр колони великий і потрібні великі зусилля, то застосовують елеватор, який намагають на шток, в іншому разі достатньо використати гак. Під різьбовою частиною штока виконано ділянку квадратного перерізу, поверхня якої служить для передачі крутного моменту від штока до деталей вузла герметизації. Щоб забезпечити високу герметичність і довговічність пристрою поверхню штока піддають суперфінішуванню та полірують. Нижній (за рисунком) кінець штока є квадратного перерізу.

На нижньому кінці гільзи змонтований вузол для герметизації необхідного об'єму експлуатаційної колони. Основними елементами вузла є гумові манжети 9, одягнені на нижній і верхній кінці розтискної цанги 10. Манжети виготовлені з пакерної гуми і в перерізі нагадують паралелограм із заокругленими кутами. Цанга має не менше 10 – 12 пелюсток, а ширина розрізів, особливо під манжетами, повинна бути мінімальна, щоб не “закусувати” гуму манжет. Від осьового зміщення манжети зафіксовано розпірною втулкою 11, внутрішній діаметр якої повинен бути таким, щоб забезпечити максимально можливе розходження пелюсток цанги. Внутрішні робочі поверхні цанги виконані конічними з кутом в межах 12–14°, а саме ці поверхні з обох боків обмежені кільцевими буртиками, які обмежують переміщення розпірних конусів – верхнього 12 та нижнього 13. Щоб виключити можливість “залипання” конусів у цанзі, їхні торці, звернені один до одного, розперті спіральною циліндричною пружиною 14.

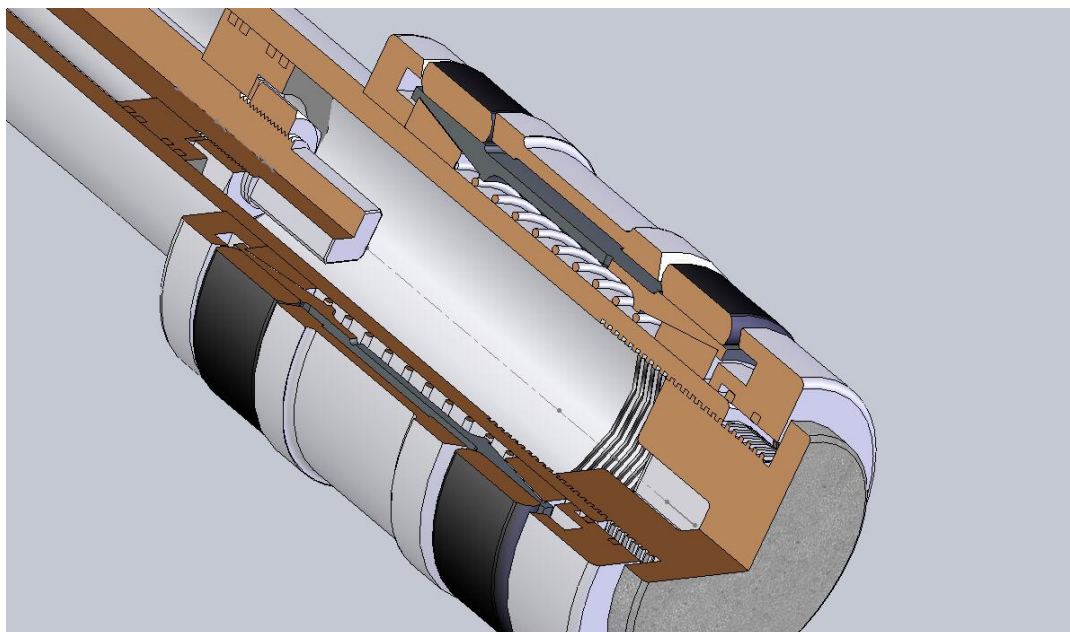


Рисунок 3 – Конструкція вузла герметизації превенторної частини свердловини

Зовнішні торці розпірних конусів контактують з верхнім опорним кільцем 15, яке на-пресоване на гільзу 1 до торця виточки, та нижнє натискне кільце 16. Останнє ковзає по зовнішній циліндричній поверхні гільзи, а зазор між цими деталями ущільнено манжетами 17. Кільцеві поверхні опорного та натискного конусів, які контактують з манжетами 9 мають форму зрізаних конусів, менші за діаметром торці яких спрямовані вниз. Таким чином забезпечується надійний упор манжет під час прикладання навантаження до штока.

У нижній частині внутрішньої циліндричної поверхні гільзи нарізано упорну різьбу прямокутного або трапецієвидного перерізу. Спряженою до цієї різьбової поверхні є ідентична поверхня пробки 18. Пробка зовнішнім кільцевим упором контактує з нижнім торцем натискного кільця 16, а у верхньому торці має квадратний отвір під нижній кінець штока 4.

На верхній кінець гільзи нагвинчена головка 19, через центральний отвір якої проходить шток 4. Зазор між цими деталями ущільнено манжетами 20. Щоб не витікала робоча рідина через зазори в різьбовому з'єднанні, у виточку на верхньому (по рисунку) торці гільзи вставлено торцьове ущільнення 21. В головці 19 зроблено отвір з різьбою для під'єднання до головки трубопроводів, а на зовнішній поверхні зроблено патрубок з фланцем, до якого кріпиться запобіжний клапан 22 або інший запобіжний пристрій для обмеження випробувального тиску в пристрої.

В нашому випадку пристрій розраховано на діаметр експлуатаційної колони 245 мм. При переналагодженні пристрою на проведення випробувань у колоні дещо більшого діаметра, слід замінити манжети 9 або комплект деталей, у який входять також цанга, розпірні конуси, опорне та натискне кільця, пружина і пробка.

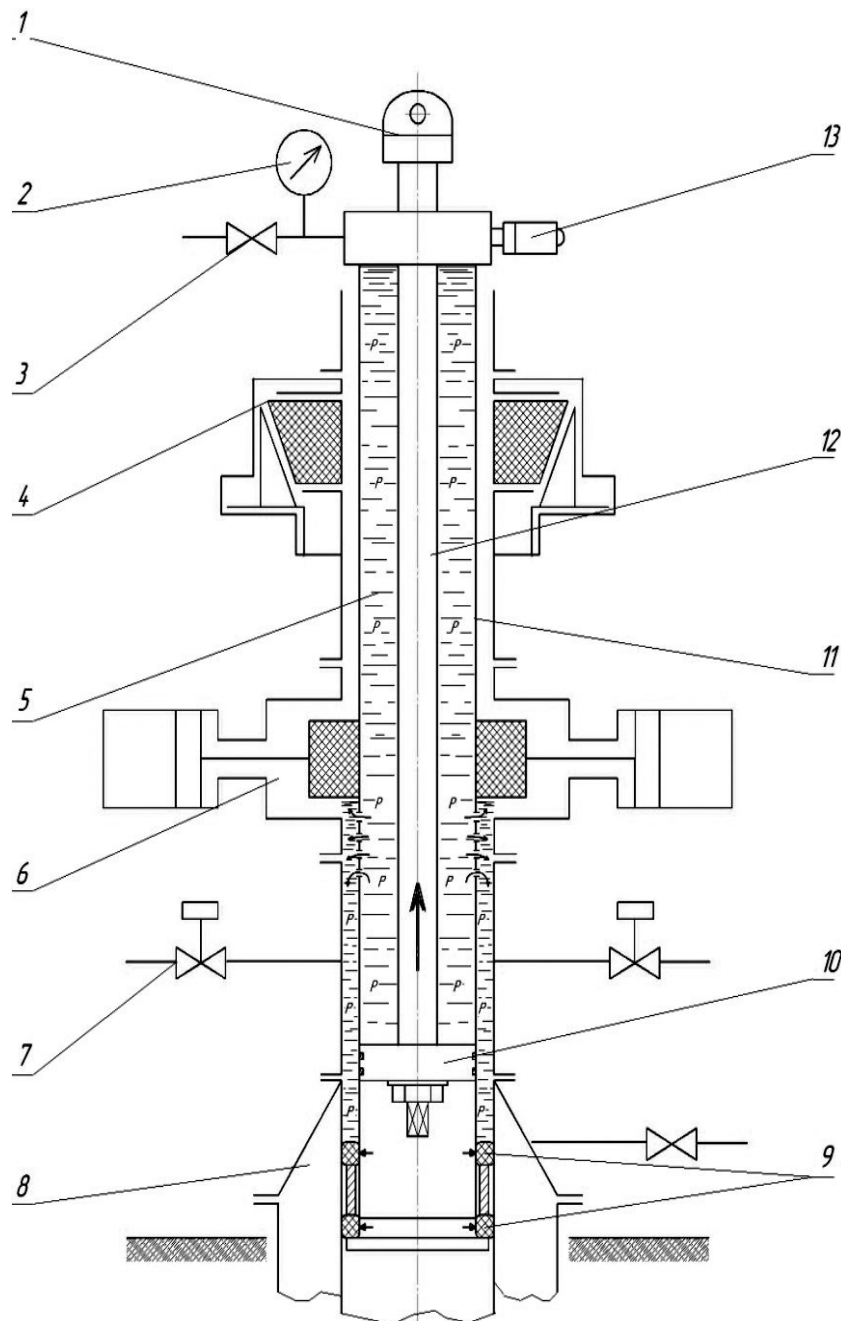
Величини зазорів між торцями опорного і натискного кілець та розпірних конусів та між манжетами і опорним та натискним кільцями, а також між манжетами та розпірною втулкою підбирають в процесі налагодження пристрою. Вони повинні бути такими, щоб при вкручуванні пробки цанга розтискала манжети, а опорне і натискне кільця стискали манжети в осьовому напрямі і, таким чином, сприяли збільшенню діаметра останніх.

Детально конструкція вузла герметизації превенторної частини свердловини зображена на рисунку 3.

Для автоматизації проектно-конструкторських робіт, зокрема для оптимізації конструкції та при виборі розмірів окремих елементів, а також для перевірки конструкції пристрою на міцність було використано редактор Solid Works 2010 з додатком для виконання досліджень методами скінченно-елементного аналізу Simulation [6].

Схему проведення випробувань зображено на рисунку 4.

Особливість методики проведення випробувань пристроєм підвищеної герметичності полягає в наступному. У свердловину опускається і підвішується до гака бурової або підйомної установки випробувальний пристрій, будова якого описана вище. Пристрій потрібно зафіксувати на потрібному рівні в свердловині. Після закриття превентора і фіксації пристрою опускають шток пристрою до входження в контакт нижнього квадратного кінця останнього і поверхні квадратного отвору у поворотній пробці. За допомогою ручного ключа або механічного пристрою обертають шток з пробкою до тих пір, поки цанга не розтисне герметизуючі манжети з гарантованим зусиллям їх притискання до стінок експлуатаційної колони, яке встановлюється експериментально. Крім того, весь пристрій за головку гільзи домкратом пере-



1 - провухина, 2 - контрольний пристрій, 3 - вентиль, 4 - універсальний превентор, 5 - робоче середовище, 6 - плашковий превентор, 7 - лінія маніфольда, 8 - головка колонна, 9 - манжети, 10 - поршень, 11 - гільза, 12 - шток. 13 - запобіжний пристрій

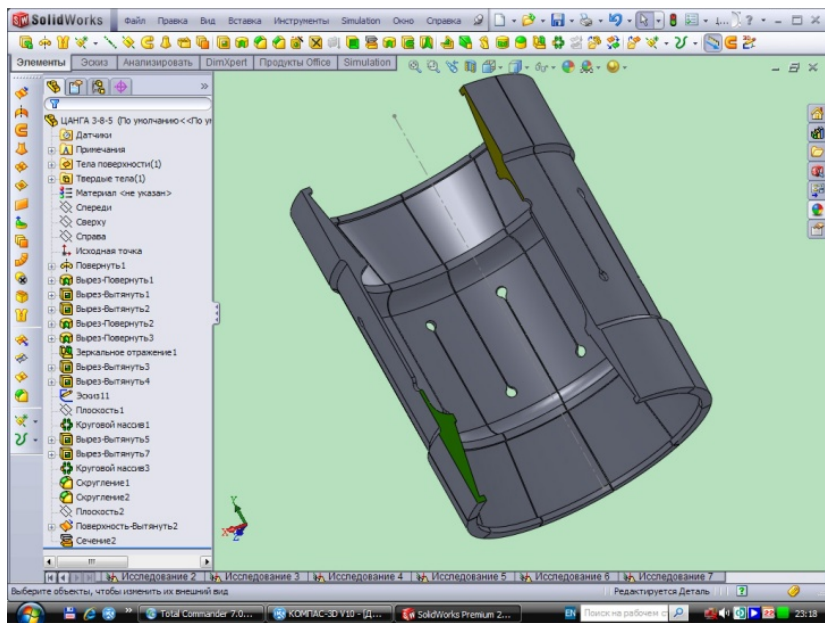
Рисунок 4 – Схема випробувань противикидного обладнання пристроєм підвищеної герметичності

міщують вгору з певним зусиллям (величину встановлюють експериментально) до надійного впирання манжет у внутрішню поверхню колони.

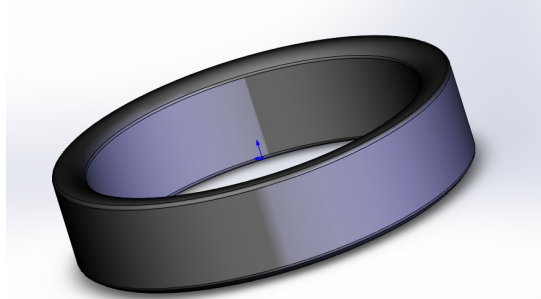
До головки пристрою приєднують патрубков, до якого, в свою чергу, підключений контрольний прилад для вимірювання тиску та вентиль. Через цей патрубок об'єм гільзи, що знаходиться під поршнем, та об'єм тієї частини колони, що знаходиться над манжетами випробувального пристрою заповнюють робочою рідиною (водою). При цьому бажано повністю стравити повітря з вказаних об'ємів. Після цього перекривають вентиль, щоб запобігти зворо-

тньому рухові рідини. Гак бурової чи підіймальної установки переміщує вгору шток з поршнем, створюючи таким чином під превентором необхідний випробувальний тиск.

Контроль за величиною випробувального тиску здійснюють вимірювальним приладом (манометром). В разі виникнення ускладнень і аварійних ситуацій, викликаних створенням надмірного тиску під превентором, що може призвести до руйнування опресувальної системи, спрацьовує контрольний-запобіжний пристрій (в нашому варіанті – запобіжний клапан), приєднаний до патрубка головки.



а)



б)

Рисунок 5 – Конструкція розтискної цанги (а) та герметизуючої манжети (б)

Превага запропонованої конструкції оперувального пристрою та дещо зміненої схеми випробування противикидного обладнання полягає в наступному:

1) Випробувальний пристрій забезпечує вищу герметичність відсікання випробуваного об'єму за рахунок використання щонайменше двох ущільнюючих манжет та надійної їх фіксації у колоні.

2) Під час випробувань необхідно прикласти менше підймальне зусилля до пристрою, оскільки площа поршня, що сприймає тиск робочого середовища, є меншою, ніж опорна площа перерізу рухомих елементів раніше спроектованого пристрою. Вказаний фактор знижує енергоємність процесу випробувань.

3) Зростає довговічність пристрою, бо відсутнє переміщення гумових елементів у колоні та їх тертя до шорстких і пошкоджених стінок колони і, відповідно, зношування.

4) Підвищується універсальність пристрою в цілому, бо для випробувань проти викидного обладнання на свердловинах різного діаметра достатньо змінити комплект рухомих деталей (конуси з пружиною, натискні кільця та цангу) і, власне, манжети.

5) Відсутнє активне переміщення зовнішніх поверхонь пристрою відносно ущільнюючих елементів превенторів, а це підвищить довговічність останніх.

Дуже важливою деталлю пристрою, від якої залежатиме його здатність герметизувати випробувану порожнину з робочим середовищем, є цанга. Конструкцію такої цанги зображено на рисунку 5.

Традиційно цанги застосовуються у машинобудуванні як елемент конструкції пристроїв для механічної обробки, а саме для закріплення заготовок по внутрішній чи зовнішній поверхні. При цьому зміна радіального розміру цанг становить незначну величину, всього кілька десятих міліметра, і ця величина визначається відхиленням діаметра заготовки або інструменту.

Ми пропонуємо використати цангу за нетрадиційним призначенням – як елемент, що повинен деформувати кільцеві манжети, збільшуючи їхній розмір і притискаючи їх до стінок труби. Особливістю цанги є те, що вона виконана двосторонньою – з обох кінців виконані розтискні внутрішні конічні поверхні, а з зовнішнього боку на цангу монтують манжети. Очевидно, що конструкція цанги повинна забезпечувати зміну радіального розміру робочих поверхонь пелюсток і, відповідно, деформацію цанги на величину до 3–5 мм. Сприятливою передумовою для отримання таких значень деформацій є її значний діаметр (202 мм) та довжина (270 мм). Очевидно, що товщина прорізів між пелюстками цанги є мінімальною для того, щоб не “закусувати” матеріал гумової манжети

і становить 0,5 – 0,6 мм. Необхідно також забезпечити довжину контактних поверхонь цанги до 55 – 65 мм відповідно до ширини манжет.

Як матеріал деталі вибираємо сталь AISI 4340 (аналог сталі 65Г, нормалізованої) з модулем пружності $2,05 \cdot 10^{11}$ МПа, коефіцієнтом Пуассона 0,32, границею міцності на розтяг 1100 МПа та густиною 7850 кг/м^3 .

В результаті проведення комп'ютерних досліджень було встановлено, що запропонована конструкція цанги забезпечує максимальне розходження пелюсток до 3,9 мм на сторону, чого цілком достатньо для виконання цієї деталлю своєї функції.

Висновки та рекомендації

В даній роботі представлено конструкцію пристрою, що забезпечує підвищену герметичність верхньої частини експлуатаційної колони за рахунок відділення нагнітаючої камери від основного об'єму колони. З цією метою сконструйовано механізм герметизації на базі цангового розтискача та оригінальної конструкції манжет. Проведено перевірку працездатності та оптимізацію конструкції розтискної цанги методами скінченно-елементного аналізу із використанням прикладної програми Solid Works та її модуля Simulation.

Застосування розробленого пристрою дозволить виконати випробування без використання мобільної насосної установки, що суттєво зменшить витрати на контроль свердловини перед введенням її в експлуатацію.

Література

- 1 Иогансен К.В. Спутник буровика: Справочник; 3-е изд., перераб. и доп. / К.В. Иогансен. – М.: Недра, 1981. – 199 с.
- 2 Костриба І.В. Розроблення та дослідження пристрою для випробування противикидного обладнання / І.В.Костриба, І.С.Палійчук, В.В.Михайлюк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – № 3. – С. 104-107.
- 3 Костриба І.В. Випробування нафтогазопромислового обладнання / І.В. Костриба. – Івано-Франківськ: Факел, 2007. – 76 с.
- 4 Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Ануриев – М.: Машиностроение, 1978. – Т. 1. – 728 с.
- 5 Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / А.К. Горошкин. – М.: МАШГИЗ, 1962. – 380 с.
- 6 Алямовский А.А. *COSMOSWorks*. Основы расчета конструкций на прочность в среде *SolidWorks* / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 784 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
15.04.14*

*Рекомендована до друку
професором Петриною Ю.Д.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором Никифорчиним О.Р.
(Прикарпатський національний університет
ім. В. Стефаніка, м. Івано-Франківськ)*