УДК 622.24
DOI: 10.31471/2304-7399-2024-19(73)-126-139

РОЗРОБЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЦЕНТРАТОРА ДЛЯ ОБСАДНИХ КОЛОН ПОХИЛО СКЕРОВАНИХ СВЕРДЛОВИН

М. В. Сенюшкович, О. Б. Марцинків, І. І. Витвицький, І. Ф. Дудич, Б. О. Марцинків, І. І. Витвицький (мол.)
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу; 76019, м. Івано-Франківськ, Україна, вул.Карпатська 15; тел./факс +380 (3422) 72 71 37; e-mail: drill@nung.edu.ua

Розглянуто проблему формування надійного кріплення похило скерованих свердловин завдяки ефективному центруванню обсадних колон у них. Проаналізовано виробничий матеріал, що стосується спорудження свердловин БУ «Укрбургаз» за період 2000-2023 рр. Відмічено переважаюче зростання обсягів буріння похило скерованих свердловин, а разом із тим збільшення кількості випадків їх неякісного кріплення. Основні ускладнення, що пов'язані з неякісним кріпленням, стосуються недопуску обсадних колон до проектних глибин. Проаналізовано особливості конструкцій похило скерованих свердловин та наголошено, що основна причина недопуску полягає у наявності жолобних виробок на їх стінках, котрі можуть мати різну форму та велику протяжність. Виконано огляд використовуваних на сьогодні центраторів та встановлено, що їх технічні характеристики не дозволяють забезпечити безперешкодний спуск обсадних колон, особливо за просторового викривлення осі свердловини та наявності жолобних виробок на її стінках. Також вони не завжди можуть сприяти концентричному розташуванню колони у свердловині та утворенню кільцевого зазору необхідного розміру. Розроблено конструкцію пружно-жорсткого центратора, котрий забезпечує високу прохідність обсадної колони по стволу свердловини та ефективність центрування і створює належні умови для формування якісного і надійного кріплення.

Ключові слова: *похило скерована свердловина, кріплення, надійність, центратор, стінка свердловини, жолобна виробка, ускладнення, кільцевий простір, тампонажний розчин.*

Вступ. На сьогодні у нашій державі надто складна ситуація із забезпеченням потреби енергоносіїв, що потребує підвищення ефективності розробки нафтогазових родовищ та збільшення коефіцієнта флюїдовилучення. Цього можна досягнути завдяки нарощуванню обсягів буріння свердловин на великі глибини, у тому числі і похило скерованих [1]. Але буріння таких свердловин пов’язано з необхідністю вирішення складних техніко-технологічних завдань, серед яких слід виділити забезпечення високого рівня надійності їх кріплення, на що переважаючий

вплив має якість розмежування пластів. Негативні наслідки неякісного розмежування пластів призводять до міжколонних тисків, міжпластових перетоків та грифонів, у результаті чого втрачаються обсяги видобування флюїду, а на усунення таких проблем необхідні значні кошти і час, котрі пов'язані з проведенням ремонтно-ізоляційних робіт [2, 3]. Якість розмежування пластів передусім залежить від концентричності розміщення обсадної колони у свердловині та повноти заміщення промивальної рідини у її кільцевому просторі на тампонажний розчин. Якщо у кільцевому просторі формуються так звані зони «защемлення», тобто залишається невитісненою промивальна рідина, то у кріпленні свердловини викають канали для міграції флюїду. Формування таких зон залежить від цілої низки чинників, основними з яких прийнято вважати підготовку ствола свердловини до виконання тампонажних робіт, застосування буферних рідин, оснащення обсадних колон технічними пристроями, і перш за все – центрувальними. У теперішній час для центрування обсадних колон у свердловинах застосовують різні типи центраторів, але серед їхнього розмаїття насамперед центратори пружинного типу, а в окремих випадках – жорсткі [4, 5]. Однак такі центратори мають обмежені технічні характеристики, а недостатня обгрунтованість інтервалів їхнього розташування та вибору кількості призводять до ускладнень процесу спуску обсадної колони у свердловину, перевитрати центруючих пристроїв в одних інтервалах та недостатньої кількості в інших, що загалом знижує ефективність роботи цих пристроїв.

Постановка проблеми. Аналіз промислового матеріалу свідчить, що за останні десятиліття в нашій державі у загальному обсязі бурових робіт стрімко зростає частка буріння похило скерованих свердловин. Незважаючи на те, що вартість таких свердловин в 1,5-1,8 рази вища, порівняно з вертикальними, доцільність їх буріння не піддається сумніву унаслідок швидкої окупності. Сьогодні відома ціла низка інженерних рішень, спрямованих на підвищення надійності кріплення похило скерованих свердловин, однак вирішення завдання ефективного центрування обсадної колони за складної конфігурації осі свердловини залишається актуальним та підтверджено показниками з кріплення свердловин у БУ «Укрбургаз» за період з 2000-2023 рр, що подано в табл. 1.

Дані табл. 1 свідчать, що за зростаючих темпів буріння свердловин загалом, за аналізований період обсяги похило скерованого буріння збільшились і за три останні роки досягли у середньому 62,1% від загальної кількості пробурених свердловин. З тієї ж таблиці видно, що процес спорудження свердловин часто супроводжується неякісним кріпленням, а кількість похило скерованих свердловин з такими проблемами, за цей же період, становить 50,7%. На підставі детального аналізу виробничих даних нами виділено такі основні види неякісного кріплення свердловин: недопуск колон до проектної глибини; недопідйом цементного розчину за колоною; оголення башмака обсадної колони; залишення великих цементних стаканів.

Таблиця 1. Показники з кріплення обсадними колонами свердловин буровим управлінням «Укрбургаз»

Роки	Кількість свердловин			Показники		Кількість випадків неякісного кріплення		
	Всього	з них		проходка, м	Кількість спущених колон, шт	Всього	з них	
		похило скерованих	%				в похило скерованих	%
2000	88	26	29,5	255703	289	34	11	32,3
2001	87	20	23,0	270796	292	32	8	25,0
2002	80	23	28,8	255634	300	32	8	25,0
2003	83	22	26,5	270343	297	23	4	17,4
2004	81	19	23,5	275487	305	18	5	27,8
2005	83	20	24,1	275750	314	13	5	38,5
2006	90	27	30,0	275900	285	6	3	50,0
2007	81	40	49,4	265646	284	9	6	75,0
2008	86	26	30,2	265780	292	4	2	50,0
2009	86	27	31,3	265819	282	6	1	17,0
2010	78	26	33,3	240248	276	1	0	0,0
2011	86	23	26,7	261721	206	1	0	0,00
2012	82	24	29,2	251063	323	2	2	100,0
2013	63	16	25,3	201223	236	3	3	100,0
2014	45	13	28,8	167017	186	2	1	50,0
2015	63	25	39,6	173068	213	2	2	100,0
2016	70	35	50,0	198424	250	4	2	50,0
2017	58	17	29,3	240415	274	4	1	25,0
2018	84	32	38,10	245865	306	18	4	22,22
2019	57	27	47,37	146386	175	13	3	23,08
2020	32	11	34,38	124382	115	19	3	15,79
2021	48	29	60,42	209665	216	14	8	57,14
2022	47	35	74,47	215215	208	10	6	60,00
2023	97	50	51,55	325627	372	17	6	35,29

Також встановлено, що переважаючу частину ускладнень, спричинених неякісним кріпленням свердловин, займає недопуск обсадних колон до проектної глибини, який на різних свердловинах складає від декількох десятків до декількох сотень метрів. Наприклад величини не-

допусків обсадних колон до проектної глибини на окремих свердловинах були такими: на 52-Яблунівка – 653 м; 92-Розпашна – 282 м; 76-Матвіївка – 398 м; 52-Яблунівка – 430 м; 91-Розпашна – 88 м; 78-Яблунівка – 88 м; 56-Чутове – 30 м; 63-Чутове – 49 м; 94-Розпашна – 248 м; 300-Веселівська – 30 м; 152-Мелихівська – 70 м; 200-Котельва – 22 м; 1-Данилівська – н 11 м; 508-Медведівська – 8 м.

Крім того встановлено, що ускладнення у процесі кріплення свердловин виникають не тільки під час спуску експлуатаційних та проміжних колон, але й кондукторів, які спущені на відносно невелику глибину. Такі ускладнення виникали, незважаючи на дотримання всіх заходів з підготовки ствола свердловини до спуску обсадних колон, оснащення колон технічними засобами, зокрема і центраторами та забезпечення встановленого режиму спуску колон. Тому можна зробити висновок, що відомі на сьогодні заходи не забезпечують якісного кріплення похило скерованих свердловин, і відповідно проблема залишається актуальною.

Формулювання мети роботи. Зазначена проблема може бути вирішена шляхом вибору центратора такої конструкції, котра забезпечить допуск обсадної колони до проектної глибини навіть за наявності жолобних виробок на стінках свердловини та мінімально необхідний зазор кільцевий зазор для заповнення його тампонажним розчином, котрий має складати не менше 67% [6]. Зазначене завдання має бути досягнуто завдяки основній експлуатаційній характеристиці центратора пружного типу – здатністю до концентричного розташування обсадної колони у свердловині при будь-якому положенні її осі.

Викладення основного матеріалу. Одним з головних чинників підвищення якості кріплення похилих свердловин є запобігання утворенню жолобних виробок під час буріння або усунення їх негативних наслідків у процесі кріплення. Але практика буріння похило скерованих свердловин свідчить, що для них характерні специфічні особливості, котрі об’єктивно спричиняють ускладнення. Ці особливості полягають в наступному:

1) ствол похило скерованої свердловини має значне відхилення від вертикалі і практично завжди викривлений у просторі, а локальні різкі викривлення зменшують радіус для вільного проходження обсадної колони;

2) ствол свердловини завжди ускладнений жолобними виробками унаслідок обертання колони бурильних труб та її тертя по стінках свердловини під час осьового переміщення а орієнтація виробок у просторі зазвичай невідома;

3) викривлення ствола свердловини здебільшого сприяє підвищенню імовірності осипання гірських порід та утворенню каверн;

4) наявність виробок значного об’єму та каверн можуть бути при-

чиною залишення частини ствола без тампонажного каменю;

5) центрування обсадних колон за наявності жолобних виробок та каверн ускладнене а часто і неефективне;

6) у похило скерованій свердловині навіть застосування центруючих пристроїв для обсадних колон не гарантує повної відсутності контакту колони зі стінками свердловини наслідком чого є ексцентричність її розташування та утворення застійних зон, а на окремих ділянках вони можуть повністю застрягати у виробках на її стінках;

7) під час спуску обсадної колони у похило скеровану свердловину виникають сили опору, пов'язані з силою ваги колони, її жорсткістю, прилипанням до стінок, унаслідок чого можливі недопуски колон до проектних глибин.

Жолобні виробки є однією з основних причин недопуску обсадних колон до проектної глибини, виникнення каналів у заколонному просторі свердловини, оскільки заповнення їх тампонажним розчином у більшості випадків є проблемним через притискання обсадної колони до стінки свердловини [7]. Найскладнішою вважається ситуація, коли обсадна колона не спущена до проектної глибини, оскільки у такому разі можуть бути неізольовані зони певних ускладнень у стволі свердловини, нерозмежовані проникні пласти, чи водонасичені горизонти, неперекриті продуктивні інтервали. Основними причинами недопуску обсадних колон до проектної глибини можуть бути: потрапляння обсадної колони в жолобну виробку; прилипання обсадної колони до стінки свердловини; відсутність або недостатня кількість мастильних матеріалів у промивальній рідині; залишення обсадної колони без руху в процесі спуску; тривале згвинчування обсадних труб і зупинки під час спуску обсадних колон;

Проаналізувавши наведену вище інформацію можна констатувати, що недопуски обсадних колон спричинені в основному жолобними виробками, які трапляються на різних глибинах. Це можна пояснити схильністю різних типів порід до утворення виробок і особливостями конструкції та технології буріння похило скерованих свердловин. На ліквідацію таких ускладнень витрачаються значні кошти, а часто доводиться навіть змінювати конструкцію свердловини, внаслідок чого вона не виконує поставлених завдань. Така ситуація очевидна, незважаючи на дотримання чинних рекомендацій з кріплення свердловини на етапі підготовки її ствола до спуску колони та оснащення її необхідними технічними засобами [3].

У результаті механічної дії бурильної колони на гірські породи утворюються поздовжні виробки неправильної форми у вигляді овалу, еліпса і т.п., довжина яких може сягати сотні і більше метрів. На рис. 1 подано основні форми поперечного перерізу ствола свердловини, отримані за даними профілеметрії на різних свердловинах.

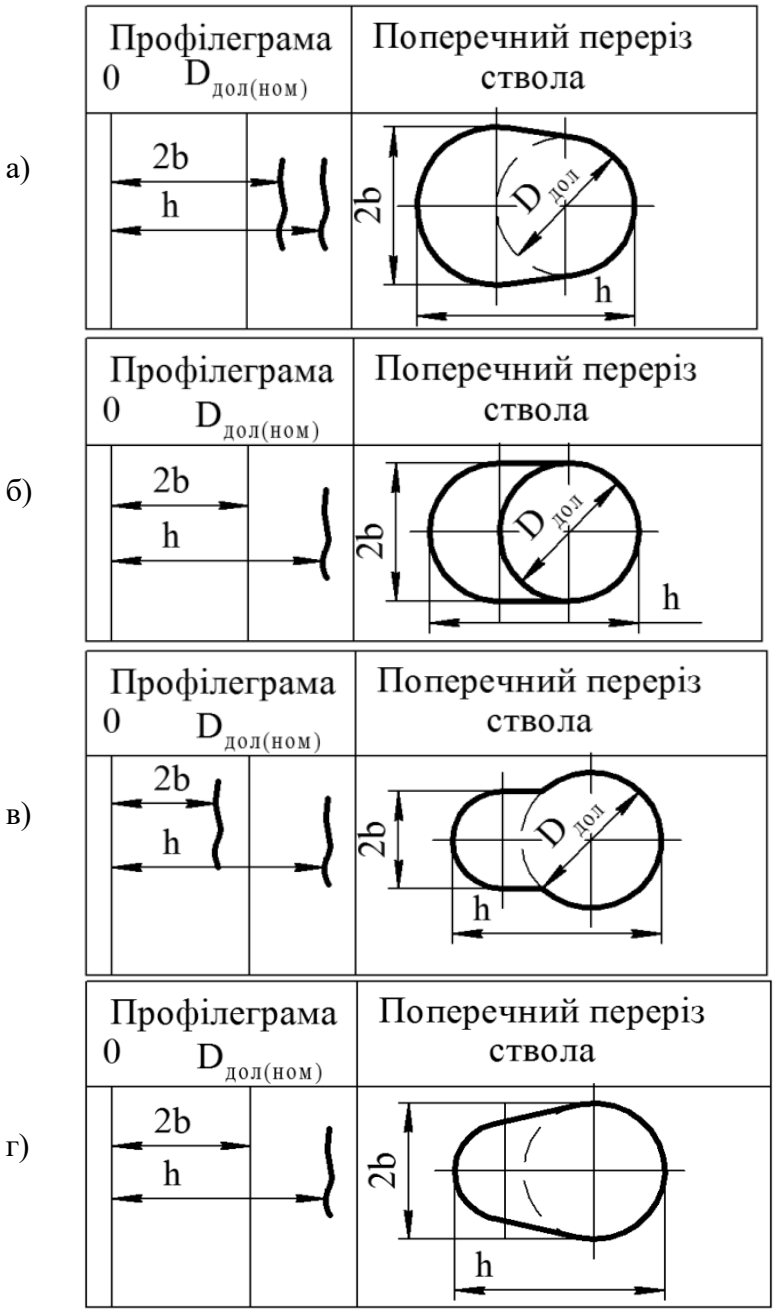

Рис. 1. Основні форми поперечного перерізу ствола свердловини, ускладненого жолобними виробками

З наведених рисунків видно, що жолобна виробка може мати ширину більшу за діаметр долота, рівною діаметру долота і меншу за його діаметр. Форма і розміри виробки залежать від комплектності КНБК, кількості елементів та їхніх розмірів, викривлення осі свердловини, способу буріння та режимно-технологічних параметрів, механічної швидкості

буріння, ступеня відхилення від осі обертання інструменту, властивостей порід. Очевидно, що варіантів ексцентричного розташування обсадної колони у викривленій свердловині, особливо в незакріплених стволах, може бути багато. Найбільш загальним, і водночас небажаним для якісного цементування можна вважати випадок прилягання ділянок обсадної колони до стінок свердловини. В такому випадку колона лежить на стінці свердловини, контактуючи з нею деякою криволінійною площиною (теоретично в ідеальному випадку, якщо прирівняти обсадну колону та свердловину до абсолютно жорстких циліндрів то контакт буде відбуватись по лінії). Якщо ж стінка свердловини деформується утворюючи виробки, або коли на ній сформувалась товста глиниста кірка, розміри площі контакту збільшуються. У будь-якому випадку обсадну колону оснащують центраторами для полегшення її спуску у свердловину, причому центратор має забезпечити вільне проходження колони по жолобних виробках та її концентричне розташування з метою забезпечення необхідного розміру кільцевого зазору. На сьогодні відома низка конструкцій центраторів але здебільшого застосовують пружинні, або жорсткі центратори котрі не забезпечують вирішення зазначених вище проблем [8, 9].

Пружинний центратор типу ФП [4], складається з дугоподібних планок жорстко прикріплених обома кінцями до хомутів, яким оснащується обсадна колона не забезпечує достатньої ефективності центрування обсадних колон у свердловині, особливо похило скерованій, оскільки ступінь центрування повністю залежить від жорсткості центратора. При максимальному навантаженні на центратор від ваги обсадної колони пружні планки повністю стискуються у радіальному напрямку не забезпечуючи мінімально допустимого зазору між обсадною колоною та стінкою свердловини. Крім цього, такі пристрої ускладнюють процес спуску обсадних колон у свердловину.

Розбірний центратор для обсадних колон типу ЦЦ [9] складається з верхньої та нижньої роз'ємних муфт і пружних планок, з'єднаних з ними своїми кінцями. Муфти складаються з сегментів (двох і більше), що мають місця для кріплення кінців пружних планок та петлі для шарнірного з'єднання з сусідніми сегментами. Для обмеження пересування центратора уздовж труби використовують стопорні кільця, що розташовують між верхньою та нижньою муфтами і фіксують у необхідному перерізі витим клином, упорним гвинтом, зварюванням та іншими способами. Цей пристрій також не забезпечує достатньої ефективності центрування обсадних колон у свердловині, оскільки не має жорстких властивостей, не утворює мінімально необхідного зазору між колоною і стінкою свердловини та складно монтується і фіксується на обсадній колоні.

Самоорієнтовний центратор [10], що складається з пружних планок, муфти корпуса з місцями кріплення кінців пружних планок, які

виготовлені за формою циклоїди, довжина і кривизна яких змінюється залежно від радіальних зусиль з можливістю відновлення початкової форми без залишкової деформації і розміщені у вигляді симетричної пелюстки навколо центруючої труби шарнірним закріпленням нижніх кінців з муфтою корпусом на вісі і вільним кріпленням верхніх кінців з фіксацією стопорним кільцевим пружним елементом, для чого на кінцях планок виконані петлі і заокруглений буртик, відповідно. При цьому, фіксатором місця установки центратора є муфта центруючої труби обсадної колони [10]. Цей пристрій також не забезпечує достатньої ефективності центрування обсадних колон у свердловині унаслідок того, що повна радіальна деформація форми планок призведе до контакту обсадної колони та стінки свердловини і як наслідок відсутності необхідного зазору для заповнення цементним розчином. Крім того, він встановлюється тільки у перерізі труби де наявне муфтове з'єднання, а вільне кріплення верхніх кінців планок може призвести до їх тангенціального зміщення на центруючій трубі і виходу центратора з ладу та не допуску обсадної колони до проектної глибини.

Спільною негативною рисою всіх зазначених вище центраторів є те, що неможливе самостійне деформування окремо взятої ланки, унаслідок чого збільшується величина сили опору при проходженні центратором звужених ділянок свердловини.

Нами розроблений пружно-жорсткий центратор [11, 12] що володіє як пружними так і жорсткими характеристиками та ефективно центрує обсадні колони у стволі свердловини, особливо похило скерованій, з забезпеченням утворення мінімально необхідного кільцевого зазору. Центрування обсадної колони відбувається перед закачуванням тампонажного розчину у кільцевий простір між обсадною колоною та стінками свердловини, що дозволить запобігти утворенню застійних зон бурового розчину шляхом його повного витіснення, заповнити увесь об'єм кільцевого простору тампонажним розчином, і як наслідок, сформувати якісне та надійне кріплення свердловини.

Суть конструкції розробленого центратора пояснюється кресленням. На рис.2 наведено схему пружно-жорсткого центратора для обсадних колон у свердловині, на рис.3 – вид елементів центратора у поперечному перерізі по лінії А-А, і на рис.4 – розташування пружної планки у пазах направляючих рейок центратора.

Пружно-жорсткий центратор для обсадних колон складається з нижнього кільця 1 та верхнього 2, до нижнього кільця 1 жорстко приєднані дугоподібні центрувальні планки 3. Верхнє кільце 2 оснащене направляючими рейками 4, однакової ширини та довжини, зі зміщенням по колу на 60 градусів одна відносно іншої. Кожна рейка 4 з обох боків споряджена поздовжніми пазами 5 на всю довжину, у проміжках між рейками 4 встановлені верхні кінці пружних дугоподібних планок 3, бічні поверхні яких оснащені виступами 6, що розташовані у відповідних пазах 5 рейок 4. До вільного торця кожної рейки 4 приєднаний обмежувач переміщення 7 пружних дугоподібних планок 3.

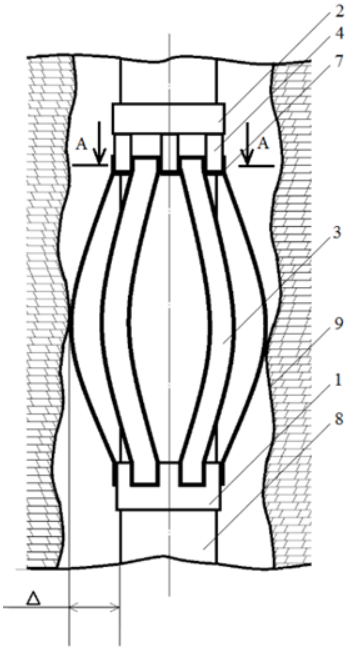

Рис. 2. Схема пружно-жорсткого центратора для обсадних колон у свердловині

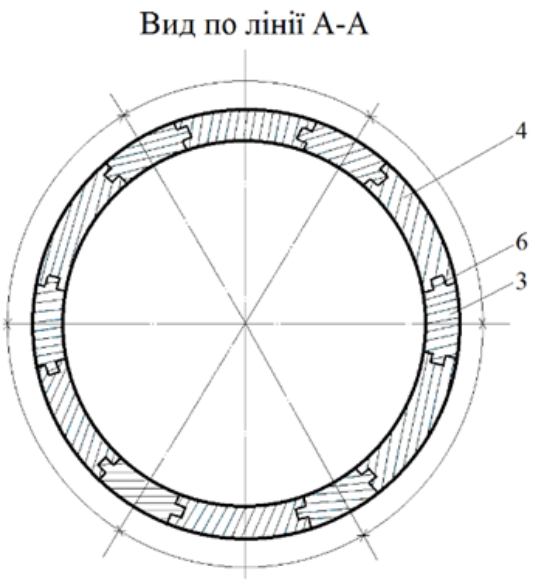

Рис. 3. Вид елементів центратора у поперечному перерізі по лінії А-А

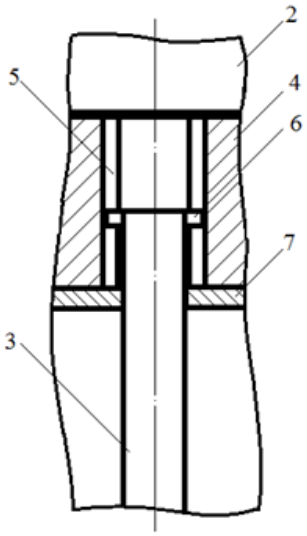

Рис. 4. Розташування пружної планки у пазах направляючих рейок центратора

Центратор встановлюється на обсадній колоні 8 перед згвинчуванням різьбового з’єднання двох труб і кожне кільце 1 та 2 фіксується у необхідному місці будь-яким з відомих пристроїв, наприклад упорним гвинтом (упорний гвинт на рисунку не показаний).

Пристрій працює наступним чином. Підготовлений центратор встановлюють на обсадній трубі пропускаючи її через верхнє 2 та нижнє кільця 1, згвинчують обсадні труби після чого центратор фіксують упорним гвинтом у необхідному місці на трубі. Обсадну колону у процесі її зборки оснащують потрібною кількістю центраторів і спускають до проектної глибини. Кількість пристроїв на обсадній колоні залежить від стану ствола свердловини і вимог до якості кріплення. У процесі спуску, при проходженні центратора через звужені місця ствола свердловини 9, виникає поперечна сила на дугоподібні планки 3, які вільно деформуються незалежно одна від одної (зменшується випуклість) за рахунок поздовжнього переміщення верхнього кінця планки 3 з бічними виступами 6 по пазу 5 кожної направляючої рейки 4. У цьому випадку центратор проявляє тільки пружні властивості, що особливо важливо у разі проходження місць з найменшим поперечним перерізом розрізу свердловини або при проходженні похилих ділянок, що дозволяє зменшити загальну силу опору просуванню колони по стволу свердловини.

У розширеному інтервалі свердловини 9, де відсутня дія поперечної сили на дугоподібні планки 3, вони деформуються у зворотному напрямку за рахунок своїх пружних властивостей, що призводить до збільшення їх випуклості. Величина деформації кожної центрувальної планки 3 і відповідно значення осьового переміщення її верхнього кінця у пазу 5 направляючої рейки 4 залежить від пружних властивостей дугоподібної планки та діаметра свердловини у конкретному перерізі. Максимальне переміщення верхнього кінця кожної центрувальної планки можливе у випадку, коли її торець досягне нижнього торця верхнього кільця 2 і подальше зміщення стає неможливим. Обмежувач 7 запобігає виходу бічних виступів 6 з пазів 5 направляючої рейки 4, що забезпечує працездатність центратора у цілому.

Якщо центратор на обсадній колоні після спуску колони буде знаходитись у вертикальній ділянці свердловини, де її діаметр дорівнює або більший за діаметр долота, то колона буде концентрично розташована у ній і кільцевий зазор Δ (рис.2) буде максимально можливим, за рахунок повного розкриття центрувальних планок 3. При розташуванні центратора на похилій ділянці свердловини величина кільцевого зазору буде зменшуватись, особливо коли величина притискної сили на центратор збільшується за рахунок жорсткості труб обсадної колони та горизонтальної складової сили ваги. У найгіршому випадку за відсутності відповідних конструктивних рішень можлива відсутність зазору взагалі (обсадна колона лежить на стінці свердловини), то відповідно частина кільцевого простору не заповнюється цементним розчином. У пропонованій конструкції центратора, мінімально необхідний зазор буде збережений за рахунок того, що до контакту пружних планок 3 центратора з торцем кільця 2 він володіє пружними властивостями, а після контакту – жорсткими, унаслідок чого усувається імовірність утворення застійних зон у кільцевому просторі та створюються необхідні умови для якісного цементування свердловини.

Промислову придатність за принципом роботи запропонованого центратора забезпечує те, що полегшується процес спуску обсадної колони оснащеної центраторами у свердловину, завдяки можливості деформування кожної дугоподібної планки незалежно від інших, і відповідно кожна планка індивідуально адаптується до конфігурації стінки свердловини, що полегшує проходження колони по її звужених перерізах і утворення мінімально необхідного кільцевого зазору у свердловині для закачування цементного розчину. Крім того, пропонована конструкція центратора усуває імовірність його виходу з ладу і створення аварійної ситуації у свердловині, унаслідок запобігання тангенціального зміщення верхніх кінців дугоподібних планок, оскільки вони зафіксовані у пазах направляючих рейок, що прикріплені до кільця. Пропонований центратор забезпечує високу прохідність обсадної колони по стволу свердловини та ефективність центрування і створює належні умови для формування якісного і надійного кріплення зі зниженням витрат на спорудження як вертикальних так і похило скерованих свердловин.

Насамкінець зауважимо, що теоретичні засади оптимального розташування пружно-жорстких центраторів колони у свердловині обговорюються в статті [13]. У працях [13, 14] проведено розрахунки жорсткості та міцності стержневих цетраторів з радіальним упором за різних варіантів кріплення ланок. При цьому використано запропонований раніше метод двобічних оцінок [15]. У повідомленнях [16, 17] започатковано теоретичний аналіз нелінійних властивостей стержневих центраторів, обладнаних осьовими упорами. Найбільші надії при розвитку цих досліджень автори покладають на аналітичні методи контактної механіки оболонково-стержневих систем, викладені в працях [18–21].

Висновки

1. Стінки похило скерованих свердловин завжди мають жолобні виробки різної конфігурації, що призводить до ускладнень у процесі спуску обсадних колон а також формування неякісного кріплення.

2. Застосовувані центрувальні пристрої унаслідок своїх конструктивних особливостей та технічних характеристик не забезпечують зменшення сил опору під час проходження по стволу похило скерованих свердловин обсадних колон та їх необхідної концентричності.

3. Розроблений пружно-жорсткий центратор кожна планка якого індивідуально адаптується до конфігурації стінки свердловини, що полегшує проходження колони по її звужених перерізах і забезпечується мінімально необхідний розмір кільцевого зазору у свердловині для закачування цементного розчину.

4. Для проведення подальших досліджень необхідно створити математичну модель взаємодії пружно-жосткого центратора та жолобної виробки різної конфігурації на стінках свердловини з метою оцінювання величин сил спротиву проходженню обсадної колони по стволу похило скерованої свердловини.

Література

1. Коцкулич Я.С. Центрування обсадних колон у похило скерованих свердловинах / Я.С. Коцкулич, М.В. Сенюшкович, О.Б. Марцинків, І.І. Витвицький // Науковий вісник національного гірничого університету. Дніпропетровськ. – 2015. – № 3. – С. 23-30.
2. Калинин А.Г. Бурение наклонных скважин / А.Г. Калинин, Н.А. Григорян, Б.З. Султанов. – М.: Недра, 1990. – 348 с.
3. Барановский В.Д. Крепление и цементирование наклонных скважин / В.Д. Барановский, А.И. Булатов, В.И. Крылов. – М.: Недра, 1983. – 352 с.
4. Иогансен К.В. Спутник буровика / К.В. Иогансен. – М.: Недра, 1990, – 303 с.
5. Дудаладов А.К. Пружинные сварные центраторы нового поколения для обсадних колонн нефтяных и газових скважин / А.К. Дудаладов, В.И. Ванифатьев, Ю.М. Елуферьев // *Бурение и нефть*. – 2008. – № 09. – С. 56-59.
6. API Spec. 10D. API Specification for Bow-String Casing Centralizers. American Petroleum Institute Production Department. 6 th Edition., March 2002.
7. Овчинников Н.Т. Центрирование обсадных колон при цементировании / Н.Т. Овчинников // *Реферативный научно-технический сборник «Бурение»*. Москва, – 1983. Вып 6. – С. 15-16.
8. Катеев И.С. Совершенствование конструкции и системы закрепления жестких центраторов к трубам обсадной колонны / И.С.Катеев, Т.Р. Катеев, И.В Гуськов // *Бурение и нефть*. – 2008. – № 04. – С. 50-52.
9. Фриз І.М. Центратори для обсадних труб / І.М Фриз. К.: «Інтерпрес ЛТД», 2003. – 54 с.
10. Патент на корисну модель України № 53679. Самоорієнтовний центратор для обсадних колон вертикальних і похило скерованих свердловин. Білецький Я.С., Білецький М.С., Коцкулич Я.С., Колос І.Я., Сенюшкович М.В., Витвицький І.І. Опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19.
11. Патент України на винахід. № 125330. Саморегульований пружножорсткий центратор для обсадних колон. Білецький Я.С., Сенюшкович М.В., Марцинків О.Б. Витвицький І.І. Бюл. № 7, від 17.02.2022 р.
12. Патент України на винахід. № 128564. Пружно-жорсткий центратор для обсадних колон. Сенюшкович М.В., Марцинків О.Б., Витвицький І.І., Ковбасюк І.М. Бюл. № 33, від 14.08.2024 р.
13. Vytvytskyi I.I. Calculation of distance between elastic-rigid centralizers of casing / I.I. Vytvytskyi, I.P. Shatskyi, M.V. Seniushkovych // *Naukovyi Visnyi Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* – 2017. – Iss. 5. – P. 29-35.
14. Shatskyi I. Analytical models of contact interaction of casing centralizers with well wall / I. Shatskyi, A. Velychkovych, I. Vytvytskyi,

M. Seniushkovych // *Engineering Solid Mechanics*. – 2019. – Vol. 7, Iss. 4. – P. 355-366.
15. Шацький І.П. Двобічні оцінки жорсткості і міцності центратора обсадної колони / І.П. Шацький, Я.С. Білецький, І.І. Витвицький // *Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник*. – 2014. – Вип. 1(43). – С. 68-73.
16. Shatskyi I. Modelling and improvement of the design of hinged centralizer for casing / I. Shatskyi, I. Vytvytskyi, M. Seniushkovych, A. Velychkovych // The 23rd edition of Innovative Manufacturing Engineering & Energy International Conference (IManEE 2019), Pitesti, Romania, 22–24 May 2019. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – 2019. – Vol. 564, 012073.
17. Shatskyi I. Modeling of nonlinear properties of casing centralizers equipped with axial thrust / I. Shatskyi, A. Velychkovych, I. Vytvytskyi, M. Senyushkovych // 11th Int. Conf. on Advanced Manufacturing Technologies (ICAMaT 2020). Oct 29th, 2020, Bucharest, Romania. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – 2021. – Vol. 1018, 012003.
18. Bedzir A.A. Nonideal contact in a composite shell structure with a deformable filler / A.A. Bedzir, I.P. Shatskii, V.M. Shopa // *International Applied Mechanics.* – 1995. – Vol. 31. Iss. 5. – P. 351-354.
19. Попадюк І.Й. Механіка фрикційного контакту оболонок з деформівним заповнювачем / І.Й. Попадюк, І.П. Шацький, В.М. Шопа – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 180 с.
20. Shopa V.M. Contact Interaction of Cut Shells with Deformable Bodies / V.M. Shopa, I.P. Shatskyi, O.O. Bedzir, A.S. Velychkovych – Ivano-Frankivsk: IFNTUOG, 2015. – 208 p.
21. Shats'kyi I.P. Development of full-strength elastic element section with open shell / I.P. Shats'kyi, V.M. Shopa, A.S. Velychkovych // *Strength of Materials.* – 2021. Vol. 53. – P. 277-282.

Стаття надійшла до редакційної колегії 23.09.2024 р.

DEVELOPMENT OF AN EFFICIENT CENTARATOR FOR CASING STRINGS OF INCLINED WELLS

M. V. Seniushkovych, O. B. Martsynkiv, I. I. Vytvytskyi, I. F. Dudych, B. O. Martsynkiv, I. I. Vytvytskyi (junior)
Ivano-Frankivs'k National Technical University of Oil and Gaz;
76019, Ivano-Frankivs'k, st/ Carpats'ka, 15; tel +380 (3422)727137;
e-mail: drill@nung.edu.ua

The problem of the formation of reliable fastening of inclined wells due to the effective centering of the casing strings in them is considered. The

production material related to the construction of wells of BU "Ukrburgaz" for the period 2000-2023 was analyzed. A predominant increase in the volume of drilling inclined-directed wells and, at the same time, an increase in the number of cases of poor-quality fastening of wells was noted. The main complications associated with poor-quality fastening relate to the failure of the casing columns to reach the design depths. The peculiarities of the structures of obliquely directed wells were analyzed and it was emphasized that the main reason for the non-admission is the presence of grooves on their walls, which can have different shapes and a long length. An inspection of the currently used centralizers was carried out and it was established that their technical characteristics do not allow for unimpeded descent of the casing strings, especially due to the spatial curvature of the borehole axis and the presence of trenches on its walls. Also, they cannot always contribute to the concentric arrangement of the column in the well and the formation of an annular gap of the required size. The construction of an elastic-rigid centerer has been developed, which ensures high permeability of the casing string along the wellbore and the efficiency of centering and creates the proper conditions for the formation of high-quality and reliable fastening.

Keywords: *obliquely directed well, fastening, reliability, centerer, well wall, trench production, complication, annular space, tamponage solution.*