

ПРИЧИНИ ЗІМ'ЯТТЯ ОБСАДНИХ КОЛОН У СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ

Я.С. Коцкулич, І.М. Ковбасюк, О.Б. Марцинків, М.І. Ковбасюк

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153,
e-mail: drill@nung.edu.ua

Запропоновано узагальнену класифікацію причин зім'яття обсадних колон, згідно з якою основні з них об'єднані в дві групи: гірничо-геологічні та техніко-технологічні. Першоосовною причин зім'яття обсадних колон вважаються гірничо-геологічні чинники, основним з яких є текучість пластичних порід (солей, глини). Техніко-технологічні чинники вважаються вторинними, що полегшують або провокують прояв текучості порід, а також знижують опір обсадних труб деформуванню під дією зовнішнього тиску. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано рекомендації з підвищення довговічності обсадних колон.

Ключові слова: зім'яття, класифікація, обсадна колона, гірничо-геологічні та техніко-технологічні чинники

Предложена обобщенная классификация причин смятия обсадных колонн, согласно которой главные из них объединены в две группы: горно-геологические и технико-технологические. Первоосновой причин смятия обсадных колонн считаются горно-геологические факторы, главным из которых является текучесть пластических пород (солей, глины). Техничко-технологические факторы считаются вторичными, облегчающими или провоцирующими проявление текучести пород, а также снижают сопротивляемость обсадных труб деформированию под воздействием внешнего давления. На основании результатов теоретических, и экспериментальных исследований предложены рекомендации по повышению долговечности обсадных колонн.

Ключевые слова: смятие, классификация, обсадная колонна, горно-геологические и технико-технологические факторы

General classification of reasons of casing collapse was developed, according to which the most essential ones have been combined into two groups: mining-geological and techno-technological. Mining-geological factors are considered the fundamental principles of casing collapse, the most common being fluidity of soft rock (brines, clay). Techno-technological factors are considered to be secondary, and they simplify and provoke rock fluidity show, as well as decline deformation resistance of casing under the influence of external pressure. On the basis of theoretical and experimental investigations considering this issue, the recommendations concerning improvement of casing durability have been proposed.

Keywords: casing collapse, classification, casing, mining-geological and techno-technological factors

Буріння та експлуатація свердловин в складних геологічних умовах супроводжується різними ускладненнями та аваріями, найзатратнішими серед яких є зім'яття обсадних колон. Аналіз статистичного матеріалу свідчить, що близько 7% із всіх аварій в бурінні припадає на аварії з обсадними колонами, а на їх ліквідацію витрачається близько 12% від усього аварійного часу. Нерідко аварійні роботи не дають позитивних результатів і закінчені свердловини, в тому числі і такі, що перебувають в експлуатації, доводиться ліквідувати.

Кількість чинників, які спричиняють зім'яття обсадних колон в процесі буріння та експлуатації нафтових і газових свердловин, є досить великою, тому існує потреба в їх детальному вивченні та систематизуванні.

Перші спроби систематизації основних видів пошкоджень обсадних колон і причин, які їх викликають, висвітлені в роботах [1-3]. Запропонована схема класифікації пошкоджень обсадних колон, що складена на основі вивчення промислового матеріалу [1]. За цією класифікацією виділяється три групи причин пошкоджень обсадних труб, а саме:

– дефекти металургійного виробництва;

– дефекти, що виникли при перевезенні і зберіганні труб;

– дефекти, що утворилися в процесі експлуатації свердловин.

Однак дана класифікація не дозволяє систематизувати основні види і причини пошкоджень обсадних колон, а лише встановлює джерело виникнення дефектів.

У роботі [2] розроблено класифікацію пошкоджень обсадних колон на основі вивчення фактичного матеріалу по свердловинах Північного Кавказу. Це була перша класифікація, в якій систематизовані основні види і причини пошкоджень обсадних колон. На думку авторів, основними видами пошкоджень обсадних колон слід вважати: зім'яття, розрив, знос і втрата герметичності різьбових з'єднань. Однак, зношування обсадної колони відноситься не до виду, а до причини пошкодження. В запропонованій класифікації також вказані не всі основні причини пошкоджень обсадних колон.

Авторами [3] розроблена класифікація аварій по групах пошкоджень обсадних колон на основі систематизації матеріалів за даними бурових організацій Азербайджану, Туркменії, Північного Кавказу та інших регіонів. Ними

Таблиця 1 – Причини зім'яття обсадних колон

1. Гірничо-геологічні причини	2. Техніко-технологічні причини		
	2.1. Порушення технології	2.2. Неправильний розрахунок колон на міцність	2.3. Знос обсадних колон
1.1. Текучість пластичних порід	2.1.1. Неякісне тампування	2.2.1. Неврахування гірського тиску	2.3.1. Знос бурильним інструментом
1.2. Тектонічні зміщення пластів	2.1.2. Наявність каверн у свердловині	2.2.2. Неврахування нерівномірності навантаження труб	2.3.2. Знос насосно-компресорними трубами
1.3. Землетруси в сейсмічно активних зонах	2.1.3. Наявність різких перегинів свердловини	2.2.3. Неврахування згину колони	2.3.3. Гідроабразивний знос
1.4. Осідання земної поверхні внаслідок експлуатації родовища	2.1.4. Спуск труб із заводськими дефектами	2.2.4. Неврахування двохосового навантаження	2.3.4. Корозія
1.5. Зсув і осипання порід	2.1.5. Неправильне маркування труб	2.2.5. Неврахування впливу перфорації	
	2.1.6. Недолив колони при спуску	2.2.6. Використання неточних формул для визначення міцнісних характеристик труб	
	2.1.7. Зниження рівня рідини в колоні нижче допустимого	2.2.7. Неврахування зміни температурного режиму	
	2.1.8. Перевищення швидкості спуску колони	2.2.8. Неврахування тиску від набухання порід	
		2.2.9. Неврахування аномально високого пластового тиску	

виділяються пошкодження обсадних колон, що викликані:

- дією внутрішнього тиску;
- дією зовнішнього тиску;
- роботою бурильних труб і доліт;
- дією розтягуючих навантажень;
- іншими умовами.

Повніша класифікація видів і причин пошкоджень обсадних колон розроблена в роботах [4-5]. На думку авторів, основними видами пошкоджень обсадних колон необхідно вважати зім'яття, розрив і порушення герметичності. Всі основні причини пошкоджень обсадних колон, згідно запропонованої класифікації, об'єднані в чотири групи:

- група 1 – неправильний розрахунок обсадних колон на міцність;
- група 2 – порушення технології буріння, кріплення та експлуатації свердловин;
- група 3 – знос обсадних колон;
- група 4 – стихійні явища.

Як бачимо, всі згадані вище роботи були присвячені класифікації видів і причин пошкоджень обсадних колон в цілому. Однак, як свідчить аналіз промислових даних, зім'яття є одним з найбільш поширених видів пошкоджень обсадних колон і, враховуючи складність проблеми, існує необхідність в детальнішому ви-

вченні причин зім'яття обсадних колон та їх класифікації.

Запропонована класифікація причин зім'яття обсадних колон (табл. 1) ґрунтується на роботах [4-5] і враховує останні теоретичні, експериментальні та промислові дослідження з даної проблеми.

Всі основні причини зім'яття обсадних колон нафтових і газових свердловин об'єднані в дві групи: гірничо-геологічні та техніко-технологічні. Першоосовою причин зім'яття обсадних колон вважаються гірничо-геологічні чинники, основним з яких є текучість пластичних порід (солей, глин). Основною причиною пластичної текучості солей є вплив високих температур. Експериментально встановлено [6], що для соленосних відкладів (основний мінерал – галіт) за температури понад 70°C на обсадні труби повністю передається гірський тиск.

Техніко-технологічні чинники зім'яття обсадних колон є вторинними, що полегшують або провокують прояв текучості порід, а також знижують опір обсадних труб деформуванню під дією зовнішнього тиску. До техніко-технологічних причин віднесені:

- порушення технології;
- неправильний розрахунок обсадних колон на міцність;

– зношування обсадних колон.

Під порушенням технології необхідно розуміти відхилення в технологіях виготовлення труб, буріння, освоєння, кріплення та експлуатації свердловин. Особливу небезпеку для цілісності обсадних колон становить нерівномірність навантаження. Наявність каверн та відсутність цементного каменю за колоною або низька якість цементування в інтервалах залягання текучих порід може створити умови для виникнення нерівномірного навантаження на обсадну колону (проявляється здебільшого в процесі буріння свердловин або в початковий період їх експлуатації в залежності від швидкості течії породи). Зосереджена дія на експлуатаційну колону може виникнути також з боку зім'ятої проміжної колони.

Нами аналітичним шляхом була розв'язана задача з визначення величини контактної тиску, що діє на експлуатаційну колону з боку зім'ятої гірським тиском проміжної колони [7]. В основу покладена обернено-симетрична задача взаємодії двох оболонок, що ґрунтується на теорії оболонок типу Тимошенко. Показано, що при зім'ятті проміжної колони в текучих породах на експлуатаційну колону передаються контактні тиски, величина яких значно перевищує міцність труб. Опір кріплення системи із двох концентричних обсадних колон зовнішньому тиску в текучих породах при відсутності тампонажного матеріалу між ними або низькій його якості слід оцінювати величиною тиску зім'яття труб зовнішньої колони. Пріоритетне значення в збереженні цілісності кріплення свердловини в цілому має розробка комплексу заходів з попередження зім'яття проміжної колони, якими передбачається вибір раціональної конструкції свердловини, розрахунок обсадних колон на зім'яття від дії гірського тиску, запобігання зносу і корозії труб та їх врахування при розрахунку колон, використання техніко-технологічних засобів з формування циліндричного ствола свердловини, застосування найбільш ефективних промивальних рідин і тампонажних розчинів, забезпечення якісного цементування свердловини.

Несуча здатність проміжних колон найсуттєвіше знижується за рахунок зношування обсадних труб. Імовірність зім'яття обсадних колон унаслідок їх зношування значно підвищується у міру зростання глибини буріння та збільшення обсягів буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Для зменшення зношування проміжних колон та збереження їх цілісності необхідно [8]:

– використовувати сучасні технології, спрямовані на досягнення максимальної механічної швидкості буріння та проходки на долото в процесі буріння під експлуатаційну колону;

– в процесі буріння під експлуатаційну колону перевагу надавати способу буріння з вибійними двигунами;

– в процесі буріння під проміжну колону запобігати викривленню стовбура свердловини, а профіль похило-скерованих свердловин про-

ектувати таким чином, щоб в інтервалах залягання соленосних порід не передбачалось викривлення свердловини;

– використовувати сучасні технічні засоби захисту від зношування проміжної колони;

– проектування проміжної колони на зовнішній надлишковий тиск проводити з врахуванням коефіцієнта запасу міцності k_1 , який враховує зниження міцнісних характеристик труб внаслідок зношування.

За результатами розрахунків глибин зносу стінки обсадної труби за формулами бюро «АЗИНМаш» [9] та на основі аналізу впливу зносу труб на їх опір зім'яттю [1] отримано графічні залежності (рисунком 1) для визначення рекомендованого значення коефіцієнта запасу міцності в залежності від інтенсивності викривлення ствола свердловини в інтервалі кріплення проміжною колоною ($\Delta\psi$) та умовного шляху тертя бурильного інструменту із стінками проміжної колони (z) [8].

Однією з головних міцнісних характеристик обсадних труб є їх опір дії зовнішньому надлишковому тиску, яка оцінюється величиною тиску, при якому напруження в небезпечній точці поперечного перерізу труби досягають границі текучості матеріалу труб. За дією на цей час методикою при проектуванні обсадних колон для кріплення похило-скерованих свердловин величину зовнішнього критичного тиску для овальної різностінної труби прийнято визначати за формулою Г.М.Саркісова, якою не враховується вплив згину на зміни напруженого стану і форми поперечного перерізу труби і, як наслідок, на їх міцність. На основі напівбезмоментної теорії гнучких оболонок розв'язано задачу впливу згину обсадної колони на величину зовнішнього критичного тиску [10]. Отримано формули для розрахунку обсадних колон на міцність з врахуванням інтенсивності їх викривлення.

Для прикладу наведено розрахунки значень зовнішніх критичних тисків для обсадних труб діаметром 146 мм за напівбезмоментною теорією і за формулою Г.М.Саркісова (табл. 2).

З даних таблиці 2 видно, що величина зовнішнього критичного тиску суттєво залежить від овальності труби і зміни кривизни її осі. Для прямолінійних обсадних труб величини критичного тиску розраховані за напівбезмоментною теорією і за формулою Г.М.Саркісова незначно відрізняються між собою (розбіжність не перевищує 3,6%). Для труб діаметром 146 мм враховувати вплив згину обсадної колони при розрахунку критичного тиску необхідно при радіусах кривизни менше 200 м, так як при цьому значення критичних тисків знижуються на 5% і більше порівняно з критичними тисками для прямолінійних труб.

Визначено [11] поправочні коефіцієнти зменшення опірності труб на зім'яття n_1 внаслідок згину для труб діаметром 146 мм (табл. 3).

При розрахунку обсадної колони на міцність необхідно значення величини зовнішньо-

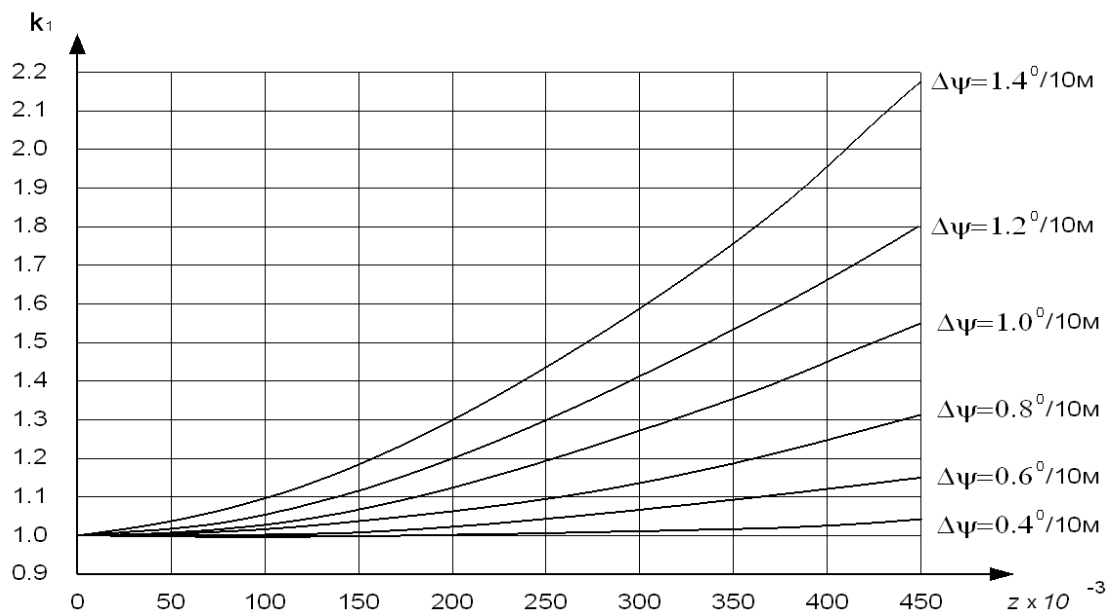


Рисунок 1 – Графічні залежності для визначення рекомендованих значень k_1 :

$z = c_0 \cdot l_{\text{бм}}$ – у процесі буріння під експлуатаційну колону з допомогою вибійних двигунів;
 $z = c_0 \cdot l_{\text{бм}} + 0.6 \cdot T \cdot N_p \cdot d_z$ при $a=3$, $z = c_0 \cdot l_{\text{бм}} + 0.45 T N_p d_z$ при $a=2$ – для роторного способу буріння;
 L – глибина свердловини, м; H_{np} – довжина проміжної колони, м;
 c_0 – кількість рейсів інструменту в процесі буріння в інтервалі $L - H_{np}$; d_z – діаметр замка, м;
 N_p – середня швидкість обертання ротора, об/хв;
 T – час механічного буріння в інтервалі $L - H_{np}$, хв; a – кількість труб в одній свічці;
 $l_{\text{бм}}$ – середня довжина бурильної колони в процесі буріння інтервалу $L - H_{np}$

Таблиця 2 – Значення зовнішнього критичного тиску для обсадних труб діаметром 146 мм

Товщина стінки, мм	Радіус кривизни, м	Параметр зовнішнього тиску за овальності, %				Критичний тиск, МПа за овальності, %							
						за формулою [10]				за формулою Г.М.Саркісова			
		0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
7,0	∞	3,088	2,119	1,83	1,637	35,07	24,07	20,78	18,6	35,07	24,18	20,52	18,13
7,0	300	2,937	2,119	1,83	1,637	33,36	24,07	20,78	18,6	-	-	-	-
7,0	200	2,748	2,096	1,847	1,637	31,21	23,81	20,78	18,6	-	-	-	-
7,0	100	2,182	1,775	1,568	1,424	24,78	20,16	17,81	16,17	-	-	-	-
7,7	∞	2,552	1,91	1,654	1,481	38,58	28,88	25	22,4	38,58	28,72	24,51	21,71
7,7	300	2,427	1,91	1,654	1,481	36,69	28,88	25	22,4	-	-	-	-
7,7	200	2,271	1,856	1,648	1,502	34,33	28,06	24,92	22,4	-	-	-	-
7,7	100	1,803	1,536	1,374	1,255	27,26	23,22	20,77	18,97	-	-	-	-
8,5	∞	2,094	1,675	1,463	1,317	42,59	34,07	29,76	26,78	42,59	33,66	29,03	25,85
8,5	300	1,992	1,675	1,463	1,317	40,5	34,07	29,76	26,78	-	-	-	-
8,5	200	1,864	1,599	1,428	1,319	37,9	32,53	29,24	26,78	-	-	-	-
8,5	100	1,48	1,303	1,181	1,087	30,09	26,5	24,02	22,12	-	-	-	-

го критичного тиску для труб, що встановлюються в інтервалі зміни зенітного кута, помножити на коефіцієнт зменшення опірності труб на зім'яття внаслідок згину $p_{кр} \cdot n_1$.

Аналогічні розрахунки можна провести для інших типорозмірів обсадних труб і на стадії проектування обсадних колон враховувати вплив згину труб на їх міцність, що дасть змогу підвищити надійність їх роботи при кріпленні похило-скерованих свердловин.

Отже, зім'яття обсадних колон мають місце внаслідок сумісної дії багатьох чинників, як гірничо-геологічного, так і пов'язаних з ними, причин техніко-технологічного характеру. Розроблена класифікація враховує всі відомі на даний час можливі причини зім'яття обсадних колон в нафтових і газових свердловинах. Очевидно, що вагомість цих причин на різних родовищах є різною, тому на кожному конкретному родовищі необхідно виявити найсуттєвіші

Таблиця 3 – Коефіцієнти зменшення опору на зім'яття внаслідок згину для труб діаметром 146 мм

Товщина стінки, мм	Коефіцієнт n_1' за інтенсивності викривлення, градус/10м				
	1	2	3	4	5
6,5	1,0	0,99	0,95	0,9	0,85
7,0	1,0	0,99	0,94	0,88	0,82
7,7	1,0	0,97	0,91	0,85	0,79
8,5	1,0	0,95	0,89	0,83	0,77
9,5	0,999	0,94	0,87	0,81	0,74
10,7	0,99	0,92	0,86	0,79	0,73

причини, які призводять до зім'яття обсадних колон і дотримуватись заходів з їх попередження.

Література

1 Кисельман М.Л. Износ и защита обсадных колонн при глубоком бурении / М. Л. Кисельман. – М.: Недра, 1971. – 208 с.

2 Абрамов А.А. Классификация поврежденных обсадных колонн / А.А. Абрамов, Л.Б. Измайлов // Буровые растворы и крепление скважин. – Краснодар: ВНИИКРнефть. – 1971. – С. 13-18.

3 Караев А.К. Обсадные колонны для глубоких скважин / А.К. Караев, А.Е. Сароян, С.А. Ширинзаде. – М.: Недра, 1971. – 160 с.

4 Федоров А.А. Анализ причин поврежденной обсадных колонн в эксплуатационных и водонагнетательных скважинах месторождений Прикарпатья / А.А.Федоров, Я.С. Коцкулич [и др.] // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 1976. – № 3. – С. 19-21.

5 Федоров А.А. О классификации поврежденной обсадных колонн и их причины / А.А. Федоров, Я.С. Коцкулич // Нефтепромысловые трубы. – Куйбышев: ВНИИТнефть. – 1974. – № 4. – С.68-72.

6 Ковбасюк І.М. Експериментальні дослідження напруженого стану обсадних труб в інтервалах залягання соленосних відкладів / І.М. Ковбасюк // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 1994. – вип. 31. – С. 74–77. – (Серія «Буріння нафтових і газових свердловин»).

7 Коцкулич Я.С. Оцінка значення контактного тиску під час зім'яття обсадних колон / Я.С. Коцкулич, І.М. Ковбасюк // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – №2. – С.18-19.

8 Коцкулич Я.С. До попередження зім'яття обсадних колон внаслідок їх зношування / Я.С. Коцкулич, І. М. Ковбасюк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2001. – вип. 38. – С. 48–53. – (Серія «Буріння нафтових і газових свердловин»).

9 Измайлов Л.Б. Крепление нефтяных и газовых скважин / Л.Б.Измайлов, А.И.Булатов. – М.: Недра, 1976. – 200 с.

10 Коцкулич Я.С. Визначення величини зовнішнього критичного тиску для обсадних труб із врахуванням згину / Я.С. Коцкулич, О.М. Лев, О.Б. Марцинків // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2003. – № 2(7). – С. 84-88.

11 Марцинків О.Б. Підвищення надійності роботи обсадних колон у похило-скерованих свердловинах.: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд техн. наук : спец. 05.15.06 «Розробка нафтових та газових родовищ» / Марцинків Олег Богданович; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2010. – 20 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
12.08.10

Рекомендована до друку професором
Мойсишиним В.М.