

СЕКЦІЯ Х. ГІРНИЦТВО ТА НАФТОГАЗОВА ІНЖЕНЕРІЯ

ВИБІР ТАМПОНАЖНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ІНТЕРВАЛІВ ЗАЛЯГАННЯ НЕСТІЙКИХ ПЛАСТИЧНИХ ПОРІД

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Ковбасюк Ігор Михайлович

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри буріння свердловин
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Кочкодан Ярослав Михайлович

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри буріння свердловин
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Васько Андрій Іванович

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри буріння свердловин
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Ковбасюк Максим Ігорович

здобувач вищої освіти інституту архітектури, будівництва та енергетики
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Васько Іван Андрійович

здобувач вищої освіти інституту нафтогазової інженерії
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

Одним з напрямків підвищення довговічності кріплення нафтових і газових свердловин в нестійких пластичних породах (глинах, солях) є перекриття цих інтервалів двома та більше обсадними колонами з якісним тампонажним матеріалом в міжколонному і заколонному просторі.

Пріоритетною вимогою до вибору типу тампонажного розчину в міжколонному просторі навпроти інтервалів залягання нестійких пластичних порід є його здатність формувати камінь з підвищеними фізико-механічними властивостями [1]. Слід зазначити, щотампонажний камінь, який формується в міжтрубному просторі при відсутності фільтраційних процесів, має досить низьку якість зчеплення з обсадними колонами. Це обумовлено деформаціями усадки тампонажного каменя внаслідок відсутності вільного доступу води [2]. Деформації усадки спричиняють утворення зазорів між обсадними трубами і каменем, в результаті чого знижується або повністю втрачається дуже важлива функція тампонажного каменя - жорсткої підпори для обсадних труб обох колон. В зв'язку з цим доцільно надати тампонажним матеріалам здатність до розширення під час тужавіння, що досягається добавкою до них розширюючих спеціальних компонентів.

В якості розширюючих добавок до цементів для нормальних і низьких температур може бути використано гіпсоглиноземистий цемент, для помірних температур - пиловидні сланцеві золи або вапно перепалене разом з кремнеземистим матеріалом, а для високих і підвищених температур - спеціально випалений оксид магнію [3].

Тампонажний камінь з розширюючою добавкою володіє явно вираженими пружними властивостями, що є його суттєвою перевагою в порівнянні з тампонажним каменем із звичайних цементів. При обмеженні розширення тампонажного каменя, який сформований з цементного розчину, що розширюється під час твердіння, зокрема в міжколонному просторі, кристалізаційний тиск виконує роботу, яка буде витрачатися на зміну положення окремих елементів структури тампонажного каменя один відносно одного та на пружну деформацію усередині скелета, утворюючи внутрішній тиск, який виражатиметься в тиску розширення. Під час зняття обмеження виникатимуть напруження, які спричинять зовнішню пружну деформацію скелета каменя. Наявність цих деформацій має велике практичне значення, наприклад, вони компенсуватимуть деформації експлуатаційної колони під час зниження в ній тиску в період тверднення цементного розчину та при досить тривалій експлуатації свердловини.

Однак, під час використання тампонажних розчинів з розширюючою добавкою, потрібно оцінити величину скелетного тиску твердої фази тампонажного каменя та його вплив на напружений стан обсадних труб.

Зробимо припущення, що величина напруження, що виникає в обсадній трубі під час твердіння цементного розчину є пропорційною величині його відносного розширення та модулю пружності в певний період тверднення. Ці напруження досягають найбільших значень при умові жорсткого обмеження деформації. В міжколонному просторі тампонажне кільце має обмеження вільних деформацій, але частина деформацій буде компенсуватися на стиснення плівки бурового розчину, ліквідацію зазорів, пружні деформації обсадних труб і цементного каменя.

Таким чином, напруження на границі зовнішнього контакту тампонажного кільця з стінками обсадних труб визначимо з виразу

$$\sigma = (\varepsilon - \varepsilon')E, \quad (1)$$

де: ε - відносна деформація вільного розширення тампонажного кільця;

ε' - відносна деформація тампонажного кільця, що компенсується на стиснення плівки бурового розчину, ліквідацію зазорів, пружні деформації обсадних труб і цементного каменя;

E - модуль пружності тампонажного каменя.

З формули (1) видно, що коли процес розширення виникає під час коагуляційного структуроутворення, при якому величина модуля пружності тампонажного каменя є малою, то на границі обсадних труб і тампонажного каменя навіть при суттєвій деформації вільного розширення значення напруження буде незначним. Це підтверджено також результатами експериментальних досліджень, які були проведені авторами [3], що за допомогою спеціальної установки визначали тиск на поршень під час тверднення тампонажного розчину з добавкою вапна. Найбільший тиск (2,8МПа) зафіксовано при добавці до тампонажного розчину 30% вапна. Вільне розширення каменя, яке вимірювали паралельно, становило 23%.

Таким чином, цементний розчин із розширюючою добавкою на оксидній основі, при якому основне розширення має місце до кінця тужавіння, не створюватиме

суттєвих напружень на обсадні труби в міжколонному просторі. Однак для випадку розширення тампонажного каменя в кінці періоду утворення коагуляційно-кристалізаційної структури, при якому значення модуля пружності тампонажного каменя є великим, напруження суттєво зростатиме. Наприклад, розглянемо найнесприятливіші умови, при яких головне розширення тампонажного каменя відбувається уже після формування його структури. При відносному лінійному розширенні тампонажного кільця $\varepsilon = 1 \div 3\%$ ($0,01 \div 0,03$), умові жорсткого обмеження деформації ($\varepsilon' = 0$) та значенні модуля пружності тампонажного каменя $E = 10^3 \div 10^4$ МПа [4], напруження на границі зовнішнього контакту тампонажного кільця з стінками обсадних труб, згідно (1), може становити $10 \div 300$ МПа.

Зрозуміло, що одержані значення напружень є значно завищеними, оскільки, як уже було зазначено вище, обмеження вільних деформацій тампонажного кільця в міжколонному просторі не є абсолютно жорсткими, а досягнення 3% лінійного розширення є практично неможливим в умовах усестороннього стиску тампонажного каменя після формування його структури [4]. Також встановлено [5], що опірність обсадних труб зім'яттю при дії зовнішнього рівномірного навантаження у в'язко-пружному середовищі (тампонажний камінь) значно більша, ніж за гідравлічної схеми навантаження.

Однак напруження, що виникатимуть при розширенні тампонажного кільця в міжколонному просторі потрібно враховувати з точки зору збереження цілісності труб. Пізнє розширення, яке виникає після формування кристалізаційної структури тампонажного каменя, крім суттєвих напружень між обсадними трубами і цементним каменем, також негативно впливає на його ізоляційні властивості та міцність. Це пояснюється виникненням тріщин через недостатню пластичність тампонажного каменя на пізніх стадіях його тверднення [4]. Тому розширюючі добавки потрібно підбирати таким чином, щоб процес розширення відбувався в період тужавіння тампонажного розчину.

Список використаних джерел:

1. Femiak, V.Y., Kovbasiuk, I.M., Martsynkiv, O.B., Femiak, Y.M., & Vytvytskyi, I.I. (2019). Evaluation of the influence of geological-technical factors on the durability of casing columns in oil and gas wells. Paper presented at the Monitoring 2019 Conference - Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Retrieved from www.scopus.com.
2. Kovbasiuk, I.M., Martsynkiv, O.B., Femiak, Y.M., Vytvytskyi, I.I., & Zhdanov, Y.D. (2020). Research of the stressed state of saline rocks of prykarpattia deposits under the influence of thermobaric conditions. Paper presented at the XIV International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Retrieved from www.scopus.com.
3. Каримов, Н.Х., Данюшевский, В.С. & Рахинбаев, Ш.М. (1980). Разработка рецептур и применение расширяющихся тампонажных цементов. Москва: ВНИИОЭНГ.
4. Данюшевский, В.С., Алиев, Р.М., Толстых, И.Ф. (1987). Справочное руководство по тампонажным материалам. Москва: Недра.
5. Мочернюк, Д.Ю. (1966). О расчете обсадных труб на смятие в зацементированной части ствола скважины. Нефтяное хозяйство, (8), 5-7.