



Чому калібрування зонда є настільки важливим і як Robertson Geo створила обладнання, що не має аналогів у галузі каротажу свердловин малого діаметра

Калібрування має значення

Грем Комбер

Менеджер з каротажних операцій,
Robertson Geo

Калібрування має значення

З моменту свого заснування у 1979 році компанія Robertson Geo поставила собі за мету зміцнити свою репутацію як провідного світового виробника та постачальника геофізичних зондів і пов'язаних із ними систем для свердловин малого діаметра. Для досягнення цієї мети було необхідно впровадити комплексну систему перевірки відповідності всіх зондів і супутнього обладнання, що забезпечує високу якість даних каротажу, про що свідчать численні відгуки клієнтів.

Для цього на виробничому майданчику у Великій Британії було створено полігон для випробування свердловинних інструментів шляхом буріння та обсадження свердловини глибиною 100 м. Цей випробувальний об'єкт і сьогодні є невід'ємною складовою системи контролю відповідності всіх зондів, що продаються, надаються в оренду або використовуються фахівцями сервісної служби Robertson Geo.

Каротажні дані, накопичені під час випробувань багатьох тисяч зондів у цій свердловині, роблять вагомий внесок у забезпечення точності та повторюваності результатів вимірювань Robertson Geo.

Відповідність вимогам є запорукою успіху

Калібрування приладів Robertson Geo та процедури, що відповідають вимогам ISO 9001:2015, забезпечують упевненість у тому, що збирання даних відповідає різним обов'язковим вимогам щодо класифікації результатів геологорозвідувальних робіт, мінеральних ресурсів і запасів руди.

Такий рівень довіри має вирішальне значення для визначення геологічних даних і техніко-економічних параметрів, що використовуються у публічній звітності відповідно до міжнародних стандартів JORC, CIM, UNFC, CRIRSCO, PERC, SAMREC, SME та MRC. Robertson Geo має ліцензію на проведення заводських випробувань і калібрування своїх каротажних приладів із відповідними радіоактивними джерелами до їх відвантаження.

Без виконання цих процедур результати каротажу не відповідають установленим вимогам, а отримані дані не можуть використовуватися для кількісного аналізу чи розрахунків.

Визначення калібрування

Найпростіше визначення поняття «калібрування» звучить так: «порівняння з відомими еталонами». У практичному розумінні це визначення необхідно розширити, включивши поняття невизначеності вимірювань і простежуваності. Метрологія є наукою про вимірювання. Її основна мета полягає в забезпеченні простежуваності як найважливішої умови для порівняння результатів вимірювань.

Система забезпечення відповідності та ISO 9001

Robertson Geo є єдиним виробником зондів для свердловин малого діаметра та постачальником каротажних послуг, система управління якістю якої сертифікована відповідно до ISO 9001:2015. Ця система вимагає, щоб процеси калібрування та підтвердження відповідності були формалізовані й систематично документувалися.

Однією з основних вимог під час проектування нових зондів є забезпечення можливості їх калібрування протягом усього життєвого циклу. Для цього необхідно контролювати ланцюги постачання,

виробничі процеси, випробування, ремонт і систему зворотного зв'язку, що дає змогу виявляти проблеми та потреби у внесенні змін.

Геофізичний каротаж, по суті, є процесом збирання даних. Мета системи калібрування та підтвердження відповідності полягає в підтриманні належної якості вимірювань для всіх користувачів обладнання Robertson Geo, включно з власними підрозділами компанії. У галузях, де відповідність вимогам і простежуваність мають принципове значення, усі зонди постачаються із сертифікатом відповідності, див. рис. 1. Служба ремонту зондів може у будь-який час перевірити їх функціональність і калібрування.

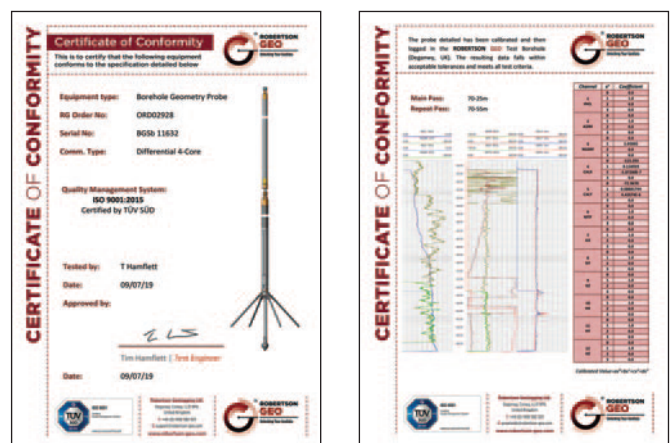


Рис. 1. Приклад сертифіката відповідності.

Зниження ризиків

Управління ризиками є важливим складником усіх проектів цивільного будівництва. Відповідальні інженери повинні бути впевнені в достовірності наданих їм даних інженерно-геологічних вишукувань (GI). Бюджетні обмеження можуть призводити до скорочення обсягу таких вишукувань, тому зібрані дані мають використовуватися максимально ефективно.

КАЛІБРУВАЛЬНА МОДЕЛЬ

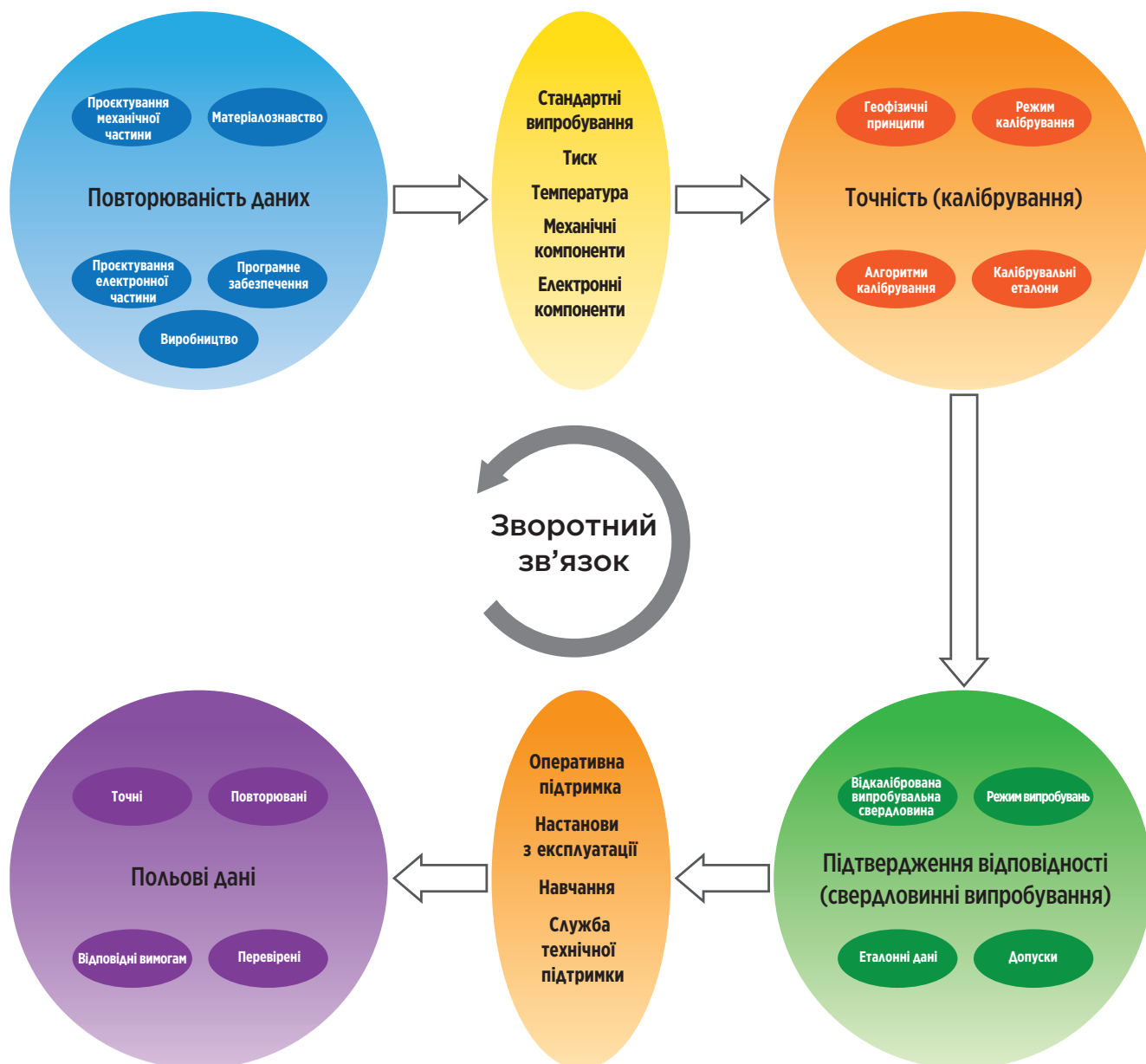


Рис. 2. Модель калібрування Robertson Geo.

Геофізичний каротаж дає змогу отримувати дані безпосередньо на об'єкті уздовж усього стовбура пробурених свердловин, заповнюючи потенційні прогалини, що можуть виникати, наприклад, через низький вихід керн або неможливість подальшого заглиблення зонда під час статичного зондування (СРТ).

Ризики, пов'язані з геологічним середовищем та підземними водами, можуть бути специфічними для кожного об'єкта. Це особливо актуально для Великої Британії, де існує значне різноманіття геологічних умов. Точні дані мають критичне значення для зниження таких ризиків.

Неналежне обстеження об'єкта може призвести до збільшення витрат і затримок, закладання надмірного запасу міцності під час проектування конструкцій або, у найгіршому випадку, до аварій, зокрема до втрати несучої здатності будівельних конструкцій. Фінансові збитки та штрафи, які можуть бути накладені за результатами післяпроектної експертизи, свідчать про те, що всі постачальники інженерно-геологічних даних повинні максимально зменшувати невизначеність щодо їхньої якості.

У цій статті Robertson Geo наголошує на забезпеченні точності та повторюваності даних, отриманих за допомогою її зондів, що підвищує впевненість у якості отриманої інформації.

Для геотехнічних досліджень і проектів цивільного будівництва надзвичайно важливо розуміти властивості геологічного середовища. Robertson Geo є міжнародною компанією з великим досвідом збирання та інтерпретації каротажних даних для геотехнічних досліджень і проектів цивільного будівництва. Її технології щодня використовуються в усьому світі.

Модель калібрування (див. рис. 2)

Як проектувальник і виробник усього обладнання, що постачається, Robertson Geo несе відповідальність за розроблення відповідних режимів калібрування. Основний принцип полягає в тому, що всі теоретичні калібрувальні моделі також повинні проходити перевірку у випробувальній лабораторії компанії.

Це означає, що точність і повторюваність у реальних умовах є обов'язковими вимогами. Додатковим складником є навчання, що забезпечує належну підготовку операторів обладнання.

Повний цикл забезпечення точності та повторюваності результатів вимірювань починається з проектування зондів.

Для розроблення зондів, що забезпечують високу точність і повторюваність даних, необхідно належним чином проектувати датчики, механічні компоненти, електронні системи, матеріали та програмне забезпечення.

Після завершення проектування конструкції необхідно також забезпечити повний контроль виробничого процесу. Він включає контроль процесів складання, постачальників, компонентів і випробувань партій продукції, а також опрацювання зворотного зв'язку та запитів на внесення змін. Простежуваність також є ключовим чинником, тому Robertson Geo дотримується вимог стандарту ISO 9001:2015.

На етапах проектування та виробництва зонди повинні забезпечувати точні дані навіть в екстремальних умовах. Для цього проводять випробування електронних систем і механічних компонентів. Прилади у зібраному вигляді випробовують за екстремальних температур і високого тиску з використанням сучасних відкаліброваних барокамер і високотемпературних камер на базі компанії у Великій Британії.

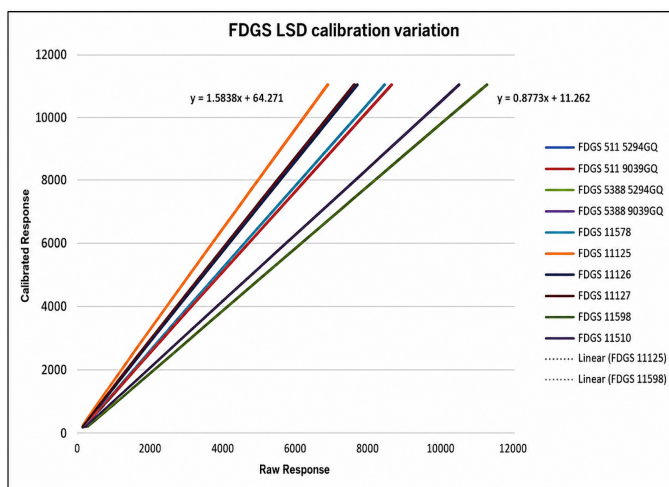


Рис. 3. Зміни калібрувальної кривої для тих самих зондів і джерел. Результати демонструють важливість калібрування узгодженої пари зонда та джерела.

Після того як зонд спроектовано й виготовлено так, щоб забезпечити необхідну точність вимірювань, його потрібно належним чином відкалібрувати. На основі фундаментальних геофізичних принципів розробляється режим калібрування. У більшості випадків визначаються опорні точки, між якими будується поліноміальна крива. Для двох опорних точок крива є лінійною, для трьох точок квадратичною, а для чотирьох кубічною.

Опорні точки часто визначають за допомогою калібрувальних еталонів, відкаліброваних відповідно до визнаних галузевих стандартів. Для цього використовують, зокрема, калібрувальний об'єкт Adelaide DWLBC в Австралії та ELGI в Угорщині, а також стандартні середовища, такі як повітря чи вода. Для кожної опорної точки знімають показання зонда, після чого за ними будують криву найкращого наближення.

Отримані коефіцієнти записуються у стандартний калібрувальний файл, який надалі може використовуватися програмним забезпеченням. У процесі калібрування також часто необхідно враховувати певні обмеження, зокрема властивості феромагнітних матеріалів або час температурної стабілізації.

Для зондів, що реєструють радіоактивність, необхідно враховувати стохастичний характер процесу лічби, статистичну природу системи та вплив низької швидкості лічби. Для радіометричних і нейтронних зондів, що працюють із приєднаним радіоактивним джерелом, отримані калібрувальні коефіцієнти є чинними лише для відповідної узгодженої пари зонда та джерела, див. рис. 3.

Для забезпечення належної точності калібрування всі зонди проходять свердловинні випробування. Такі випробування проводяться регулярно для всіх нових або відремонтованих зондів, а також для зондів, які використовуються каротажними групами компанії.

Еталонні калібрувальні каротажні криві для випробувальної свердловини було сформовано на основі визнаних галузевих еталонних даних Геофізичного інституту імені Лоранда Етвеша в Угорщині та даних калібрувальних свердловин DWLBC (API) в Аделаїді, Австралія. На їх основі було створено еталонні моделі.

Спеціальні каротажні криві для всіх типів зондів було побудовано на основі даних тисяч каротажних вимірювань, накопичених протягом понад 45 років. Коли відкалібрований випробувальний зонд формує власні характерні криві, їх накладають на базові каротажні діаграми, щоб перевірити, чи перебувають вони в межах установлених допусків. Будь-який зонд, що не відповідає вимогам, не допускається до використання та проходить повторну перевірку й випробування.

Robertson Geo докладає всіх необхідних зусиль, щоб забезпечити належне використання зондів у польових умовах. Кожен зонд постачається з інструкцією з експлуатації, яка також доступна на вебсайті компанії. Крім того, служба технічної підтримки за запитом допомагає клієнтам з'ясувати причини проблем та аналізувати отримані дані. Компанія також проводить навчання з експлуатації всіх типів зондів для своїх працівників і клієнтів.

Висновок

Будь-яка каротажна система, призначена для отримання даних геофізичного каротажу, що використовуються для кількісного аналізу, зокрема для оцінювання ресурсів або проектування об'єктів цивільного будівництва, має бути відкалібрована.

Robertson Geo калібрує всі свої каротажні системи та використовує випробувальні свердловини на власній випробувальній базі й калібрувальній установці у Великій Британії для перевірки отриманих результатів. Це підтверджує, що всі дані отримано за допомогою відкаліброваних систем, а самі дані є простежуваними та перевіреними відповідно до встановлених галузевих стандартів.

Лише каротажні дані, отримані за допомогою системи, відкаліброваної відповідно до встановленої процедури, можуть бути надійною основою для проектування. Крім того, використання простежуваних каротажних даних суттєво знижує проєктні ризики та дає змогу побудувати надійну геологічну модель для проектування і прийняття рішень щодо реалізації проєкту.