

Технологические приемы инструментального контроля качества нодального оборудования SmartSolo

■ Игорь Чай, эксклюзивный представитель компании SmartSolo в России и СНГ.

Аннотация. Благодаря широкому применению высокоплотной сейсморазведки с нодальными системами регистрации, надежность, согласованность, интеллектуальность и низкая стоимость являются будущими направлениями развития бескабельной системы сбора сейсмических данных.

Сейсмические проекты ведутся в сложных районах, например, таких как горы и города, но нодальное оборудование не может отслеживать рабочее состояние оборудования в режиме реального времени, и работы проводятся с высоким риском для качества получаемых данных, что выдвигает более высокие требования к методам контроля качества как элементу технологического процесса.

Взяв в качестве примера нодальные приборы SmartSolo IGU-16 DTCC, в этой статье разрабатывается набор методов строгого контроля качества с точки зрения обнаружения запуска оборудования, контроля качества процесса и контроля качества полученных данных, чтобы адаптироваться к характеристикам «слепого анализа» накопительные сейсмометры.

Ключевые слова: нодальные сейсмографы, бескабельные инструменты, контроль качества, контроль.

Введение.

С быстрым развитием электронных технологий геофизические приборы также развиваются в направлении миниатюризации и интеллектуальности. Интегрированный сбор сейсмической информации с использованием нодальных сейсморегистрирующих систем является реализацией концепции ведения работы с низким энергопотреблением, с высокой экономической эффективностью. Большинство нодальных сейсморегистрирующих систем не оснащены системой контроля качества в режиме реального времени, что выдвигает более высокие требования к контролю качества в ходе выполнения работы, как элементу технологического процесса.

На примере нодального сейсмографа SmartSolo в этой статье представлены методы полевого контроля качества выполнения сейсмических исследований с трех точек зрения: контроль запуска, контроль качества процесса и контроль качества данных внутри блока.

Нодальный сейсмограф SmartSolo.

В настоящее время существует более 20 видов нодальных сейсмографов, используемых для сейсморазведки. В настоящее время все больше проектов выполняется совместно нодальными и кабельными системами.

Компания SmartSolo занимается разработкой нодальных сейсморегистрирующих систем начиная с 2016 года. Первоначально только IGU-16 был продуктом со встроенным геофоном и батареей. Впоследствии SmartSolo представила IAU-19 и IGU-16HR-IES - два нодальных модуля, способные подключаться к внешнему геофону в соответствии с потребностями пользователей. А также три многокомпонентных узловых сейсмографа IGU-16HR3C, IMU-3C, IGU-BD3C-5. На Рис. 1 показана продукция компании SmartSolo, его основное вспомогательное оборудование.

На Рис. 1 (a) - (f) представлены серии различных типов сейсмометров SmartSolo и внешнего геофона. 1 (g) FDT



▲ Рис. 1. Основное и вспомогательное оборудование SmartSolo
 а) IGU-16, б) IGU-16-IES, в) IAU-19, г) IMU-3C, е) IGU-BD3C-5, ф) IGU-16HR,
 г) FDT, h) AMT, i) DMC/DCC, j) DHR, k) BCR.

— это мобильный планшет, оснащенный профессиональным программным обеспечением. После завершения компоновки поля порядковый номер сейсмографической станции сканируется для записи местоположения GPS каждого развернутого IGU, которое используется в качестве пункта приема регистрирующей системы наблюдения, на который установлен конкретный блок.

На Рис. 1 (h) представлено устройство ADM, которое помогает в извлечении аккумуляторных блоков станции для повышения эффективности разделения и сборки аккумуляторных блоков перед загрузкой данных или развертыванием блоков в полевых условиях. Рис. 1 (i) представляет собой интерфейс между консольной программой сбора данных и блоком, в процессе чего происходит считывание данных. Программа DMC используется для настройки параметров блока перед развертыванием в полевых условиях, включая частоту дискретизации, коэффициент усиления и т.д. После завершения загрузки данных в DCC программа DMC используется для выполнения сортировки и вывода данных. Формат вывода может быть SEGД или

SEGД, используется для формирования сейсмограмм. Программы DMC и DCC выполняются на высокоскоростных серверах, и серверы должны быть подключены к RAID-хранилищу большой емкости для удовлетворения требований к управлению производственными данными.

Рис. 1 (j) представляет собой стойку DHR для загрузки данных, которая является интерфейсом между нодальными блоками и программной системой DCC, с помощью которого производится считывание вспомогательных данных контроля качества, каждая DHR имеет 32 слота, а средняя скорость загрузки каждого слота составляет 20 МБ/с. Рис. 1(k) - это устройство BCR для зарядки аккумуляторной батареи сейсмических модулей. На каждом BCR имеется 48 слотов. Каждый слот оснащен светодиодным индикатором для отображения состояния зарядки слота. Как правило, аккумуляторный блок полностью заряжается примерно за 3 часа.

Предстартовый контроль оборудования.

Нодальный сейсмометр отличается от проводного телеметрического сейсми-

ческого канала. Каждый нод независим, имеет свой собственный встроенный детектор работоспособности, батарею, АЦП и карту памяти. Набор характеристик блока такой же как у кабельного канала, но сам процесс инструментального контроля имеет отличия. Перед вводом в эксплуатацию интегрированного нодального сейсмоприемного устройства SmartSolo необходимо заранее выполнить ряд операций для проверки состояния в соответствии с требованиями технических спецификации оборудования. До начала работы необходимо убедиться, что все показатели блока соответствуют требованиям выполняемого проекта.

Проверка параметров запуска

Сейсмограф SmartSolo должен соответствовать параметрам завода-изготовителя, которые контролируются на этапе сборки оборудования. Результаты тестирования прибора при сборке включают коэффициент усиления перед выпуском (0 дБ, 12 дБ, 18 дБ, 30 дБ) и частоту дискретизации (0,25 мс, 0,5 мс, 1 мс, 2 мс), входной шум равного эффекта, составляющую постоянного тока, динамический диапазон, общее гармоническое искажение, коэффициент подавления синфазного сигнала, точность усиления, сопротивление разомкнутой цепи, импеданс, частота, шум, общее гармоническое искажение, импеданс, состояние ТФ, температура испытания и время испытания каждого сейсмометра должны быть проверены при выпускном контроле оборудования с завода.

Проверка полярности

Американский институт SEG определяет полярность сейсмических записей как положительную полярность SEG и обратную полярность SEG. В одном и том же



▲ Рис. 2. Полевой тест на идентичность оборудования.

проекте крайне важно обеспечить согласованность полярности собираемых данных. В противном случае сбор данных с противоположной полярностью приведет к искажению сигнала при суммировании и взаимном подавлении при обработке данных. Поэтому перед началом проекта проводится тест на идентичность всех используемых узлов.

Все каналы должны быть расставлены максимально близко, чтобы при регистрации обеспечивалась синфазность сигнала. «Отскок» по фазе в ходе такого испытания становится индикатором неправильной полярности на данном блоке.

Как показано на Рис. 2, перед запуском ноды IGU-16 укладываются в несколько концентрических кругов, источник возбуждения помещается в центр. На рисунке 3 показаны результаты сопоставления сейсмических данных. Полярность сейсмографа определяется в соответствии с направлением первого вступления.

Контроль качества производственного процесса.

Интегрированный нодальный блок SmartSolo - это типичный «слепой» сейсмограф, который не может отслеживать рабочее состояние устройства в режиме реального времени во время его работы. С этим связаны высокие риски

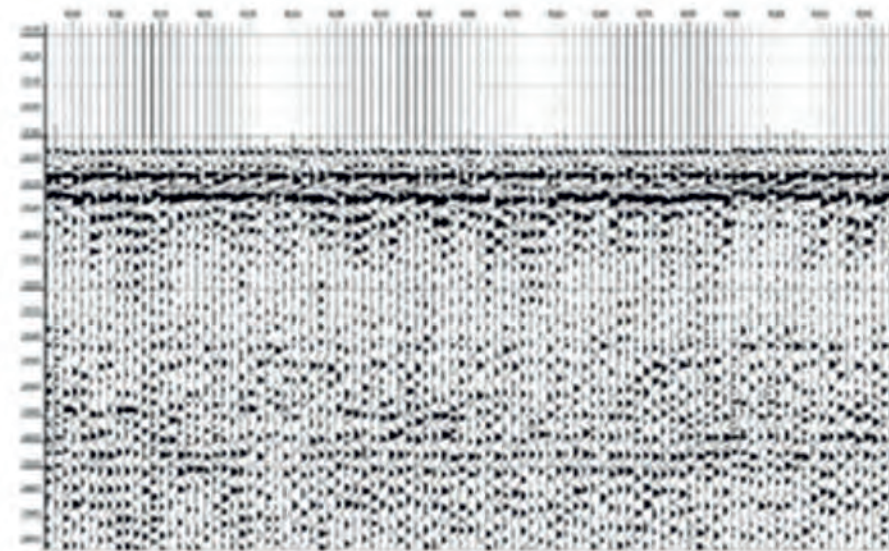


Рис. 3.
Результаты
теста на
идентичность.

соответствия получаемой информации требованиям проекта. Поэтому очень важно определить набор эффективных средств контроля качества в виде методических и технологических приемов организации работы.

Требования к установке оборудования.

Нодальный сейсмограф типа IGU-16 отличается от проводного сейсморегистрирующего канала тем, что он не может передавать тесты контроля правильности установки геофона в режиме реального времени. Поэтому при установке

необходимо строго соблюдать требования укреплению блока, причем для каждого грунта и условий размещения эти требования свои. Но общий подход заключается в надежности закрепления блока. На рис. 4 показаны различные способы закапывания и укладки нодов на различных типах поверхности.

Необходим тщательный контроль процедуры установки блока, чтобы гарантировать, что геофон имеет хороший контакт с грунтом, расположен перпендикулярно поверхности для оптимизации отклика на сигнал вибра-



Рис. 4.
Установка
прибора
в различных
условиях.

ции поверхности. Рекомендуется проведение 100%-ного ежедневного визуального контроля расстановки, чтобы убедиться, что контакт нода с грунтом не нарушен.

Местоположение развертывания и рабочее состояние оборудования

Интегрированное узловое сейсмоприемное оборудование оснащено функцией самокоррекции, позволяющей с помощью мобильного телефона или специального планшета сканировать QR-код на корпусе станции, автоматически делать снимки при включенном зеленом свете и генерировать фотографии само-сертификации с водяными знаками номера линии и номера пикета, а также сканировать документы о развертывании, о которых можно сообщить для ежедневной проверки.

Посредством анализа фотографий, сделанных персоналом в ходе визуального мониторинга расстановки, информации о местоположении GPS и контроле соответствия времени блока мировому времени, состояние установки приемника и местоположение приемника будут обеспечивать 100% контроль качества состояния приемной расстановки.

Рекомендации по ежедневному контролю расстановки.

- Проводить ежедневные проверки онлайн нодальных сейсмических приборов для обеспечения 100%-ного охвата приемной расстановки;
- Оперативно организовать исправление приборов, показавших проблемы во время проверки, информация о контроле качества сейсмического прибора

может быть восстановлена с помощью проверки FDT;

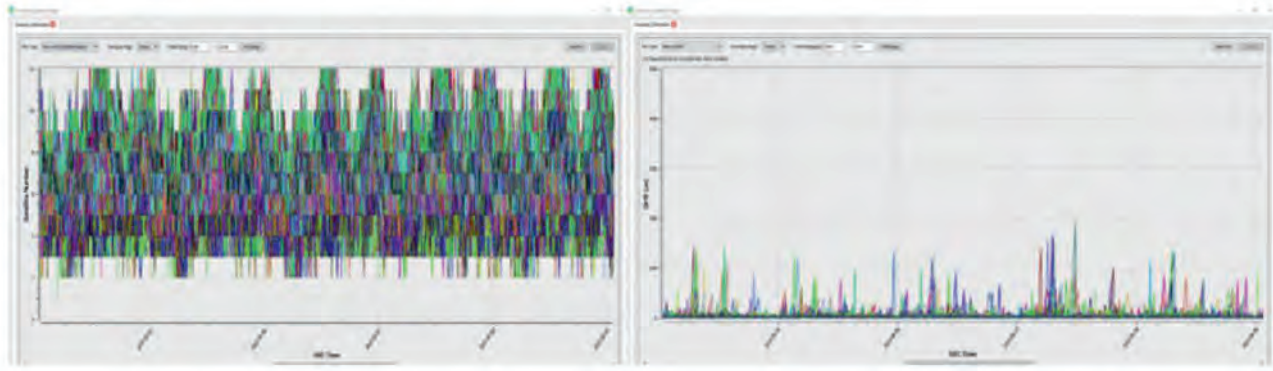
- Контроль расстановки должен быть повышен в ключевых районах, таких как населенные пункты, сельхозугодья и дороги, необходимо своевременно сообщать о потерянном оборудовании;
- Иметь запас оборудования для своевременной ротации приемников, требующих замены.

Контроль качества сейсмических данных.

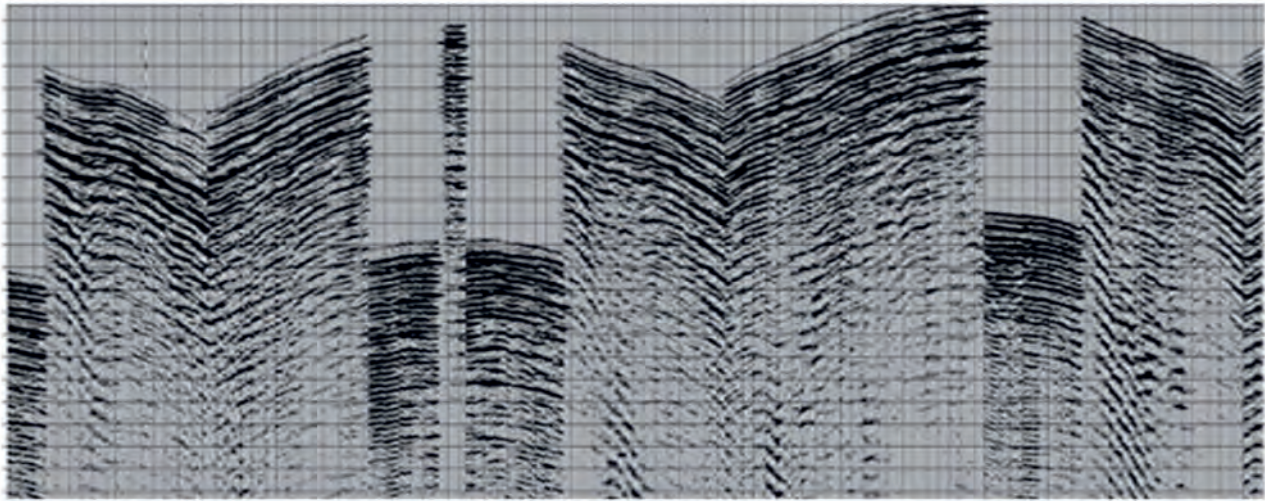
Ноды, которые собираются с профиля, ежедневно загружаются в стойку DCC и DHR для считывания данных. В то же время получается информация о количестве спутников и точности часов каждого сейсмографа в течение онлайн-периода (Рис.5,6). Сортировка и вывод данных осуществляются программным обеспечением DMC с сигналами TB. Поскольку при сортировке данных используется сигнал точного времени GPS TB для выбора достоверной информации из исходного набора непрерывных каналов, точность собственной синхронизации GPS каждого узла напрямую определяет точность собранных данных.

На Рис. 5 показан контроль качества точности часов каждого сохраненного сейсмического прибора путем считывания информации и в текстовом формате, и визуальным формированием изображения. Своевременный контроль точности синхронизации оборудования с мировым временем позволяет своевременно устранить проблему сбоя GPS при возникновении.

А также предотвратит повторную



▲ Рис. 5. Контроль количества спутников GPS (а) и контроль точного времени (б).



▲ Рис. 6. GPS дрейф точного времени.

установку проблемного оборудования на профиль. Некорректные данные должны быть своевременно устранены из общего массива данных, чтобы избежать их попадания на стадию обработки.

На Рис. 6 показан набор общих точек обнаружения, которые сортируются, когда временной дрейф оборудования велик. Как правило, это происходит из-за проблемы с модулем синхронизации оборудования или во время процесса сбора полевых данных, когда на оборудование влияют внешние факторы, и возникает проблема со спутниковой синхронизирующей связью. Для таких сейсмических каналов они должны быть удалены вовремя до того, как данные будут синтезированы и выведены, чтобы избежать помех на следующих этапах сейсмического проекта.

Заключение

IGU-16 SmartSolo - сейсмический прибор нодального типа отличающийся от проводных приборов тем, что относится к группе так называемого «слепого оборудования». Это предъявляет более строгие требования к контролю качества на всех этапах сейсморазведочного проекта.

При введении в эксплуатацию нового оборудования проводится проверка качества оборудования по всем параметрам. В процессе производства и сбора данных должна строго проверяться компоновка оборудования и его регулярное расположение; после считывания данных необходимо своевременно проверять смещение часов, статус GPS и другую информацию. Выявленные проблемы, связанные с работоспособ-

ностью оборудования, должны своевременно передаваться полевым командам.

Благодаря внедрению научных и стандартизированных процессов контроля качества обеспечивается возможность получения высококачественных сейсмических данных при использовании нодальных сейсмических приборов. Это обеспечивает и качество сбора данных, и высокую скорость сбора данных. Благодаря непрерывному прогрессу и развитию технологии сбора сейсмических данных, интеллектуальность и интенсификация оборудования для сбора сейсмических данных на базе нодальных систем SmartSolo сделали методы мониторинга качества сбора сейсмических данных более разнообразными и технологичными.

Это делает нодальные системы SmartSolo отличным инструментом для проведения сейсмических исследований в различных условиях с отличным качеством и высокой эффективностью.

Подробнее об авторе



Игорь Чай

Эксклюзивный представитель компании SmartSolo в России и СНГ.