

Бескабельные телеметрические системы – основной тренд развития сейсморазведки

■ Тарасов Н.В., Гнатюк А.И, АО «СКБ СП», Саратов

Одной из объективных тенденций развития сейсморегистрирующих систем в настоящее время является увеличение проектной канальности. Согласно ряду источников, число каналов сейсморегистрирующих систем удваивается каждые 3,5 года и к 2025 году ожидают появление сейсморегистрирующих систем, обеспечивающих выполнение сейсморазведочных работ с более чем 250000 каналами.

Необходимость увеличения канальности вызвана рядом причин:

1. Увеличение производительности работ достигается прежде всего большим количеством полевой аппаратуры - для высокой производительности регистрации и перематка оборудования должны проходить независимо друг от друга. И это наиболее важная причина, требующая наращивание канальности на проектах.

2. Миграция двухмерного разреза не восстанавливает истинные глубины залегания отражающего горизонта если падение слоев не совпадает с направлениями профиля. Истинные глубины могут быть получены только при трехмерном сейсмическом профилировании. При этом, чем круче падение отражающих слоев и/или, чем большая нужна детальность разведки, тем требуется большая частота пространственной дискретизации и, соответственно, большая канальность.

3. Применение трехкомпонентной регистрации, обеспечивающей более эффективное использование динамических параметров сейсмических волн для получения дополнительной информации о геологическом разрезе, требует даль-

нейшего увеличения канальности сейсморегистрирующих систем.

4. В настоящее время весьма актуальной задачей становится реализация геолого-геофизического мониторинга на нефтяных и газовых месторождениях. Для проведения мониторинга крупных объектов необходимо использование нескольких тысяч датчиков, размещенных на значительной площади

5. Разрабатываемые геофизические технологии, основанные на взаимодействии физических полей (например, сейсмoeлектроразведка), также требуют увеличения канальности полевых измерительных систем.

Авторы ряда публикаций считают, что дальнейшее развитие сейсмических технологий сдерживается использованием кабелей в процессе регистрации. Кабели служат для различных целей, хотя основной задачей является передача информации в реальном времени от датчиков на центральную систему регистрации для мониторинга работы и контроля качества. Конечно, возможность видеть все записи возбуждений в реальном времени, а также иметь возможность контролировать уровень шума на профиле чрезвычайно важно, однако с точки зрения производительности, обеспечения безопасных, здоровых, экологических условий труда и качества результатов наблюдений, цена этого удобства очень высока. Использование кабельных сейсморегистрирующих систем имеет, по крайней мере, 6 основных недостатков:

- Значительный вес системы;
- Интенсивность ручного труда и перемещений;

- Увеличение риска причинения вреда здоровью, нарушения экологии и требований безопасности;
- Потери времени, связанные с ремонтом и обслуживанием кабелей;
- Сложные схемы сети наблюдений в условиях пресеченной и урбанизированной местности;
- Недостаточное квантование подповерхностной среды

Многие геофизики считают, что основой развития отрасли должен стать отказ от кабелей в регистрирующем оборудовании и широкое внедрение в практику выполнения сейсморазведочных работ бескабельных телеметрических сейсморегистрирующих систем (в дальнейшем БТСС). И с этим трудно не согласиться. Тем более, что помимо обеспечения возможности работы с мегаканальными расстановками, БТСС должны обеспечить и ряд других, весьма существенных преимуществ, по сравнению с кабельными ТСС:

- Существенное снижение количества и веса оборудования, перемещаемого в

полевой партии в процессе выполнения полевых работ;

- Существенное снижение численности персонала полевой партии;
- Повышение гибкости и скорости размещения оборудования на исследуемой площади;
- Обеспечение возможности выполнения сейсморазведочных работ в районах, со сложными поверхностными условиями;
- Режим непрерывной регистрации в течении длительного периода (до 30 и более суток), реализуемый в ряде БТСС, необходим для мониторинга месторождений;
- Снижение степени воздействия на окружающую среду;
- Снижение рисков безопасного производственного процесса.

С широким внедрением в практику выполнения геофизических работ мегаканальных БТСС геофизики получат множество дополнительных преимуществ, включая возможность проведения широкоазимутальных наблюдений, с большими выносами, с учетом всех

▼ Рис. 1. БТСС эффективны на работах со сложными поверхностными условиями.



требований заказчика работ, а так же возможность полного квантования всего волнового поля с использованием оди-
ночных датчиков.

Идеология создания БТСС

В последнее десятилетие, с появлением ряда технологических достижений в области телекоммуникационной связи, компактных и чрезвычайно емких устройств хранения данных, литиево-ионных источников питания, появилась возможность создания сверхмногоканальных бескабельных ТСС нового типа. При этом, при создании данных БТСС могут быть использованы различные подходы к проблеме организации проведения сейсмического наблюдения. Это, в свою очередь, накладывает свои требования к системной архитектуре БТСС и технологиям, используемым при их создании.

Возможны следующие варианты выполнения сейсмического наблюдения с использованием БТСС:

1. Выполнение сейсмического наблюдения с мониторингом процесса регистрации сейсмоданных и технического состояния полевых модулей путем пересылки данных об уровне шума на профиле, зарегистрированных сейсмоданных, данных о результатах тестирования полевых модулей в ЦРК в реальном времени. Техническая реализация таких БТСС требует использования сетевых беспроводных технологий передачи данных. Назовем такие БТСС «сетевыми».

2. Выполнение сейсмического наблюдения с мониторингом процесса регистрации сейсмоданных и технического состояния полевых модулей путем пересылки в ЦРК в нереальном времени только основных атрибутов выбранных трасс и данных оценки результатов

тестирования полевых модулей, используемых для оценки функционирования расстановки. Каждый полевой модуль имеет независимую, двунаправленную связь с ЦРК. Назовем такие БТСС «полуавтономными».

3. Выполнение сейсмического наблюдения без мониторинга процесса регистрации сейсмоданных и технического состояния полевых модулей со стороны ЦРК. Так называемая «слепая регистрация». Такие БТСС получили название «автономные».

В свою очередь, БТСС и, в частности автономные БТСС, могут отличаться способами формирования временных меток для разделения трасс и формирования информации о пространственном положении модуля. В первой подгруппе БТСС приемник GPS может устанавливаться в каждом полевом модуле и использоваться для локализации модуля на местности и/или, по крайней мере, для обеспечения временной синхронизации. Во второй подгруппе БТСС может быть использован альтернативный подход, не требующий установки дорогих GPS приемников в каждый модуль и обеспечения контроля их работоспособности. Этот подход предполагает использование одного GPS приемника, встроенного в радиопередатчик, передающего информацию о времени для всех полевых модулей одновременно. При этом, в каждом из модулей должен иметься радиоприемник. Полевые модули БТСС размещаются на профиле рабочим, имеющим GPS приемник и устройство хранения информации о координатах положения модулей на профиле, которые впоследствии переносятся в базу данных системы.

Таким образом, структура полевых модулей существенно упрощается, снижается их стоимость и потребление

энергии. В этом случае обслуживание требуется всего лишь для нескольких GPS приемников, а однонаправленный радиоканал может быть использован, в случае необходимости, для перевода полевых модулей в режим экономии энергии.

СБТС «БАР-1» - «БАР-3» - АО «СКБ СП» (Россия)

(Бескабельный автономный регистратор одноканальный) разработана и выпускается с 2010 г. СБТС «БАР-1» является автономной бескабельной системой сбора и хранения сейсмоданных.

Система включает:

- Систему управления данными;
- Полевые блоки сбора данных;
- Модуль заряда батарей и переноса данных.

Отличительными особенностями системы являются:

- 32-х разрядная оцифровка сейсмических сигналов;
- Встроенные GPS и синхронизируемые часы;
- Встроенный генератор тест-сигналов с высоким разрешением;
- Флэш-память;
- Возможность неограниченного наращивания канальности системы;
- Непрерывная запись в течение 25 суток;
- Совместимость с взрывными, вибрационными и другими импульсными источниками возбуждения сейсмических колебаний;
- Светодиодный индикатор, сообщающий о состоянии прибора и его готовности к работе;
- Прием сигналов от стандартных аналоговых датчиков.

Полевой модуль спроектирован для записи сейсмоданных без использова-

ния кабелей и радиоканала. Автономный полевой блок включает в себя 1-3 канала с 32-х разрядной оцифровкой, встроенный высокочувствительный GPS, Глонасс-приемник, тактовый генератор, встроенный генератор тест-сигналов, энергонезависимую память емкостью до 32 Гбайт и высокоскоростной порт для передачи данных. При потере сигнала GPS тактовый генератор может сохранять точное время в течение 1-2-х часов.

Полевой блок имеет герметичный корпус, на котором имеются разъемы для подключения геофона, присоединения блока внешнего аккумулятора большой емкости и съема записанной информации.

СБТС «БАР-1»-«БАР-3» могут выполнять тестирование работоспособности цепей сейсмического канала и геофонов. Пользователь может на свой выбор задать программу тестирования – частичную или полную. По желанию пользователя можно вывести либо все результаты тестирования, либо только данные о неполадках. Собираемые и используемые для анализа данные записываются во флэш-память полевого блока. При проведении тестов программа автоматически управляет последовательностью выполнения тестов и параметрами генератора тест-сигналов. Все тесты проводятся с использованием текущих заданных значений частоты дискретизации и коэффициента усиления предварительного усилителя.

Программный комплекс включает два программных модуля: «БАР-сервис» и «БАР-станция».

Программный модуль «БАР-сервис» используется для:

- диагностирования полевых модулей БАР-1 и подключенных к ним геофонов или сейсмогрупп;
- взаимодействия с модулями БАР:

- программирование блоков перед их установкой на местности.
- считывание информации о состоянии модулей БАР-1;
- считывание сейсмических файлов.

Программный модуль «БАР-станция» используется для:

- описания топологии расстановки и списка ПВ вручную или импортированием из SPS файлов;
- получения точных значений ОМ для каждого накопления на каждом ПВ и сохранение их в базе данных;
- построения сейсмических записей для каждого ПВ с использованием следующих данных:
 - данные о точных временах ОМ, сохраненные в базе данных;
 - файлы сейсмических данных, зарегистрированных полевыми модулями БАР;
 - SPS R-файл, содержащий топологию пунктов приема.
- взаимодействия с полевыми модулями БАР;
- передача заданий на работу в полевые модули БАР;
- получение информации о состоянии полевых модулей БАР;
- считывание сейсмических файлов данных, зарегистрированных полевыми модулями БАР.

В предыдущих публикациях журнала «Приборы и системы разведочной геофизики» уже приводились сравнительные данные о технических характеристиках большинства современных бескабельных телеметрических сейсморегистрирующих систем, включая СБТС «БАР-1» - «БАР-3», предназначенных для изучения глубинного строения разреза земной коры.

Сравнительный анализ технико-экономических характеристик СБТС,

созданных рядом зарубежных компаний и СБТС «БАР» в одно или трёх канальном варианте, созданной АО «СКБ СП» в 2010 г., показывает, что по своим техническим параметрам отечественная СБТС не уступает зарубежным автономным СБТС. Кроме того в развитие существующих СБТС в СКБ СП выполнена разработка трёхкомпонентного автономного регистратора с встроенными геофонами GSVc основной частотой 5Гц., который включён в государственный реестр средств измерений.

Развитие и перспективы СБТС

Фактически современные СБТС находятся в начале своего развития, Однако уже сейчас можно наметить следующие основные направления, по которым, развиваются и, по-видимому, будут развиваться ТСС данного типа.

Увеличение канальности системы - из всех рассмотренных СБТС компанией-изготовителем не установлено ограничение общего числа каналов для следующих СБТС: UNITE, FireFly, ZLand, БАР-1. Максимальная канальность БТСС SIGMA, UltraG5 и GSR составляет 50000.

Вопрос контроля состояния профиля в процессе регистрации, контроля технического состояния полевого оборудования и, соответственно, его надежности, а также контроля качества зарегистрированной информации. Сегодня является основным тормозом в массовом применении СБТС.

Одно из решений данной проблемы заключается в следующем. Учитывая, что одной из областей, в которой кабели имеют, по крайней мере, в настоящее время, бесспорное преимущество, является контроль в реальном времени уровня шума на профиле, было бы разумно использовать это качество кабельных ТСС в совместных расстановках с автономными СБТС. Это было бы тем

более разумно, если учесть, тот факт, что в настоящее время в сейсморазведке доминируют кабельные сейсморегистрирующие системы и это оборудование еще долгое время будет в распоряжении геофизиков.

Кабельные и бескабельные каналы дополняют друг друга для обеспечения мегаканальной расстановки с возможностью контроля процесса регистрации в реальном времени.

В таких расстановках кабельная система может быть развернута с пониженной плотностью каналов, достаточной для контроля шума в реальном времени. Интервал между кабельными каналами может быть 100 и более метров, а интервал между кабельными линиями – не менее 500 м. Бескабельные каналы можно размещать в линии кабельных каналов, что улучшит качество данных регистрируемых данной линией наблюдения и снизит риски, связанные с возможным повреждением кабеля. Необходимо отметить, что подобные совместные расстановки уже используются в настоящее время.

Обеспечение максимальной длительности регистрации особенно необходимо для СБТС, используемых для мониторинга месторождений. Из всех рассмотренных БТСС 5 систем (UNITE, SIGMA, FireFly, GSR, Z Land, БОР-1), работа в автономном режиме, могут регистрировать информацию в течение 24 и более суток. Этот параметр определяется объемом встроенной памяти, потреблением энергии электроникой СБТС, организацией оптимального режима регистрации, емкостью используемых батарей питания (внутренней и внешней), возможностью «горячей» замены внешней батареи.

Обеспечение максимальной надежности работы полевого оборудования особенно важно для автономных сверх-

многоканальных СБТС, не имеющих обратной связи с ЦРК в реальном времени. При этом технические параметры полевых блоков данных СБТС должны обеспечивать возможность автономной работы не менее 288 часов или 24 дня при 12 часовой загрузке в день. Блоки должны иметь чрезвычайно высокую надежность работы. Специалисты компании Fairfield Industries считают, что для 10000 канальной расстановки допустимая интенсивность отказов должна быть не более 6 отказов в день.

Обеспечение максимальной производительности

Наиболее важными факторами, влияющими на производительность СБТС, являются:

- Вес оборудования;
- Энергия, потребляемая наземной электроникой;
- Используемые батареи питания и управление системой питания;
- Оптимальное управление источниками возбуждения и расстановкой.
- Оптимальная система съема и первичной обработки зарегистрированной информации.

Чтобы бескабельные телеметрические сейсморегистрирующие системы действительно обеспечили наступление эпохи мегаканальных партий, а также реальное уменьшение стоимости проведения работ и снижение воздействия на окружающую среду, они, помимо упомянутых ранее критериев, должны отвечать следующим требованиям:

- Доступная стоимость оборудования.

Не имеет значения насколько изделие хорошее, если оно дорогое. У него будет слишком узкая ниша на рынке оборудования. Сейсмические данные не могут иметь слишком большую стоимость. Даже те, которые зарегистрированы

только одной мегаканальной расстановкой.

· Система должна обеспечивать низкие затраты на работу с оборудованием в поле. Это особенно важно для систем с огромным числом каналов. Эти затраты напрямую связаны с надежностью оборудования и его весовыми характеристиками и, в частности, с потребляемой мощностью.

Заключение

В данной публикации не ставится задача проведения сравнительного анализа существующих бескабельных сейсмосистем на рынке геофизических работ. Выбор, как правило, определяет Заказчик геологического проекта. Но уже становится очевидным, что наиболее востребованными будут так называемые автономные «слепые» сейсмосистемы. Причина заключается в том, что они просты в эксплуатации и достаточно надёжны и компактны.

Осталось решить два основных вопроса: это время непрерывной регистрации

при температурах от -50 до +75 градусов Цельсия не менее 50 суток и наличие бесконтактной зарядки батарей. И пути решения данных задач уже видны и понятны.

Необходимо должное внимание со стороны компаний заказчиков геофизических услуг, которым надо увидеть в БТСС реальные возможности революционного скачка в развитии геофизических технологий.

Подробнее об авторе



Тарасов
Николай Владимирович

исполнительный директор
АО "СКБ СП"
к.т.н., автор многих
статей и нескольких
изобретений.



Гнатюк
Александр Иванович

Главный конструктор
АО "СКБ СП",
автор нескольких
изобретений
и публикаций.



◀ Рис. 2. Автономные системы
БАРС со встроенным геофоном –
– новая разработка СКБ СП.