

Современные бескабельные телеметрические сейсморегистрирующие системы (обзор)

Кузнецов И.М., ОАО «СКБ СП», г. Саратов

Одной из объективных тенденций развития сейсморегистрирующих систем является увеличение их канальности. Согласно [1] и ряду других источников, число каналов сейсморегистрирующих систем удваивается каждые 3.5 года и к 2025 году ожидается появление сейсморегистрирующих систем, обеспечивающих выполнение сейсморазведочных работ с более чем 250000 каналами.

Необходимость увеличения канальности вызвано несколькими причинами:

1. Одной из наиболее убедительных причин расширения канальности сейсморегистрирующих систем является стремление к увеличению производительности работ.
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 дальнейшего 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, сейсмoeлектроpазведка), также требуют увеличения канальности полевых измерительных систем.

Авторы ряда публикаций считают, что дальнейшее развитие сейсмических технологий сдерживается широким использованием кабелей в процессе регистрации сейсмоданных [2, 3, 4].

Кабели служат для различных целей, хотя основной является передача информации в реальном времени от датчиков в центральную систему регистрации. Конечно, возможность видеть все записи возбуждений в реальном времени, а также иметь возможность контролировать уровень шума на профиле чрезвычайно важно для обеспечения контроля качества данных, 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
- Недостаточное квантование подповерхностной среды

Решение этих проблем требует революционных изменений в наземной сейсморазведке. Многие геофизики считают, что основой общего успеха 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 и связанными с этим преимуществами, БТСС должны обеспечить и ряд других, весьма существенных преимуществ, по сравнению с кабельными ТСС:

- Существенное снижение численности персонала полевой партии;
- Существенное снижение количества и веса оборудования перемещаемого в полевой партии в процессе выполнения полевых работ;
- Существенное повышение гибкости и скорости развертывания оборудования на исследуемой площади, а также его свертывания по окончании выполнения работ;
- Обеспечение возможности выполнения сейсморазведочных работ в районах, в которых проведение данных работ с другим оборудованием из-за различного рода ограничений не возможно;
- Режим непрерывной регистрации в течении длительного периода (до 30 и более суток), реализуемый в ряде БТСС, идеально подходит для мониторинга месторождений;
- Снижение степени воздействия на окружающую среду;
- Более полное удовлетворение требований охраны труда и техники безопасности в процессе выполнения полевых работ.

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

Представляется, что в настоящее время мы являемся свидетелями нового переходного периода в области регистрации сейсмической информации. Периода, в котором, как сказано в [5]: - «пространственные выборки могли бы обрабатываться так же, как это делается с временными выборками. Таким образом, можно было бы регистрировать в пространственной области практически с тем же подходом, который используется для временной области и обеспечить избирательность позже на соответствующей фазе обработки. Это упростило бы процесс сбора данных до уровня общей измерительной системы и обеспечило бы неограниченные возможности обработки без исходных обязательств при сборе. Дополнительно, была бы обеспечена высокая степень стандартизации».

О ГЛАВНОМ ИНСТРУМЕНТАРИИ ГЕОФИЗИКА- СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА





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 блоков 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». В данных БТСС могут быть использованы различные сетевые топологии, например:

- Сотовая топология сети (cellular topology), в которой модули объединяются в ячейки и взаимодействуют только с узлом ячейки. Обмен информацией между ячейками и центральным устройством (хабом) осуществляется только через приемно-передающее устройство узла ячейки;

- Ячеистая топология сети (mesh network topology), в которой к любому узлу сети ведут не менее двух маршрутов;

- топология типа гирлянда (daisy chain topology), при которой узлы связываются в цепочку двухточечными соединениями;

2. Выполнение сейсмического наблюдения с мониторингом процесса регистрации сейсмоданных и технического состояния полевых блоков путем пересылки в ЦРК в нереальном времени только основных атрибутов выбранных трасс и данных оценки результатов тестирования полевых блоков, используемых для оценки функ-

ционирования расстановки. Каждый полевой блок имеет независимую, двунаправленную связь с ЦРК. Назовем такие БТСС «полуавтономными». В основе сети наблюдения, реализуемой данными БТСС, лежит звездообразная сетевая топология (star topology).

3. Выполнение сейсмического наблюдения без мониторинга процесса регистрации сейсмоданных и технического состояния полевых блоков 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 блока.

В первой подгруппе БТСС приемник GPS может устанавливаться в каждом полевом блоке и использоваться для локализации блока 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 блок и обеспечения контроля их работоспособности. Этот подход предполагает использование одного GPS приемника, встроенного в радиопередатчик, передающего информацию о времени для всех полевых блоков одновременно. При этом в каждом из блоков должен иметься радиоприемник. Полевые блоки БТСС размещаются на профиле рабочим, имеющим GPS приемник и устройство хранения информации о координатах положения блоков на профиле, которые впоследствии переносятся в базу данных системы.

Таким образом, структура полевых блоков 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.

В таблице 1 приведены сравнительные данные о технических характеристиках ряда БТСС зарубежного и отечественного производства.

Табл. 1

Параметр	UNITE (Sercel, Франция)	SIGMA (iSeis, США)	Ultra G5 (ASCEND GEO США)	GSR (OYO GEOSPACE США)	Z Land (Fairfield Industries США)	ПОСА-А (СНИИГиМС, Россия)
Общие характеристики системы						
Макс. число каналов	Нет ограничений	50000	50000	50000	Нет ограничений	Нет ограничений
Режимы работы	Передача данных в реальн. времени Автономн. Смешанный	Передача данных в реальн. времени Автономн. Смешанный	Автономн.	Автономн.	Автономн.	Автономн.
Длительность, непрерывной записи	20 суток	30 суток	30 суток	30 суток	12 суток	10 суток
Выходной формат	SEG-D	SEG-Y, SEG-D	SEG-Y	SEG-2, SEG-D	SEG-D	Н/д
Блок сбора данных						
Число каналов в блоке	1	3	3	1, 2, 3 или 4	1	4
АЦП	24 разр.	24 разр.	24 разр.	24 разр.	24 разр.	24 разр.



О ГЛАВНОМ

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА

Период квантования	0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 мс	0.0208, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 мс	2.0, 4.0 мс	0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 мс	0.5, 1.0, 2.0, 4.0 мс	0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16 мс
Внутренняя память	Н/д	До 32 Гбайт	4 Гбайта	4 Гбайта	2 Гбайта	1 Гбайт
Точность временной синхронизации	< 1 мкс	± 1 мкс	± 50 мкс	< 1 мкс	± 100 мкс	< 0.1 мкс
Макс. входной сигнал	Н/д	3.58В р-р	Н/д	1.8 В RMS	442 мВ RMS	Н/д
Усиление предусилителя	0, 12, 24, 36 дБ	6, 30 дБ	0, 12, 24, 36 дБ	Н/д	0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 дБ	0, 6, 12, 18, 24, 30, 36 дБ
Частотный диапазон	0 – 1600 Гц	0 – 15 кГц	1 – 202 Гц	0 – 1600 Гц	0 – 85.8% частоты Найквиста	0 – 3200 Гц
КНИ	- 100 дБ	Н/д	-106 дБ	0.0005%	0.0006%	0.0003%
Входной шум	Н/д	0.2 мкВ RMS	0.7 мкВ	0.17 мкВ	0.4 мкВ	0.2 мкВ
Фильтры	ФВЧ, ФНЧ, РФ	ФВЧ, ФНЧ, РФ	ФНЧ, РФ	ФНЧ, РФ	ФВЧ, ФНЧ, РФ	ФНЧ, РФ
Общий динам. диапазон	120 дБ	144 дБ	Н/д	140 дБ	Н/д	Н/д
Мгновенный динам. диапазон	Н/д	118 дБ	125 дБ	124 дБ	Н/д	125 дБ
Взаимн. влияния	Н/д	-125 дБ	Н/д	Н/д	Н/д	- 100 дБ
Подавление синфазных помех	100 дБ	>100 дБ	-120 дБ	-120 дБ	> 90 дБ	Н/д
Потребляемая мощность (регистрация)	1.3 Вт 1.6 Вт*	3.48 Вт	290 мВт/канал	Н/д	Н/д	1.7 Вт/канал
Потребляемая мощность (спящ. режим)	10 мВт	12 м Вт	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Внутренняя батарея	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет
Внешняя батарея	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть
Вес с внутренней батареей	1.3 кг	5.7 кг	2.49 кг	0.9 кг без батареи	2.0 кг	Н/д
Встроенные системные тесты	Состояние батареи Состояние GPS Уровень сигнала	Точность усиления Реакция на импульс Шум Дин.диапаз.	Состояние батареи Уровень сигнала радиопередатчика	КНИ Реакция на импульс Входн. шум Шум геофона	Питание Регистрация Ошибка	Шум Макс. вход. сигнал КНИ Подавление синф.помех
	WLAN	Взаимные влияния КНИ		Мгн. дин. диапазон Подавл. синфазного сигнала		Взаимные влияния Коэф. усиления
Встроенные тесты геофона	Шум, Сопротив. КНИ Подавление синф. помех Наклон* Шум* Гравитация* Усиление* КНИ* Фаза*	Сопротив. Собст. частота Коэф. затухания	Сопротив.	Сопротивл. КНИ	Нет	Сопротив. Реакция на импульс
Индикация техн. состояния блока	Светодиоды	Светодиоды	Светодиоды	Светодиоды	Светодиоды	Светодиоды

Тип используемых датчиков	Геофоны MEMS акселером.	Геофоны Гидрофоны	Геофоны	Геофоны	Геофоны	Геофоны
Наличие встроенной GPS	Есть	Есть	Нет	Есть	Есть	Есть
Радиопередача						
Информация, передаваемая по радио	Сейсмич. Информация Состояние блока Состояние батареи Состояние памяти Запуск регистрации	Сейсмич. Информация Состояние блока Состояние батареи Состояние памяти Запуск регистрации	Запуск регистрации Синхро- сигналы	Нет	Нет	Нет
Используемая технология радиосвязи	WLAN	Mesh Wi-Fi	УКВ	Нет	Нет	Нет
Рабочий температурный диапазон	- 20 - + 60°C	- 20 - + 60°C	- 40 - +70°C	- 40 - + 85°C	Н/д	- 40 - + 60°C
Влажность	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	Н/д

* отмечены параметры, касающиеся БСД с MEMS акселерометром

СБТСС «UNITE» [6, 7]

СБТСС «UNITE» разработана в 2005 г. и до 2008 г. поставлялась потребителям компанией Vibration Technology Ltd. (Vibtech) (Великобритания). В 2008 г. компания Vibtech была поглощена компанией Sercel и в настоящее время СБТСС «UNITE» является продуктом данной компании.

Архитектура СБТСС «UNITE» представлена на Рис. 1.

Вся сейсмическая расстановка делится на ячейки. Каждая ячейка включает определенное количество одноканальных полевых блоков сбора данных (RAU). В каждой ячейке имеется Узел Доступа Ячейки (CAN), управляющий всеми полевыми блоками ячейки и обменивающийся с ними информацией по радиоканалу. Для обмена информацией используется не лицензируемый частотный диапазон 2.4 ГГц. Блоки сбора данных ячейки используют разные радиочастоты этого диапазона. При этом, поскольку степень затухания радиоволн используемого диапазона довольно высока, то число ячеек с одними и теми же используемыми радиочастотами ничем не ограничено. Надо лишь размещать их на расстоянии, достаточном для

устранения взаимного влияния в процессе радиопередачи. CAN, контролирующий все блоки в своей ячейке, собирает зарегистрированную информацию и передает ее по радиоканалу либо по оптоволоконному кабелю в Центральный регистрирующий комплекс.

CAN использует для обмена данными с ЦРК радиочастотный диапазон ISM, отведенный для промышленной, научной и медицинской радиослужбы (918 МГц, 2450 МГц, 5800 МГц и 22500 МГц).

СБТСС «UNITE» включает:

- Центральный регистрирующий комплекс;
- Полевые блоки сбора данных для аналоговых датчиков (RAU);
- Полевые блоки сбора данных для цифровых датчиков (RAU-D);
- Цифровые датчики DSU3-SA для RAU-D;
- Узел доступа ячейки (контроллер ячейки) CAN;
- Антенный комплект контроллера ячейки CAN для беспроводной связи с RAU;
- Портативный полевой терминал PFT для сбора и регистрации в RAU информации о сборе и обработки тестовой информации о

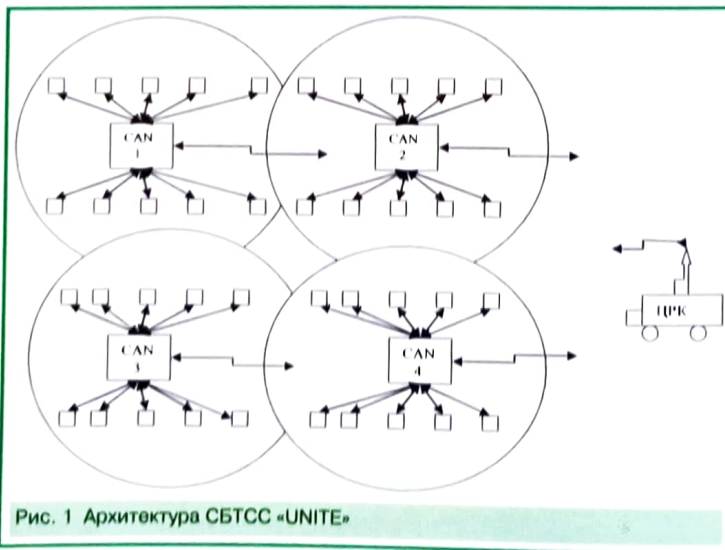


Рис. 1 Архитектура СБТСС «UNITE»

техническом состоянии RAU

- Беспроводной интерфейс данных WDI для полевого терминала
- Программное обеспечение для полевого терминала QC SPX предназначенное для обработки тестовой информации RAU;
- Антенный комплект для связи между контроллерами ячеек

Блок сбора данных RAU включает:

- электронные узлы сейсмического тракта;
- интегрированную высокоточную систему позиционирования GPS обеспечивающую так же высокоточную синхронизацию работы всех узлов блока;
- встроенную неразрушаемую память большой емкости, обеспечивающую

возможность автономной работы в течение 4 недель (12 часов работы)



чий день);

- интегрированные средства беспроводной локальной сети WLAN, обеспечивающие высокоскоростную беспроводную связь с контроллером ячеек CAN и полевым терминалом PFT;
- внутреннюю батарею с емкостью на 36 часов автономной работы;
- сетевую карту высокоскоростного Ethernet;
- разъем для подключения внешней батареи (9-12 В) с возможностью «горячей» замены;
- два сигнальных светодиода, отображающих техническое состояние системы GPS, беспроводной сети WLAN, датчика и общего состояния RAU;
- разъем для подключения датчика.

После установки RAU на профиле и включения питания, RAU находится в режиме пониженного потребления электроэнергии до поступления команды СТАРТ. Сбор данных RAU осуществляет только в течение заданного при конфигурации рабочего периода. Вне этого периода RAU остается в режиме пониженного потребления электроэнергии. Управление всеми RAU в расстановке осуществляется одновременно.

Система может работать в трех режимах регистрации сейсмоданных:

- В режиме реального времени с передачей полного набора данных в пределах цикла возбуждения. Данный режим реализуется в условиях хорошей радиосвязи. При работе системы в режиме реального времени, поступающие в RAU данные немедленно через контроллеры ячеек CAN-ы по радиоканалу отправляются в сервер ЦПК;
- В полуавтономном режиме, который используется при неоптимальных условиях для радиосвязи. В этом режиме в ЦПК пересылаются только данные контроля качества. Полный набор данных сохраняется во внутренней памяти RAU.
- В автономном режиме.

При использовании полуавтономного и автономного режимов регистрации, сейсмоданные, сохраненные во внутренней памяти RAU, в любой подходящий момент данные могут быть перезагружены из RAU в полевой терминал PFT по беспроводному каналу связи или по кабелю. Полевой терминал PFT компактен и может транспортироваться любым удобным способом. Независимо от процесса съема информации из RAU в ЦПК с помощью программного обеспечения e-UNITE осуществляется формирование «Заголовка Файла», содержащего все параметры, полученные от источника возбуждения и вспомогательных каналов.

При поступлении в ЦПК сейсмоданных, собранных с помощью терминала PFT, с помощью программного обеспечения e-DOL и с использованием «Заголовка файла» формируются выходные SEG-D файлы.

Устанавливаемое в полевой терминал PFT программное обеспечение QC SPY обеспечивает возможность контроля функционального состояния любого RAU. При этом проверка состояния блоков расстановки (состояние батареи, наличие GPS сигнала, уровень сигнала WLAN, сопротивление датчика) может быть выполнена в процессе регистрации сейсмоданных без его прерывания.

В случае необходимости, CAN-ы и ЦПК могут быть соединены оптоволоконным кабелем.

Помимо СБТСС «Unite» компания Vibtech в сотрудничестве с NASA создала комплекс «Min-it», представляющий собой уменьшенный вариант систем «Unite» и ранее разработанной СБТСС «it Systems» [8]. Обычно, для сейсмических исследо-

ваний с небольшим числом каналов, методом преломленных волн (МПВ), в зоне малых скоростей (ЗМС), микросейсмокаротажа (МКС), а также геотехнических и инженерных изысканий - используются специальные сейсмографы. Это вынуждает пользователей, специализирующихся на выполнении сейсмических наблюдений методом МОВ, иметь два вида оборудования с очень отличающимися рабочими режимами и функциями.

В системе «Min-it» для конфигурации расстановки, управления комплексом и регистрации информации используется портативный планшетный персональный компьютер. В результате, компания создала весьма портативную сейсмостанцию. В качестве наземного оборудования в системе «Min-it» используются блоки сбора данных систем «it Systems» и «Unite», что существенно снижает расходы компаний на приобретение оборудования и расширяет его функциональные возможности.

СБТСС «FireFly» [9]

Первая версия СБТСС «FireFly» была выпущена компанией INPUT-OUTPUT (США) в 2006 г. По результатам опытных сейсморазведочных работ, выполненных по заказам нефтяных компаний BP и Apache, вложивших основные средства в создание данной СБТСС, в 2008 г. была представлена коммерческая версия 2.0 СБТСС «FireFly».

Ниже представлены основные компоненты системы «FireFly».

Центральный модуль (ЦМ)

Является центром управления всеми операциями в партии. В нем размещены:

- компьютер Центральной станции (CSC), обеспечивающий мониторинг всех операций в поле;
- Интерфейсный Модуль (TIM), предназначенный для управления, контроля и синхронизации работы источника возбуждения;
- Центральный радиоблок (CRU);
- Компьютер контроля качества (QCC).

Бескабельная наземная Электроника*

Обеспечивает выполнение 2D и 3D наблюдений в сложных условиях окружающей среды, с числом активных каналов регистрации в несколько десятков тысяч. Включает:

1. Полевые блоки сбора данных FSU, каждый из которых содержит процессор с операционной системой Linux, флэш-память большой емкости, встроенную систему GPS, две радиосистемы: одна УКВ, а другая Bluetooth, встроенную аккумуляторную батарею.

Емкость встроенной неразрушаемой памяти составляет около 4 GB и обеспечивает хранение десятков тысяч 3-х компонентных сейсмозаписей.

Комбинация GPS и цифровой модели вертикального профиля поверхности участка, полученной с помощью лазерного радара LiDAR, используется для:

- определения и регистрации X, Y и Z координат положения пикета на профиле, что позволяет размещать FSU и источник возбуждения без предварительной разметки профиля, снижая степень воздействия на окружающую среду;
- обеспечения сохранности FSU;
- удобства при сборе FSU и, при необходимости, повторном размещении FSU на ранее пройденном профиле.

Эта информация вместе с информацией о положении источника возбуждения хранится в FSU вместе с сейсмоданными в заголовке трасс. УКВ радиостанция используется для дуплексной радиосвязи с ЦПК для приема централизованных команд и передачи конфигурируемой пользователем информации о состоянии профиля и внутрен-

ной диагностической информации о техническом состоянии FSU.

Bluetooth используется для ввода и вывода служебной информации в полевых условиях.

3-х компонентные датчики VectorSeis на базе MEMS акселерометров;

Комбинация внутренней и внешней батареи питания, позволяет использовать FSU на одном и том же месте более месяца, обеспечивая питание FSU и датчика VectorSeis.

*Технические параметры блока сбора данных компании IOX не публикует.

Комбинация программных продуктов и полевых приборов Connex

Пакет программных продуктов Connex, созданный дочерней компанией Concept Systems, является основой управляющей и командной инфраструктур системы, обеспечивая навигацию, позиционирование и функциональный контроль. Включает:

- NavServer для управления пространственными данными и координации программ регистрации сейсмоданных;
- NavTool для навигации, развертывания и свертывания оборудования, моделирования состояния аккумуляторных батарей в блоках и определения батарей, нуждающихся в замене, контроля качества, поиска неисправностей в поле, операций со взрывами;
- Цифровой Компас и Дальномерный Шест для точного расчета и замера реального положения датчика;
- VNav Vibe для навигации, позиционирования и управления группой вибраторов;
- VNav Drill для управления операциями бурения взрывных скважин.

Вспомогательный модуль

Этот модуль предназначен для съема данных и диагностики FSU, существенно снижая временные затраты на поиск неисправностей в поле. К модулю можно подключить до 396 FSU и датчиков VectorSeis, одновременно обеспечивая съем данных и контроль их качества с помощью встроенного устройства Transcriber 3, а также зарядку батарей.

СБТСС «SIGMA» [10]

СБТСС «SIGMA» разработана компанией iSeis, основанной специально для создания нового типа наземной сейсморегистрирующей системы. СБТСС «SIGMA» может работать в одном из 4-х режимов регистрации сейсмоданных:

- Автономный режим регистрации;
- Режим работы в сети с узловой структурой (Mesh Radio Network);
- Режим беспроводной связи в стандарте Wi-Fi с полным возвратом данных в ЦРК;
- Смешанный режим.

Автономный режим регистрации сейсмоданных

Обеспечение в каждом полевом блоке сбора данных точного отсчета времени позволяет выполнять операции по сбору сейсмоданных «в слепую». Широкий выбор периода квантования, установок предусилителя, встроенная память емкостью до 32 Гбайт и внешний источник питания обеспечивают СБТСС «SIGMA» широкие функциональные возможности даже в этом простейшем режиме регистрации сейсмоданных.

Режим работы в сети на основе Mesh технологии

Обеспечив одному или нескольким блокам сбора данных системы возможность работы в режиме узловой радиосвязи, можно вывести систему на новый уровень работы. Активные блоки сбора данных теперь могут контролироваться из

ЦРК. Оператор может получать информацию о техническом состоянии активных блоков, GPS информацию, данные о состоянии аккумулятора и объеме загруженной памяти, результаты тестирования геофонов. Особенно данный режим полезен для получения в ЦРК информации о шуме на профиле. Активные блоки могут быть использованы в качестве ретрансляторов данных для активных блоков, испытывающих трудности с прохождением радиосигналов.

Режим Wi-Fi с возвратом данных в ЦРК в процессе их регистрации

При обеспечении автономным блоком возможности работы в режиме беспроводной связи в стандарте Wi-Fi (не лицензируемый диапазон радиочастот) в ЦРК передается вся регистрируемая блоками сейсмическая информация. Для увеличения дальности связи можно использовать блоки Wi-Fi ретрансляторов.

Смешанный режим

Для достижения оптимальной производительности и высокого качества регистрируемой сейсмической информации используется смешанный режим (автономный, узловая радиосвязь, режим Wi-Fi) работы блоков сбора данных в сейсмической расстановке.

СБТСС «SIGMA» может работать совместно с различными источниками возбуждения: взрывной, падающий груз, воздушные пушки, другие импульсные источники возбуждения. Обеспечена возможность использования новейших методов вибросейсмических наблюдений (Slip Sweep, одновременная работа нескольких групп вибраторов).

Система может быть использована для мониторинга месторождений (пассивного и активного).

Операции корреляции и накопления осуществляются в ЦРК. Выходной формат данных SEG-Y или SEG-D.

В системе обеспечена возможность «горячей» замены батарей, а также включения, при необходимости, блоков сбора данных в режим экономного потребления энергии (в режиме узловой радиосвязи).

В СБТСС «SIGMA» предусмотрено несколько способов съема информации из блоков сбора данных:

- Съем информации с помощью Wi-Fi связи. Данные могут быть считаны из блоков сбора данных и переданы в ЦРК при наличии связи Wi-Fi. В случае необходимости могут быть использованы блоки-ретрансляторы. Если связь в этом диапазоне не уверенная, то можно считать данные, находясь в непосредственной близости от блоков.
- Съем данных с помощью компьютера путем подключения его непосредственно к блоку. Эта операция может быть выполнена даже в процессе регистрации данных.
- При использовании в блоках связи Wi-Fi для съема данных, не переданных в ЦРК, может быть использован мини-транспортёр. В этом случае данные и результаты контроля качества не контролируются.
- Данные могут быть считаны с помощью устройства, установленного на автомобиле, при перемещении блоков на профиле.
- При необходимости съема данных с большого числа блоков (от тысячи и выше) может быть использовано специальное оборудование, установленное в кунге автомобиля или в офисе. При этом формируются файлы данных и обеспечивается полный контроль качества зарегистрированных данных.

БТСС «Ultra G5» [11, 12]

БТСС «Ultra G5» разработана и выпускается

компанией ASCEND GEO (США). Данная компания является дочерней компанией нефтяной компании Aspect Energy LLC (США), которая основала ASCEND GEO в 2001 г. с конечной целью снижения затрат на проведение сейсморазведочных работ. BTCC Ultra G5 выпускается с 2005 г.

Архитектура BTCC Ultra G5 реализует концепцию сети автономных узлов сбора и хранения информации с временной синхронизацией работы полевых блоков по радио сигналами, синхронизированными GPS с точностью < 1 мкс UPC.

Система может использоваться для выполнения сейсмических исследований в условиях города, районов с легко ранимой экологией, труднодоступных районов, гор, джунглей и т.д. Трехканальные блоки сбора данных системы идеально подходят для многокомпонентного мониторинга месторождений с использованием активного и пассивного сбора сейсмической информации.

Специально созданные компанией программные средства Seamless Expansion обеспечивают совместное использование любых кабельных ТСС и автономной Ultra G5, а также визуализацию полученной при этом сейсмической информации.

Система совместима с источниками возбуждения любого типа.

BTCC Ultra G5 включает следующие компоненты:

- Полевой блок сбора данных (DAU);
- Сеть радиопередатчиков (TXU);
- Интерфейс Ultra Source;
- Программный комплекс Ultra Survey Manager;
- Блок съема сейсмической информации, зарегистрированной в DAU, а также зарядки аккумуляторов (DOCK);
- Сервер данных

Полевой блок системы DAU обеспечивает возможность непрерывной регистрации и имеет в своем составе:

- программируемый усилитель;
- радиоприемник с программируемыми радиочастотами приема;
- 3 аналоговых канала, обеспечивающих, в том числе, трехкомпонентную регистрацию;
- измеритель уровня радиосигнала;
- комбинированный разъем, обеспечивающий возможность подключения к блоку геофонов, зарядного устройства и устройства считывания данных;
- встроенный FRID чип, используемый для радиочастотной идентификации блока с помощью специально разработанных ручных устройств PDA, регистрирующих информацию о пространственных координатах блока при установке его на профиле. Кроме того, FRID используется при складского учета оборудования.
- датчик окружающей температуры.

Сеть радиопередатчиков TXU включает мало-мощные основной и вспомогательные УКВ радиопередатчики, работающие на одной частоте и размещаемые с учетом характера местности и конфигурации расстановки.

Основной радиопередатчик имеет в своем составе:

- активный генератор, синхронизируемый сигналами GPS и обеспечивающий синхронизацию работы всей системы;
- встроенный DAU для записи ведущей временной синхронизации;
- монитор с большим экраном.

TXU обеспечивает передачу синхросигналов, синхронизирующих работу внутренних тактовых генераторов полевых блоков, а также команд начала регистрации и перевода блоков в энергосбере-

гающий режим.

Интерфейс UltraG5 обеспечивает:

- передачу команд через контроллеры взрывного или вибросейсмического источников для инициирования процесса возбуждения сейсмических колебаний;
- запись свипа на вспомогательном канале;
- «бесшовную» интеграцию BTCC с обычной кабельной сейсморегистрирующей системой.

Программный комплекс Ultra Survey Manager обеспечивает:

- управление сейсмическими операциями;
- контроль и управление радиопередатчиками, а также запуск работы источников и блоков сбора данных;
- формирование графического отображения состояния системы наблюдения, используемого для управления размещением и перемещением оборудования;
- учет всего полевого оборудования;
- интеграцию зарегистрированных сейсмических данных, временной информации и информации, полученной от источника возбуждения.

Блок съема сейсмической информации DOCK обеспечивает:

- считывание информации из полевых блоков в процессе зарядки аккумуляторов под управлением встроенного компьютера.

Одновременно обрабатывается 32 блока. Каждый блок перезаряжается в течение 2 часов, а 4000 часов зарегистрированной информации может быть считано в течение 60 минут. Антенна DAU при установке в DOCK не снимается;

- использование для быстрой зарядки аккумулятора DAU специального алгоритма зарядки Delta T;
- синхронизацию и формирование данных в выходном формате SEG-Y;
- тестирование и перепрограммирование каждого DAU перед установкой в поле;
- возможность установки в кунге автомобиля, трейлере или в офисе.

Сервер данных обеспечивает:

- синхронизацию во времени файлов зарегистрированных «сырых» сейсмоданных и файлов источника возбуждения. В результате, на выходе формируются подготовленные к обработке сейсмоданные в формате SEF-Y с информацией о координатах местонахождения блока в расстановке

BTCC «GSR» [13]

BTCC «GSR» создана компанией OYO GEOSPACE (США) в 2007 г.

BTCC «GSR» является автономной бескабельной системой сбора и хранения сейсмоданных.

Система включает:

- Систему управления данными GSR GeoRes-XTC;
 - Полевые блоки сбора данных GSR;
 - Модуль переноса данных (DTM).
- Отличительными особенностями системы являются:
- 24-х разрядная оцифровка сейсмических сигналов;
 - Встроенные GPS и синхронизируемые часы;
 - Встроенный генератор тест-сигналов с высоким разрешением;
 - Флэш-память;
 - Возможность наращивания системы до 50000 и более каналов;
 - Непрерывная запись в течение 30 суток и более;
 - Совместимость с взрывными, вибрационными и другими импульсными источниками возбуждения сейсмических колебаний;



О ГЛАВНОМ

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА-СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА



- Светодиодный индикатор, сообщающий о состоянии прибора и его готовности к работе;
- Радиочастотный идентификатор-транспондер для ускорения обнаружения прибора на местности и на складе;
- Прием сигналов от стандартных аналоговых датчиков.

Центральная система управления данными GeoRes-XTC включает два программных модуля: GeoReaper и GeoMerge.

GeoReaper используется для программирования блоков перед их установкой на местности. Устанавливаются такие параметры как период дискретизации, коэффициент предварительного усиления, режим записи, параметры тестирования и т.д. Через интерфейс локальной сети Ethernet данные передаются в Модуль переноса данных (DTM) и в высокоскоростной компьютер системы GeoRes-XTC.

GeoMerge используется для считывания и импортирования трех главных компонент SPS (записи R, S и X). Этот программный модуль объединяет все данные, полученные из полевых блоков GSR, в файлы SEG-D и SEG-2, в зависимости от записи X SPS (файл перекрестных ссылок, сортируемый в том же порядке, что и файл источника "S"), и превращает всю информацию о широте и долготе в те же координаты, которые используются в файлах SPS. Эти данные затем переносят в полевую базу данных (память RAID) и/или на твердый носитель (лента, диск и т.д.). Система GeoRes-XTC совместима с SPS-файлами, полученными третьими сторонами.

Полевой блок GSR спроектирован для записи сейсмоданных без использования кабелей и радиоканала. Автономный полевой блок включает в себя от одного до 4-х каналов с 24-х разрядной оцифровкой, встроенный высокочувствительный GPS-приемник, тактовый генератор, встроенный генератор тест-сигналов, энергонезависимую память емкостью до 4 Гбайт на канал и высокоскоростной порт для передачи данных. При потере сигнала GPS тактовый генератор может сохранять точное время в течение нескольких часов.

В одноканальном варианте, вместо обычно используемых 6 геофонов и суммирования их выходных сигналов, полевой блок может иметь один встроенный высокочувствительный геофон [14].

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

BTCC «GSR» может выполнять тестирование работоспособности цепи каждого 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 GSP. При проведении тестов программа автоматически управляет переключателем входов каналов и параметрами генератора тест-сигналов. Все тесты проводятся с использованием текущих заданных значений частоты дискретизации и коэффициента усиления предварительного усилителя.

Перечень возможных тестов включает:

- КНИ;
- Реакция на импульс;
- Эквивалентный входной шум;
- Шум геофона;
- Мгновенный динамический диапазон;
- Амплитудная неидентичность;

- Подавление синфазного сигнала;
- Полное сопротивление и суммарные гармонические искажения геофонов;
- Омическое сопротивление геофонов.

Согласно [14], полевые блоки могут передавать на небольшие расстояния критические значения данных тестирования. Таким образом, можно периодически контролировать работоспособность блоков и состояние батарей в расстановке, используя автомобиль или вертолет.

BTCC «Z Land» [15]

BTCC «Z Land» создана и выпускается компанией Fairfield Industries (США) с 2008 г. Система «Z Land» является сухопутным вариантом сейсморегистрирующих систем Z-3000 и Z-700, разработанных компанией Fairfield Industries для реализации, так называемой, Z-узловой технологии сбора сейсмоданных, реализуемой с помощью автономных блоков сбора сейсмоданных, размещаемых на дне любого водоема – как на большой глубине (океан, море), так и на незначительной глубине (шельф, мелководье, озера, реки, транзитные зоны и т.д.). Специалисты компании Fairfield Industries считают, что в настоящее время наземная сейсморазведка находится в таком же переходном состоянии, в каком она находилась в 1980-е и 1990-е годы, когда осуществлялся переход от 2D наблюдений к 3D наблюдениям. Только теперь сейсморазведка начинает переход от наблюдений с ортогональными расстановками к наблюдениям со свободным размещением узлов сбора данных в соответствии с особенностями местности, объектов и целей исследования. По мнению специалистов компании Fairfield Industries этим новым технологиям проведения сейсморазведочных работ в наибольшей степени отвечают BTCC с полностью автономными блоками сбора данных, включающие: датчик (обычно геофон), батарею, систему управления и контроля, АЦП, фильтр, память и высокоточные часы. Не имея необходимости связи с ЦРК, эти BTCC должны иметь в своем составе полевые блоки сбора данных, контроллер для полевых блоков, координатор источника возбуждения, блок съема данных и сортировщик данных.

По мнению специалистов компании Fairfield Industries следующее поколение сухопутных сейсморегистрирующих систем должно отвечать следующим требованиям:

- Полностью автономные узлы сбора данных, свободные от кабелей и разъемов;
- Технические параметры аналоговой части должны соответствовать или превосходить параметры существующих сейсморегистрирующих систем;
- Время непрерывной автономной работы должно быть не менее 288 часов;
- Допустимая интенсивность отказов полевого оборудования должна составлять не более 6 отказов в день для 10000 канальной расстановки;
- Связь блока сбора данных с грунтом должна быть не хуже связи с грунтом обычного геофона.

Всем этим требованиям отвечает BTCC «Z Land».

BTCC «POCA-A» [16]

BTCC «POCA-A» (АР «POCA-A» разработана и выпускается ФГУП «СНИИГТМС» (Россия).

Система является автономной бескабельной системой сбора и хранения сейсмоданных и имеет следующие функциональные возможности [16]:

- Свободный режим работы с сейсмическими, в том числе и с вибросейсмическими, источниками возбуждения;



ИНСТРУМЕНТАРИЙ ГЕОФИЗИКА- СЕЙСМОРАЗВЕДЧИКА О ГЛАВНОМ

- Возможность организации сейсмического мониторинга;
- Практически неограниченное число сейсмических каналов;
- Экономичность, отсутствие необходимости в аналого-цифровых кабелях;
- Многоуровневое защищенное хранение и высокая скорость передачи больших объемов информации на основе файловой системы FAT16;
- Высокоточная внешняя синхронизация по сигналам системы GPS;
- Оперативный многооперационный контроль системы регистрации сейсмических данных в полевых условиях с документированием результатов в виде файлов во встроенной Флэш-памяти;
- Широкий частотный диапазон регистрации: до 3.2 кГц при шаге квантования 0.125 мс;
- Возможность использования цифровых акселерометров, выполненных по MEMS-технологии;
- Возможность работы в особо сложных условиях эксплуатации.

В состав автономного полевого блока системы АР «РОСА-А» входят следующие основные функциональные узлы:

- Четырехканальный 24-х разрядный АЦП;
- Устройство управления;
- Блок внутреннего контроля;
- Генератор тестовых сигналов;
- Твердотельная Флэш-память;
- GPS-приемник;
- Высокостабильный термостатированный тактовый генератор;
- USB интерфейс.

Устройство управления выполняет следующие основные функции:

- настройка АЦП в соответствии с выбранным режимом регистрации;
- синхронизация внутренних часов блока;
- управление режимами энергосбережения и регистрации;
- мониторинг технического состояния блока.

Внутреннее программное обеспечение блока хранится в перезаписываемой Флэш-памяти, объем которой достаточен для возможных расширений и модернизаций.

При программировании режима работы АЦП, помимо задания частоты квантования и коэффициента усиления, возможно конфигурирование входов АЦП на работу с внутренним генератором тестовых сигналов для диагностики параметров канала регистрации без использования дополнительных приборов. Контролируются следующие параметры: шумы, максимальный входной сигнал, КНИ, подавление синфазной помехи, взаимные влияния, идентичность коэффициентов усиления, сопротивление и импульсная характеристика геофонов, правильность настроек регистрации. КНИ самого генератора составляет менее 0.0003 %.

В блоке реализовано два варианта синхронизации внутреннего времени: с использованием GPS-приемника и, при нестабильном приеме радиосигналов, при помощи встроенного высокостабильного тактового генератора.

Источник питания модуля (внешний аккумулятор 12 В, 30 Ач) обеспечивает питанием самый энергоемкий непрерывный режим регистрации в течение 10 суток.

В качестве энергонезависимой памяти используются промышленные Флэш-карты емкостью от 256 Мб до 1 Гб, с возможностью их замены и считывания отдельно от устройства. Для записи информации на карту используется стандартная

файловая система FAT16, которая обеспечивает многоуровневое защищенное хранение и высокую скорость переноса на другие носители больших объемов информации.

Конфигурирование блока, а так же съем служебной и зарегистрированной сейсмической информации осуществляются путем подключения компьютера к USB интерфейсу блока. При этом блок представляется пользователю как жесткий диск, на который, используя соответствующие программные средства, можно занести информацию о предстоящих сеансах работы, считать тестовую информацию о состоянии модуля, GPS, данные о проведенных сеансах наблюдений и т.п., а также файлы с сейсмическими данными для последующего просмотра, обработки и хранения.

Результаты сравнения функциональных возможностей различных БТСС представлены в таблице 2.

Анализ данных, представленных в таблицах 1 и 2 показывает, что все рассмотренные БТСС можно разделить на следующие группы:

- БТСС UNITE, SIGMA являются сетевыми БТСС;
- БТСС FireFly является полуавтономной БТСС, хотя также использует сетевую топологию;
- БТСС Ultra G5, GSR, Z Land и РОСА-А являются автономными БТСС.

Анализ сетевых архитектур, реализованных в БТСС первой группы показывает следующее:

В БТСС UNITE реализована классическая иерархическая структура сети наблюдения (сотовая топология сети), приспособленная для синхронного сбора данных, с использованием технологий радиопередачи данных на короткие и длинные расстояния, что обеспечивает возможность передачи данных от полевых модулей в ЦРК в режиме реального времени. Наличие полуавтономного и автономного режимов регистрации существенно повышает устойчивость системы к неблагоприятным условиям передачи данных по радиоканалу и расширяет ее функциональные возможности. В БТСС UNITE имеется возможность использования, как аналоговых геофонов, так и цифровых MEMS акселерометров.

Практически те же функциональные возможности реализованы в БТСС SIGMA.

Вместе с тем, есть и определенные отличия. В частности, полуавтономный режим (узловая радиосвязь) в системе SIGMA реализуется только для блоков, включенных в сеть узлов радиосвязи. В этом случае контроль из ЦРК возможен только для активных блоков. Кроме того, в системе SIGMA реализован смешанный режим (автономный, узловая радиосвязь, режим Wi-Fi) работы блоков сбора данных в сейсмической обстановке. Это сделано для обеспечения максимальной эффективности работы системы в сложных условиях выполнения сейсмических наблюдений.

Отличительной особенностью БТСС FireFly, помимо ее «полуавтономного» режима сбора данных, является использование в качестве датчика только одиночного цифрового 3-С MEMS акселерометра, что несомненно будет сдерживать ее широкое распространение, по крайней мере, в ближайшие годы, поскольку, несмотря на многообещающие перспективы, многоволновая регистрация широкого распространения пока не получила.

Среди автономных БТСС вполне конкурентоспособной по своим техническим параметрам является российская БТСС «РОСА-А».

Интересно отметить, что из всех рассмотренных БТСС, только в автономной БТСС «Ultra G5» подстройка тактовых генераторов полевых модулей осуществляется из ЦРК, с помощью радиопе-

Табл. 2

Функциональные возможности	UNITE	SIGMA	FireFly	Ultra G5	GSR	Z Land	POCA A
1	2	3	4	5	6	7	8
Передача всех данных в ЦРК в режиме реального времени	+	+	-	-	-	-	-
Передача данных контроля состояния профиля в ЦРК	+	+	+	-	-	-	-
Передача данных контроля качества сейсмической информации в процессе регистрации в ЦРК	+	+	+	-	-	-	-
Контроль технического состояния полевого модуля	+	+	+	+	+	+	+
Передача данных контроля технического состояния полевого модуля в ЦРК	+	+	+	-	-	-	-
Работа в автономном режиме	+	+	+	+	+	+	+
Наличие встроенной GPS	+	+	+	-	+	+	+
Работа с импульсными источниками возбуждения	+	+	+	+	+	+	+
Работа с вибрационными источниками возбуждения	+	+	+	+	+	-	+
Использование аналоговых геофонов	+	+	-	+	+	+	+
Использование цифровых 3 С геофонов	+	-	+	-	-	-	-
Наличие внутренней батареи	+	+	+	+	-	+	-
Возможность подключения внешней батареи	+	+	+	+	+	-	+
Съем сохраненных в модулях данных в поле	+	+	-	-	-	-	-
Съем сохраненных в модулях данных на базе партии	+	+	+	+	+	+	+

«+» - данная функциональная возможность реализована
«-» - данная функциональная возможность не реализована

редатчика, передающего синхронизированную с GPS информацию о времени для всех полевых модулей одновременно.

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

- Обеспечение максимальной канальности системы.
- Обеспечение максимальной длительности регистрации.
- Обеспечение максимальной надежности работы полевого оборудования.
- Обеспечение максимальной производительности.

1. Из всех рассмотренных БТСС компанией-изготовителем не установлено ограничение общего числа каналов для следующих БТСС: UNITE, FireFly, ZLand, POCA-A. Максимальная канальность БТСС SIGMA, UltraG5 и GSR составляет 50000. Таким образом, утверждение ряда авторов, о том, что стремление к обеспечению максимальной канальности БТСС неизбежно приводит к необходимости использования автономного варианта БТСС, обеспечивающего неограниченные возможности для увеличения числа каналов в системе, хоть и не вызывает сомнений, но пока не подтверждается практикой. Однако, для автономных БТСС достаточно остро встает вопрос контроля состояния профиля в процессе регистрации, контроля техниче-

ского состояния полевого оборудования и, соответственно, его надежности, а также контроля качества зарегистрированной информации.

Одно из решений данной проблемы предложено в [4]. 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 БТСС. Это было бы тем более разумно, если учесть, тот факт, что в настоящее время в сейсморазведке доминируют кабельные сейсморегирующие системы и это оборудование еще долгое время будет в распоряжении геофизиков.

Пример совместной расстановки кабельной ТСС и автономной БТСС показан на рис.2.

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 [2, 4].

2. Обеспечение максимальной длительности регистрации особенно необходимо для БТСС, используемых для мониторинга месторождений.

Из всех рассмотренных БТСС 5 систем (UNITE, SIGMA, FireFly, GSR, Z Land), работая в автономном режиме, могут регистрировать информацию в течение 24 и более суток. Этот параметр определяется объемом встроенной памяти, потреблением энергии электроникой БТСС, организацией оптимального режима регистрации, емкостью используемых батарей питания (внутренней и внешней), возможностью «горячей» замены внешней батареи.

3. Проблема обеспечения высокой надежности работы оборудования особенно важна для автономных сверхмногоканальных БТСС, не имеющих обратной связи с ЦРК в реальном времени. При этом технические параметры полевых блоков данных БТСС 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 [3].

4. Наиболее важными факторами, влияющими на производительность БТСС, являются:

- Вес оборудования;
- Энергия, потребляемая наземной электроникой;
- Используемые батареи питания и управление системой питания;
- Управление источниками возбуждения и расстановкой.

Проблема веса для БТСС в основном связана с тем, что в бескабельной системе количество батарей равно числу пунктов наблюдения, которое сегодня может быть в диапазоне от 5000 до 50000. В то время как в кабельных системах это число обычно надо делить на 30 ч 40. Необходимо отметить, что современные литиево-ионные батареи не всегда выдерживают свои очень хорошие энергетические параметры во всем рабочем температурном диапазоне полевых блоков (-40°C до +70°C) и, в частности, при низких температурах. Вот почему, тип батареи, особенно внешней, выбирается с учетом совокупности требований: условия окружающей среды, удобство управления системой питания и перезарядки.

Чтобы бескабельные телеметрические сейсморегирующие 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 высокую стоимость. Даже те, которые зарегистрированы только одной мегаканальной расстановкой.

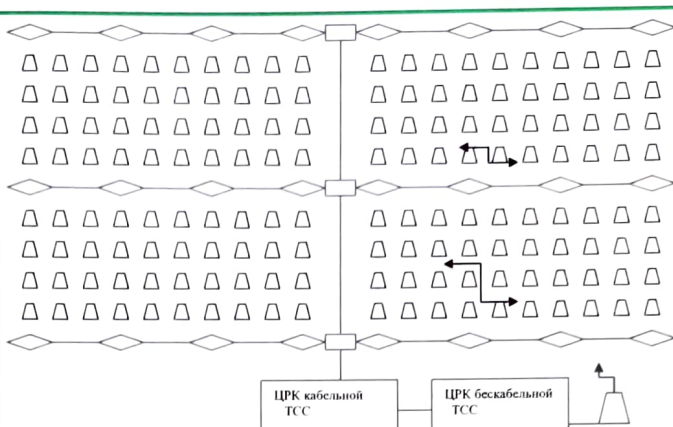


Рис.2 Кабельные и бескабельные каналы дополняют друг друга для обеспечения мегаканальной расстановки с возможностью контроля процесса регистрации в реальном времени. В данном случае отношение бескабельных каналов к кабельным равно 12:1

- 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.

Литература

1. Durham, L.S., A Wireless Future? Cables Can Tangle Seismic Plans., AAPG EXPLORER, 09/06/2007
2. Heath, R.G., Trends in land seismic instrumentation., The Leading Edge, July 2008, vol. 27, no. 7, p. 872-877
3. Freed, D., Cable-free nodes: The next generation land seismic system, The Leading Edge, July 2008, vol. 27, no. 7, p. 878-881
4. Heath, R.G., Land Seismic: the move towards the mega-channel., First Break, February 2008, vol. 26, p. 53-58
5. Ongkienhong, L., Changing philosophy in seismic data acquisition, First Break, v. 6, no. 9, 1988
6. Smith, J.F., How a new cable-less land seismic survey acquisition system was born, First Break, v. 24, February 2006
7. UNITE, Sercel [2009], <http://www.sercel.com/Products/land/systems/unite.php>
8. The Ultimate Portable Seismic Recording System, Vibtech [2006], http://www.vibtech.co.uk/minit_features/html
9. FIREFLY. Full Wave Cableless Land Recording, ION [2009], http://www.iongeo.com/Land Imaging/Recording_systems/FireFly/
10. SIGMA, i-SEIS [2009], <http://www.i-seis.com/corporate.pdf>
11. ULTRA, AscendGeo, LLC., [2006], http://www.ascendgeo.com/products_home.html
12. Ultra G5, рекламный проспект компании Ascend Geo, LLC., 06/2009
13. Geospace Seismic Recorder (GSR), OYO GEOSPACE [2009], <http://www.oyogeospace.com/gsr.htm>
14. Can seismic be improved?, Feature Articles, August 03 2009 (Digital energy Journal), <http://www.digitalenergyjournal.com>
15. Z Land Nodal System, Fairfield [2009], <http://www.fairfield.com/Products/ZLand/index.html>
16. Сагайдачная О.М. и др. Автономные регистраторы POCA-A для высокоточных сейсмических наблюдений. Приборы и системы разведочной геофизики, № 2(16)6 2006, стр. 40-43

