

Первый опыт применения высокоплотных масштабных производственных работ с использованием нодальной системы SRYDE (АО «БАШНЕФТЕГЕОФИЗИКА»)

■ Гафаров Р.М., Сираев И. А., АО «Башнефтегеофизика», г. Уфа.

В статье подробно описываются компоненты и технические характеристики полевого оборудования Stryde, особенности установки, подмотки и сбора данных. Приведены данные по производительности и представлены полученные геофизические материалы при проведении полевых сейсморазведочных работ в производственном режиме на площади, около 100 квадратных километров. Информация окажется полезной для специалистов, которым предстоит выполнять полевые работы данной системой регистрации.

Введение

Повышение вертикальной разрешённости сейсмической записи достигается не только расширением частотного диапазона регистрируемого сигнала, но и увеличением плотности трасс на квадратный километр [1]. Для этого, в современной сейсморазведке всё чаще практикуется проведение полевых сейсморазведочных работ высокой плотности. Но, если уменьшение шага между пунктами приёма до 12,5 метров может быть достигнуто с применением кабельных систем регистрации (UniQ), то проведение сверхплотных работ с шагом до 6,25 метров немыслимо без внедрения бескабельного полевого оборудования.

На сегодняшний день, производители бескабельного оборудования предлагают широкий спектр, как «слепых», так и «полуслепых» регистрирующих систем [2,3]. Их применение на территории России обычно, с целью знакомства с новым оборудованием, ограничивается проведением опытных работ для сравнения с имеющейся кабельной системой. В производственном масштабе «слепые» системы практически не применяются.

Целью настоящей статьи является подробнее познакомить читателя с устройством и особенностями работы с бескабельным оборудованием Stryde. Статья функционально разделена на две части. В первой части идёт подробное

описание собственно оборудования, во второй – статистика по результатам производственных наблюдений.

Полевое оборудование Stryde

В состав полевого оборудования, кроме нодального сейсмоприёмника, входят устройства для считывания данных и зарядки аккумуляторов, инициализатор, планшет-навигатор и рюкзаки для переноски нодов.

Основными компонентами нода Stryde являются пьезоэлемент, аккумулятор, чип GNSS, преобразователь аналог-код и оптический разъём для считывания данных и зарядки аккумулятора (Рис.1).

Диск пьезоэлемента расположен в нижней части нода. Над пьезоэлементом

▼ Рис. 1. Вид и комплектность нодального приёмника Stryde.



Вес	150 г.
Размеры (Ø x высота)	Ø 41 мм x L 129 мм
Связь	Оптический интерфейс передачи данных
Батарея	Внутренняя литий-ионная
Хранение данных	4 ГБ
Автономность работы	28 дней (24-часовая запись с интервалом выборки 2 мс.) 14 дней (24-часовая запись с интервалом выборки 1 мс.)
Время зарядки и загрузки	< 4 часов
Рабочая Температура	От -40°C до +70°C
Рекомендуемая температура хранения	От -40°C до +35°C
Относительная влажность	Любая (нод герметично закрытый)
Высота эксплуатации	< 2000 м
Материал корпуса	Герметичный пластик
Датчик	1С пьезоэлектрический акселерометр
Пропускная способность	1-125 Гц (+/- 3 дБ)
Выходной интервал выборки (шаг дискретизации)	1 мс, 2 мс
Преобразование A/D	24-битная сигма-дельта
Поддерживаемые GNSS	GPS, ГЛОНАСС (временные метки/самонаведение)
Точность синхронизации	< 0,1 мс (GNSS фиксирует каждые 2 часа)
Код защиты от проникновения	IP68 – 10m, 72 часа, полностью пылезащитный
Полярность	SEG
Форматы вывода	SEGD Rev3.0
Шаги усиления	0 дБ 16 дБ
Максимальный уровень входного сигнала	0,6 г., 0,1 г.
Плотность Шума (1-125 Гц)	65 ng/√Hz, 22 ng/√Hz
Мгновенный динамический диапазон	117 дБ 111 дБ
Дополнительные приспособления	Шип, веревка

▲ Табл. 1.

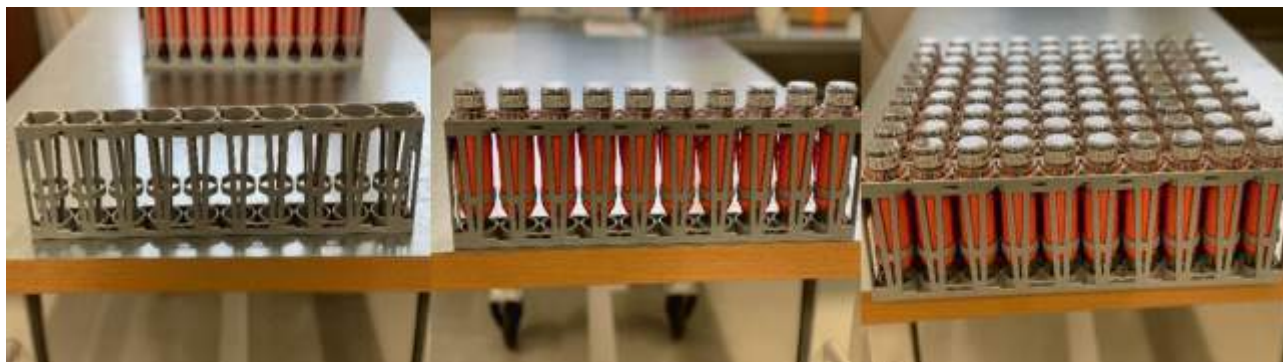
расположен внутренний аккумулятор. Между ними установлена спиралевидная пружина, предотвращающая давление аккумулятора на пьезоэлемент, когда нод находится вертикально в состоянии покоя.

При возникновении колебаний нода в направлении его вертикальной оси, происходят механические воздействия на пьезоэлемент аккумуляторной батареи за счет ее собственного веса. В моменты давления на пьезоэлемент, он, в свою очередь, вырабатывает электри-

ческий ток, который оцифровывается внутренним АЦП, и его сигнатура, с заданной дискретностью, записывается на встроенный элемент памяти сейсмоприемника. Из таких сигнатур и состоят сырые сейсмоданные.

Технические характеристики нода Stryde приведены в таблице 1.

Магазин для нодов – это пластиковое изделие, разработанное компанией STRYDE и предназначенное для хранения и транспортировки нодов. Также, магази-



▲ Рис. 2. Магазин для нодов.

ны используются для загрузки нодов в считывающе-зарядное устройство.

Каждый магазин вмещает в себя до десяти нодов (Рис.1). Конструкция магазинов позволяет жестко скреплять несколько магазинов друг с другом, формируя тем самым «ящики» с плотно установленными в них нодами. Наиболее используемая комбинация – девять магазинов, соединенных вместе. Такой «ящик» позволяет одновременно загружать до 90 нодов в считывающее - зарядное устройство. Для уменьшения объема хранения и транспортировки «ящики» можно сложить штабелями друг на друга высотой не более 9 лотков.

Устройство инициализации представляет собой герметичное портативное устройство, которое позволяет приложению на навигаторе взаимодействовать с нодом. Устройство инициализации подключается к планшету по беспроводной сети через Bluetooth. Когда нод вставляется в устройство инициализа-

ции, для связи используется оптический канал передачи данных. В процессе установки в нод вводятся следующие данные:

- расписание записи (из плана развертывания, загруженного в приложение навигатора)
- метаданные, включая номер текущей линии и точки, интервал выборки и коэффициент усиления
- настройки GNSS для узла, такие как интервал пробуждения GNSS
- временная метка (от приемника GNSS в устройстве инициализации).

В процессе сбора оборудования, инициализатор останавливает запись данных и вводит в нод окончательную временную метку GNSS. Инициализатор также может использоваться для проверки состояния нода во время опроса, например, для проверки уровня заряда батареи нода во время его записи.

В качестве **навигатора** используется портативный планшетный компьютер

▼ Рис. 3. Инициализатор и его взаимодействие с нодом.





▲ Рис. 4. Навигатор с зарядным устройством.

NAUTIZ X6 производства компании Handheld, с установленным на него специализированным программным обеспечением, разработанным компанией STRYDE. Поставляется вместе с зарядным устройством.

Навигатор позволяет бригадам определять местоположение узлов, в соответствии с планом развертывания или поиска и используется вместе с устройством инициализации для связи с узлами. На каждую бригаду требуется один навигационный планшет. Его можно переносить вручную или монтировать на рюкзаки. Планшет следует возвращать на базу в конце каждой смены для подзарядки, управления планами развертывания и поиска, а также создания отчетов о развертывании и поиска. Встроенная GNSS навигационного планшета обеспечивает точность позиционирования ± 5 м. Внешняя система GNSS может быть подключена к планшету для повышения точности позиционирования. Планшет использует Bluetooth для беспроводного подключения к устройству инициализации и внешнему приемнику GNSS (при необходимости). Навигатор сокращает необходимость в съемке перед развертыванием, позволяет развертывать без привязки и снижает общую подверженность HSSE за счет сокращения численности полевых бригад.

В будущем, в качестве навигаторов, для работы с системой Stryde, возможно использование других аналогичных устройств, которые конечный пользователь системы может приобретать локально. Для их применения в составе системы, необходимо будет установить вышеупомянутое специализированное ПО.

Специальные рюкзаки. Возможно использование трех типов рюкзаков специальной конструкции для работы с узлами:

- рюкзак для установки - используется при расстановке узлов (рис. 5, а). Этот рюкзак можно снарядить приборами в количестве до 60 шт., одной катушкой с веревкой, навигатором и инициализатором;

- рюкзак для подбора - используется при подборе узлов (рис. 5, б). Можно снарядить катушкой для смотки веревки, а также переносить до 60 приборов;

- рюкзак для переноски – вспомогательный, используется дополнительно для переноски до 60-ти узлов во время расстановки и подбора (рис. 5, в).

Системный блок (Рис.6) является разработкой компании STRYDE и выполняет следующие основные функции:

- обеспечение графического интерфейса для оператора системы;
- синхронизация и управление считывающе-зарядными устройствами, под-



▲ Рис. 5. Рюкзаки: а - для установки; б – для подбора; в – для переноски нодов.

ключенными к системному блоку;

- первичная аккумуляция сейсмоданных, считанных с нодов через считывающе-зарядные устройства для их дальнейшей записи на портативные цифровые носители (NAS). В настоящее время в качестве портативных цифровых носителей для сейсмоданных используются сетевые накопители TS-873 производства компании QNAP. В будущем, в качестве цифровых носителей для сейсмоданных, возможно использование других аналогичных устройств хранения данных. Такие устройства могут приобретаться конечным пользователем системы Stryde локально.

Составные и сопутствующие компоненты системного блока:

- сервер Fujitsu PRIMERGY RX2540 M5. На данном сервере установлено ПО, разработанное компанией STRYDE и

представляющее собой серверную часть функционала системного блока. Внутреннее дисковое пространство сервера также служит для первичной аккумуляции сейсмоданных с нодов и их последующей записи на портативные цифровые носители (NAS).

- рабочая станция Fujitsu CELSIUS C780. На данной рабочей станции установлено ПО, разработанное компанией STRYDE и обеспечивающее графический интерфейс управления для оператора системы.

- блок синхронизации частоты, времени и фазы IGM-1100o. Данное устройство, в составе системного блока, служит для синхронизации внутренних часов нодов по протоколу PTP, в то время, когда ноды загружены в считывающе-зарядное устройство, подключенное к системному блоку.

▼ Рис. 6. Системный блок - вид спереди и сзади и его характеристики.



Характеристики:

Размер: 116.3 x 68.6 x 52.3 см

Вес: 105 кг

Питание: 220В, 16А



▲ Рис. 7. Считывающе-зарядное устройство.

- коммутатор Cisco Nexus 92348GC-X. Данное устройство, в составе системного блока, служит для коммутации между собой всех компонентов системного блока, а также для коммутации системного блока с подключенными к нему считывающе-зарядными устройствами.

- источник бесперебойного питания APC SRT3000RMXLI. Данный ИБП производства компании APC, поставляется компанией Fujitsu и служит для обеспечения стабильного электропитания всех компонентов в составе системного блока.

Вместе с системным блоком поставляются два компьютерных монитора Dell P2720DC, компьютерная клавиатура Dell KB 216 и компьютерная мышь Dell MS116.

Считывающе-зарядное устройство разработано компанией STRYDE. Его основным компонентом является блок Nest Shelf в сборке. В рабочей поверхности устройства, обращенной внутрь сборки, имеются девяносто упорядоченных углублений типа «ячейка», предназначенных для механического погружения в них верхних прозрачных частей нодов (Рис.7).

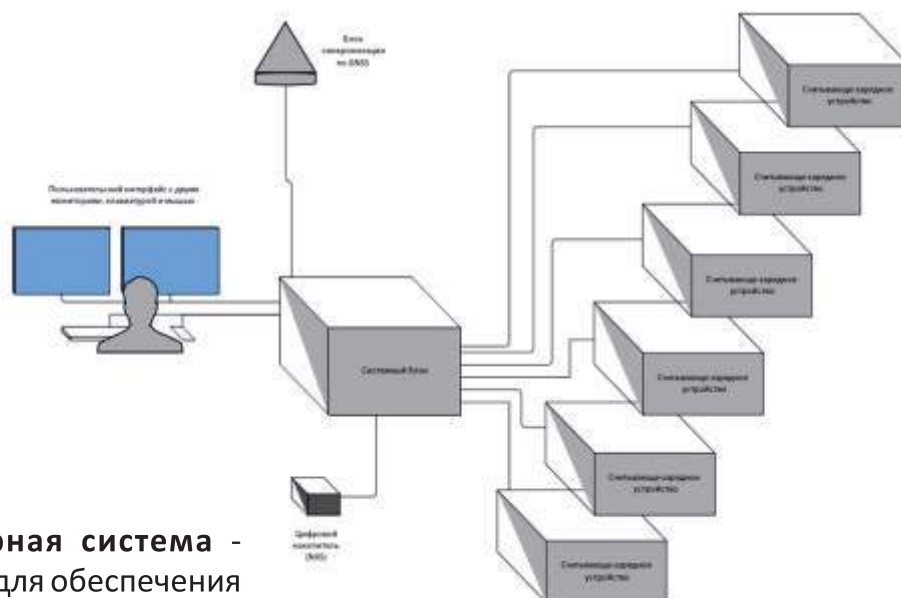
Основными компонентами центральной системы Stryde являются системный блок и считывающе-зарядное устрой-

ство. Система является модульной. В конфигурации “Nimble”, в состав системы могут входить до шести считывающе-зарядных устройств, одновременно подключенных к системному блоку. Количество компонентов, используемых в составе одной системы: магазинов, навигаторов, инициализаторов, портативных цифровых носителей, а также других необязательных аксессуаров не регламентируется и остается на усмотрение конечного пользователя. Необходимое количество данных компонентов, в основном, будет определяться геофизическими параметрами, условиями и целями планируемых сейсморазведочных работ. Например, количество нодов, используемых в составе одной системы Stryde, может варьироваться от одного нода до нескольких сотен тысяч.

В настоящее время производители поставляют три типа систем Stryde:

Nimble – ультрапортативная система, до 30 000 каналов. Зарядка и сбор данных могут выполняться одним оператором с использованием оборудования, размещенного в защитных кейсах, создавая модульную систему. Возможности для ротации нодов в системе Nimble до 3240 каждые 24 часа. Данная конфигурация использовалась при проведении настоящих производственных работ.

► Рис. 8. Архитектура системы STRYDE.



Сопраст контейнерная система - система предназначена для обеспечения эффективных масштабных 3D-сейсмических работ. Оборудование системы зарядки нодов, загрузки данных и записи, включая систему тестирования узлов shaker table, размещено в одном 20-футовом транспортном контейнере, который может поддерживать количество каналов до 150 000, ротацией до 12 960 нодов каждые 24 часа.

Pro мультиконтейнерная система - предназначена для крупномасштабных сейсмических работ с высокой скоростью переброски и ротации оборудования. Система состоит из специальных контейнеров для:

- очистки нодов по мере их возвращения с поля;
- зарядки нодов, загрузки и тестирования данных и для работы с системами записи.

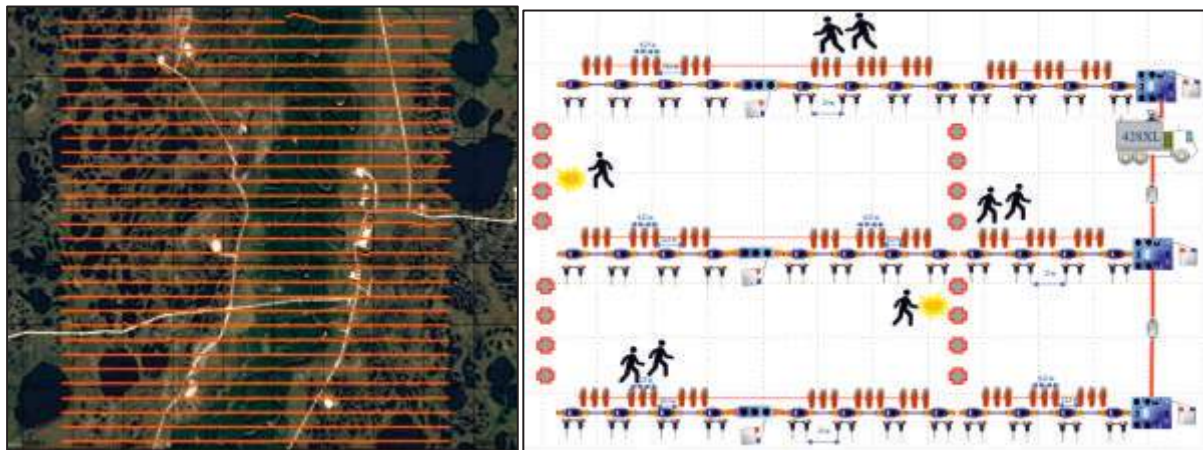
К системе Pro Seismic можно подключить до двух контейнеров для зарядки и загрузки данных, каждый из которых поддерживает до 500 000 каналов и ротацией до 19 440 нодов каждые 24 часа.

Проведение производственных работ 3D с использованием системы Stryde

В зимнем полевом сезоне АО «Башнефтегеофизика» провело произво-

дственные работы с использованием новой «слепой» нодальной системы Stryde. Количество применяемого оборудования составило внушительную цифру – около 24 000 одновременно регистрирующих каналов. По масштабу используемого бескабельного оборудования на одной площади, данный проект можно отнести в лидеры на территории Российской Федерации. Проведённые работы преследовали две цели: в основном производственную, определяемую геологическим заданием, по которому было необходимо закрыть высокоплотной сетью участок со сложным глубинным строением и, в меньшей мере опытную – знакомство с новым оборудованием. Площадь участка составила порядка 100 квадратных километров, который по ландшафту представляет собой район междуречья, где были известные проблемы с расположением взрывных скважин. Поэтому, ожидаемым решением явилось максимальное уплотнение пунктов приёма.

Участок входил в основную площадь, отрабатываемую кабельной системой регистрации Sercel-428XL. В стандартную расстановку кабельной системы с шагом ПП – 25м была интегрирована нодальная



▲ Рис. 9. Схема совместной активной расстановки.

расстановка Stryde с шагом ПП – 6,25м с общим количеством в 24 000 активных каналов. Таким образом, суммарное количество активных каналов на данном участке составило 32 000 (Рис.9).

Так как система Stryde является «слепой» и ноды полностью автономны, то во избежание потерь, их перед установкой в грунт обвязывают между собой полипропиленовой мультифиламентной нитью. Для погружения в снежный покров использовались специальные установочные шесты с металлическим наконечником. Средняя производительность составила 60-80 нодов в час, при этом в бригаде размотки было 2 человека, а при подмотке 3 (Рис.10), где первый сотрудник шёл впереди и откапывал приборы из глубокого снега.

Статистика потерь информации по результатам проведённых работ:

- 7 нодов были неисправны по прибытию в партию;
- 41 нод утерян;
- 16 нодов были повреждены гусеничной техникой (с 7 из них удалось получить информацию);
- 5 нодов не регистрировали данные после установки, либо произошел сбой регистрации по каким-либо причинам;
- 1 нод при подборе был с севшей батареей, но 15 дней данных с него считали.

По итогам ОМР потери информации с активной расстановкой 23970 нодов составили 64 нода (менее 0,3%).

Процесс считывания данных и контроль качества

Stryde является «слепой» нодальной системой и не предоставляет возможности контроля качества в режиме реаль-

▼ Рис. 10. Процесс установки и сбора оборудования.



ного времени. Таким образом, возможность вмешательства и замены неисправного оборудования существует только во время зарядки и считывания данных. Во время считывания данных выполняется контроль качества записанного сигнала, с целью определения возможности дальнейшего развертывания или прибор следует удалить из производства.

Результаты контроля качества также могут помочь в принятии производственных решений (приемка ФН или корректировка обработки данных), однако это не является основным предназначением контроля качества в системе Stryde. Контроль качества нодов осуществляется на ранних этапах потока данных, в процессе считывания.

В «слепой» системе данные для каждого ПП пишутся постоянно (по оси времени на рисунке 11). Трассы могут быть развернуты в направлении ЛП (голубые прерывистые линии на рисунке 11), а соседние линии будут формировать записи ФН. Во время считывания данных, каждый нод обрабатывается индивидуально, так как на этот момент не имеется информации о соседних приемниках. Информация о развертывании, подборе и источниках также, к этому моменту недоступна. Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что преобладающий объем данных на момент считывания является пассивной сейсмикой из-

за отсутствия источника возбуждений, включающий в себя время простоя между отстрелами, время простоя по погодным условиям и т.д.

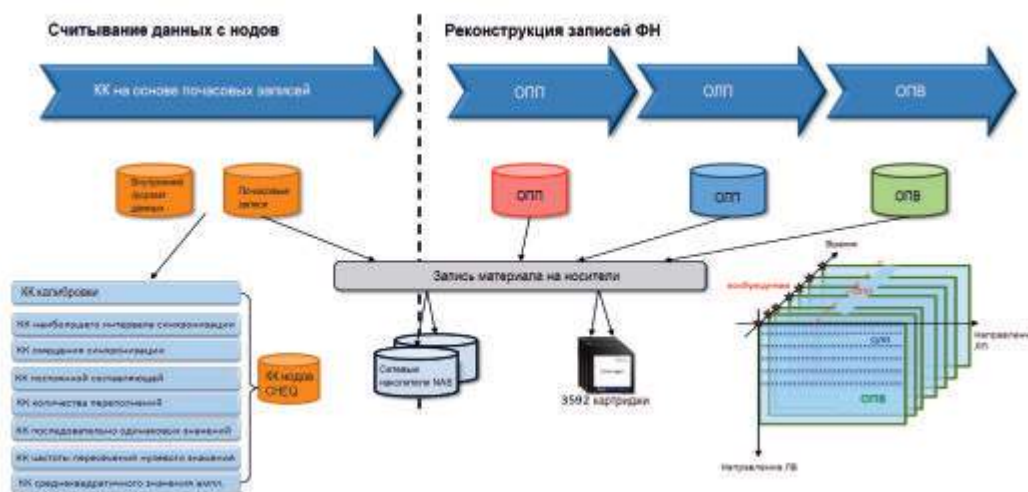
Данные во внутреннем формате системы (Protobuf) являются непрерывными массивами данных, в то время как почасовые записи (time-aligned) являются нарезками длиной в 1 час с небольшим перекрытием порядка одной минуты в конце каждой записи. Эти записи инициируются с началом каждого часа.

После того, как почасовые записи произведены, реконструктор физических наблюдений считывает план реконструкции записей, содержащий информацию об активной расстановке, и выделяет полезные данные. При создании записей общего пункта приёма (ОПП), обычно, отфильтровывается достаточной большой объём данных. Запись ОПП символически обозначена красной прерывистой линией на рисунке 11.

После того, как данные с целой или части линии приёма считаны, может быть реконструирована запись общей линии приёма (ОЛП), содержащая один пункт возбуждения и данные со всей или части соответствующей линии приёма (на рисунке 11 несколько ОЛП представлены в виде синих прерывистых линий).

После того, как считаны данные со всей активной расстановки, может быть реконструирована полноценная запись общего пункта возбуждения (ОПВ) для

► **Рис. 11.**
Контроль
качества
и мониторинг
Stryde.



этой активной расстановки. На рисунке 11, области светло-зеленого цвета символически обозначают записи ОПВ.

Почасовые записи и реконструированные записи ОПП, ОЛП и ОПВ пишутся в формате SEG-D rev3. Обычно, в качестве выпускаемого материала, на носители пишутся почасовые записи для всех ПП и один из типов реконструируемых записей.

Контроль качества (КК) осуществляется в процессе считывания данных, результаты которого аккумулируются в рапорте *Aggregated harvesting QC per deployment* (Агрегированный контроль качества по пунктам приема). Данный рапорт содержит все комбинированные результаты КК для каждого ПП. Каждый ряд данных соответствует отдельному ПП (от момента инициализации нода на позиции, до момента его деинициализации). Порядок сортировки данных в рапорте не обязательно соответствует порядку серийных номеров или моментов инициализации нодов. Первый ряд в этом CSV файле представляет собой заголовок. Ниже перечислены атрибуты КК, содержащиеся в данном рапорте:

Serial number – серийный номер нода.

Line – номер ЛП., **Point** – номер ПП.

StartGpsUs – GPS время момента инициализации нода в микросекундах.

StartTime – GPS время момента инициализации нода в читаемом формате: «гггг-мм-дд ЧЧ:мм:сс.ссс».

LengthShotUs – длина периода регистрации в микросекундах.

HarvestingTime – GPS время считывания данных с нода по данному конкретному ПП в читаемом формате: «гггг-мм-дд ЧЧ:мм:сс.ссс».

StartVoltagemV – начальный заряд батареи нода в мВ на момент инициализации в данном конкретном ПП.

EndVoltagemV – остаточный заряд батареи нода в мВ на момент де-

инициализации в данном конкретном ПП.

InitialVoltageDecayInmVPerDay – просадка заряда батареи в мВ/день. Рассчитывается за первые 72 часа (3 дня) регистрации или за полный период регистрации, если нод регистрировал в данном ПП менее 3 дней. Разница между начальным и остаточным зарядами делится на период времени наблюдения.

MinNoGpsEventsPerDay – минимальное значение, полученное по вышеописанной формуле, за весь период регистрации в данном ПП.

MaxNoGpsEventsPerDay – максимальное значение, полученное по вышеописанной формуле, за весь период регистрации в данном ПП.

AvrNoGpsEventsPerDay – значение, равное: $(\text{сумма}(\text{NoGNSSEvents})/(\text{сумма}(\text{ShotLengthUs})/1000000/3600)) \times 24$, где *NoGNSSEvents* и *ShotLengthUs* взяты из рапорта Raw Trace QC для всех почасовых записей для данного конкретного ПП.

MaxDistanceTimeReading – наибольший период времени между двумя последовательными успешными GPS синхронизациями. Используется для выявления нодов с большими интервалами синхронизации, что может повлиять на успешную коррекцию смещения по синхронизации.

AvrTimeBetweenGNSSFfixesSec – средний интервал между GPS синхронизациями в секундах.

MinTemperatureCelsius – минимальная температура, зарегистрированная нодом в данном ПП.

MaxTemperatureCelsius – максимальная температура, зарегистрированная нодом в данном ПП.

AvrTemperatureCelsius – средняя температура, зарегистрированная нодом в данном ПП.

MaxClockDriftuSecPerSec – максимальный темп смещения по синхронизации, зафиксированный для нода в данном ПП.

AvrClockDriftuSecPerSec – средний темп смещения по синхронизации, зафиксированный для нода в данном ПП.

MinRMS – минимальное часовое среднеквадратичное значение амплитуды в данном ПП.

AvrRMS – среднее часовое среднеквадратичное значение амплитуды в данном ПП.

MaxRMS – максимальное часовое среднеквадратичное значение амплитуды в данном ПП.

MinDCOffset – минимальное значение постоянной составляющей сигнала в данном ПП.

AvrDCOffset – среднее значение постоянной составляющей сигнала в данном ПП.

MaxDCOffset – максимальное значение постоянной составляющей сигнала в данном ПП.

MinOverflowCount – минимальное показание счетчика переполнений шкалы сигнала в данном ПП. В идеале, равно нулю.

AvrOverflowCount – среднее показание счетчика переполнений шкалы сигнала в данном ПП. В идеале, очень малое или равно нулю.

MaxOverflowCount – максимальное показание счетчика переполнений шкалы сигнала в данном ПП. В идеале, очень малое или равно нулю. Переполнения шкалы сигнала могут возникать во время установки и подбора датчика, а также при работе источников возбуждений в непосредственной близости от нода.

MinZeroCrossingPerSecond – минимальное число пересечений нулевого значения амплитуды в секунду, выбранное по всем почасовым записям в данном ПП.

AvrZeroCrossingPerSecond – среднее число пересечений нулевого значения амплитуды в секунду, выбранное по всем почасовым записям в данном ПП.

MaxZeroCrossingPerSecond – максимальное число пересечений нулевого значения амплитуды в секунду, выбранное по всем почасовым записям в данном ПП.

Gain – параметр усиления для данного ПП (1 или 6).

MaxConsecutiveSame – максимальное количество последовательных дискрет сигнала с одинаковой амплитудой за все время регистрации в данном ПП.

Методика приведения разнотипных сейсмических данных

Как было сказано выше, система Stryde была интегрирована в сеть профилей кабельной системы, использующей группу из двух сейсмоприёмников YF-SOLO-5 HZ с шагом 25м, которые по сути являются велосиметрами (измерителями скорости). Сейсмоприёмники Stryde, с активным пьезоэлементом являются акселерометрами (измерителями ускорения), таким образом, были зарегистрированы принципиально отличные данные (Рис.12), что впоследствии, на этапе обработки, потребовало их согласования.

Для анализа характеристик сигнала и расчета фильтра согласования, были выбраны соседние пункты приёма «STRYDE» и «YF» из центральной части съёмки (ПП 53091397 и 53091398). После чего, были рассчитаны АКФ сигналов «YF» и «STRYDE» и их ФВК. Далее, путем сопоставления корреляционных функций, был рассчитан оператор приведения (фаза, амплитудно-частотный спектр) двух видов сигналов. В результате работ, было рассчитано три варианта фильтра согласования (Рис.13):

1. при расчёте использовались суммарная трасса «STRYDE» и суммарная трасса «YF» с введенной поправкой за сферическое расхождение ($T=2$);
2. при расчёте использовались суммарная трасса «STRYDE» и суммарная

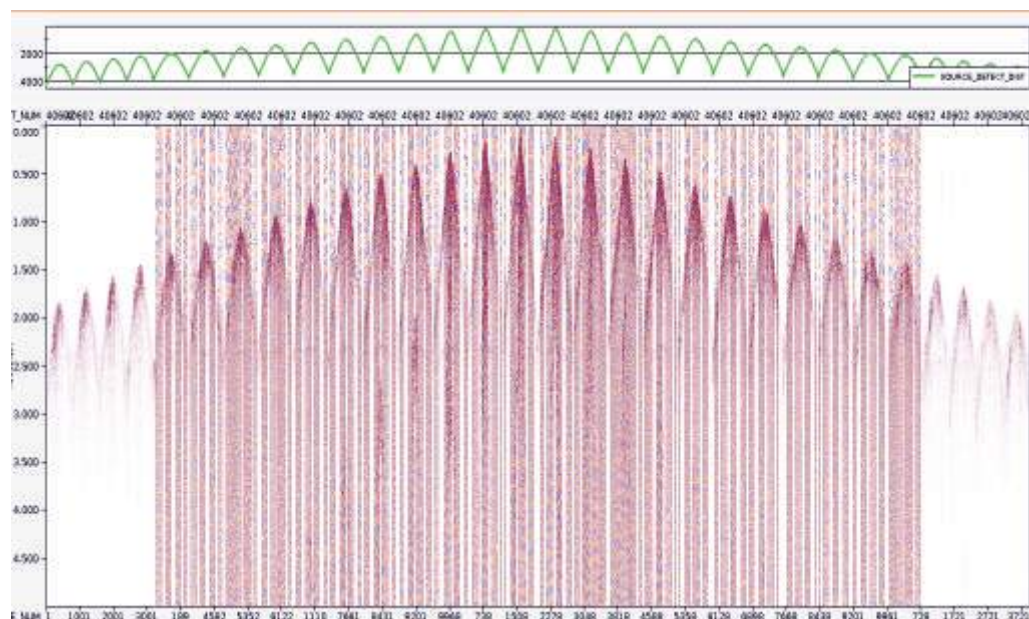


Рис. 12. Сейсмограмма ОПВ, полученная после объединения трасс массивов данных «YF» и «STRYDE».

трасса «YF» без учета сферического расхождения;

3. при расчёте использовались центральная трасса «STRYDE» и центральная трасса «YF» без учета сферического расхождения.

По результатам тестирований, фильтр согласования №3 позволил получить максимальное совпадение анализируемых сигналов, после чего был получен совместный куб данных (Рис.14).

Заключение

Традиционно, при исследованиях нового оборудования, сопоставляются выявленные положительные и отрицательные стороны.

Для системы Stryde это:

Положительные стороны:

- система беспроводная;

- малый вес и габариты оборудования – 24 тыс. каналов весят 7.5 тонн, помещаются в 2 стандартных вагон-дома, что в 12 раз легче аналогичной кабельной системы;

- имеется возможность установки узлов, используя топографическое оборудование, без предварительной разбивки и установки пикетов топоотрядом;

- при сопоставимых затратах получаем большую плотность исследуемого участка;

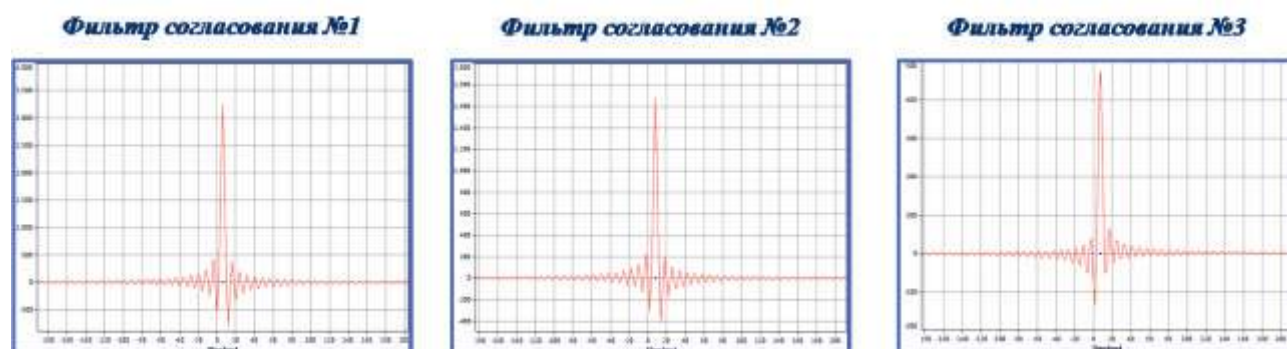
- возможность ручной размотки ведёт к сокращению валочных работ;

- спектр регистрируемых частот системы Stryde – шире в сравнении с геофонами YF SOLO 5Гц.

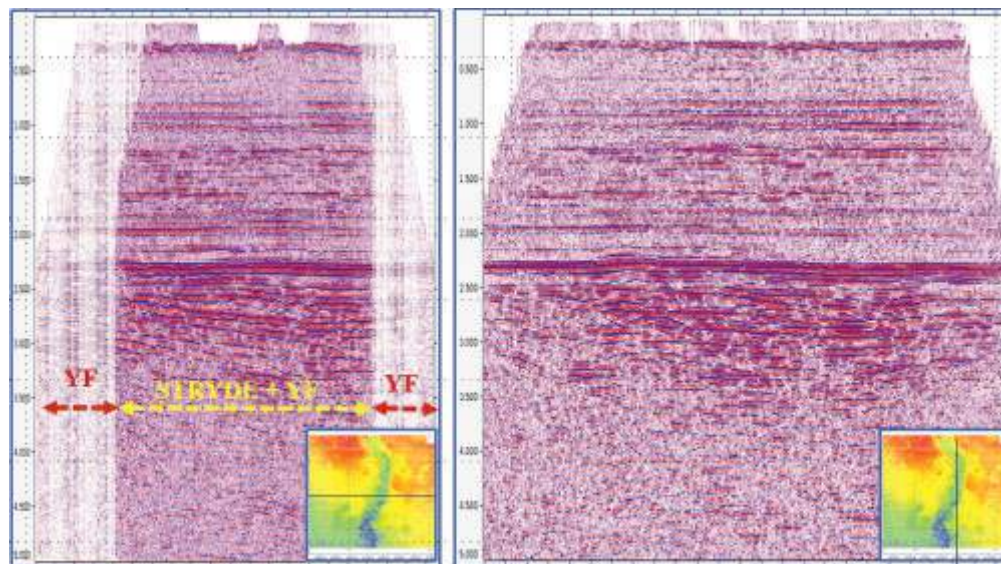
Отрицательные стороны:

- система «слепая» – нет возможности

Рис. 13. ФВК различных типов фильтров согласования.



► **Рис. 14.**
Вертикальные
сечения куба
амплитуд после
второй
итерации
поверхностно-
согласованной
коррекции
амплитуд
с АРУ.



контролировать расстановку, отсутствует контроль уровня микросейсм, получаемый материал возможно увидеть только при полной подмотке;

- для соблюдения необходимой точности определения высот – требуется проведение воздушного лазерного сканирования;

- хрупкий корпус прибора – наезд транспортного средства «фатален»;

- при шаге дискретизации 1мс не достаточен объём памяти нода – только на 14 дней записи;

- каждый нод требуется обвязывать верёвкой, что является единственным способом поиска. Потеря нода – потеря материала.

Отметим, что главным результатом данного опыта, является успешное комбинирование различных типов сейсморегирующего оборудования с подбором процедур, позволяющих увязать данные в единый массив. А также, показана высокая перспективность идеологии использования нодальных систем для значительного уплотнения системы наблюдения на целевых объектах съемки при «традиционной» кабельной сейсморазведке.

Литература:

1. Череповский А.В. Учебный курс наземной сейсморазведки нового техно-

логического уровня, Тюмень, EAGE, 2016;

2. Тарасов Н.В., Гнатюк А.И. Современные технологии выполнения сейсморазведочных работ с использованием БТСС семейства «SCOUT» // Приборы и системы разведочной геофизики. 2021. №01(68). С. 78-85

3. Абдулвалиев М.Т., Тиссен А.П., Толкачёв В.М., Череповский А.В. Первая отечественная нодальная бескабельная система «Открытие» с электронно-молекулярными датчиками // Приборы и системы разведочной геофизики. 2020. №03(66). С. 46-53

Подробнее об авторах



Гафаров
Радий Марсович

Главный геофизик
Дирекции разведочной
геофизики
АО «Башнефтегеофизика»



Сираев
Ильнур Айратович

Первый заместитель
генерального директора -
директор Дирекции
разведочной геофизики
АО «Башнефтегеофизика».