

Сейсмосистема СКАУТ-НТ

■ Тарасов В.Н., АО «СКБ СП», г. Саратов

Почему гибридная система эффективнее, чем чисто кабельная или чисто бескабельная.

Аннотация: В основе сейсмосистемы СКАУТ-НТ лежит кабельная телеметрическая архитектура — наиболее функционально насыщенный и технически зрелый класс сейсморазведочного оборудования.

Именно кабельные системы обеспечивают то, что критически важно в реальных полевых условиях: данные в реальном времени, немедленный контроль качества и развитые механизмы отказоустойчивости. СКАУТ-НТ расширяет эту основу беспроводными модулями — не в ущерб надёжности, а для решения задач там, где кабель физически невозможен.

Независимые полевые испытания АО «Башнефтегеофизика» (2025) подтвердили полную идентичность качества регистрации СКАУТ-НТ и системы Sercel 508 (корреляция трасс 0,9999, сигнал/шум идентично).

Ключевые слова: сейсморазведка, телеметрическая система, гибридная архитектура, узловая топология, контроль качества в реальном времени, отказоустойчивость, импортозамещение.

1. Кабельная система как основа

Кабельная телеметрия — это не устаревший подход, а золотой стандарт сейсморазведки для задач, где качество данных и оперативный контроль имеют первостепенное значение. Одноканальный телеметрический модуль МТ, составляющий основу СКАУТ-НТ, реализует ряд технических решений, которые принципиально отличают профессиональную кабельную систему от упрощённых аналогов.

Данные в реальном времени

Кабельные каналы СКАУТ-НТ передают сейсмические данные на центральную станцию непрерывно, со скоростью до 1 Гбит/с по оптоволоконному каналу между концентраторами. Оператор видит сейсмограммы прямо в ходе съёмки: оценивает качество записи, контролирует работу каждого модуля, немедленно реагирует на изменение геологической обстановки. Это исключает ситуацию, когда проблема обнаруживается только после завершения всего проекта.

Запись при обрыве межлинейных соединений

Классическая уязвимость кабельных систем — обрыв линии. В большинстве систем это означает потерю данных со всего участка ниже по цепочке. В СКАУТ-НТ эта проблема решена на архитектурном уровне: блок концентратора линии (БКЛ) оснащён встроенной памятью 64 Гб и автоматически переключается в режим автономной записи при потере связи с центральной станцией. Данные сохраняются локально и передаются на станцию после восстановления соединения — без потерь и без необходимости повторной стрельбы.

Перенаправление данных при обрыве магистрали

Узловая архитектура системы позволяет данным находить обходные пути в случае разрыва межблочных и межлинейных соединений. Если один из участков кабельной магистрали вышел из строя, система автоматически перестраивает маршруты передачи данных через доступные каналы — в том числе через

беспроводные модули. Съёмка продолжается без остановки.

«Традиционная кабельная система останавливается при обрыве линии. СКАУТ-НТ находит обходной маршрут — архитектурно, не вручную.»

Синхронизация и контроль качества

Синхронизация всех кабельных модулей осуществляется через GPS/GLONASS приёмники, встроенные в концентраторы линий. Система ведёт непрерывный мониторинг состояния каждого модуля: напряжение батареи, уровень шума, КНИ, смещение нуля, состояние датчика. Любое отклонение от нормы фиксируется немедленно — оператор знает о проблеме раньше, чем она повлияет на качество данных.

2. Беспроводные модули: расширение, не замена

Беспроводные ноды появились как ответ на логистические ограничения кабельных систем — и они действительно решают конкретные задачи. Однако рынок нередко преподносит ноды как универсальную замену кабелю, замалчивая принципиальный изъян: отсутствие данных в реальном времени.

Что ноды делают хорошо

- Обходят физические препятствия — реки, болота, ЖД, газопроводы — без остановки съёмки.
- Разворачиваются лёгкой техникой: квадроциклы, снегоходы, вертолёт.
- Минимизируют вырубку просек и антропогенную нагрузку на экосистему.
- Работают автономно до 45 суток при круглосуточной записи в условиях отрицательных температур.

Что ноды не могут заменить

Ноды записывают данные в собственную память. Чтобы получить сейсмограммы, необходимо физически забрать ноды и скачать данные — нередко через сутки и более после съёмки. Это означает:

- Контроль качества возможен только постфактум. Если нода вышла из строя, была смещена или записала некачественные данные — вы узнаете об этом слишком поздно.
- Оператор лишён возможности реагировать на изменения в ходе съёмки.
- Для задач со сложным геологическим строением, высокой стоимостью скважин или жёсткими временными ограничениями ноды не являются полноценной заменой кабельной системе.

Ключевой вопрос

Когда вы хотите узнать, что съёмка прошла успешно — прямо сейчас, в поле, или на следующий день в офисе после скачивания данных с бескабельных блоков?

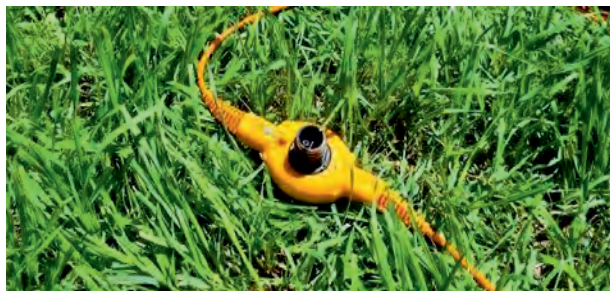
3. Архитектура СКАУТ-НТ

СКАУТ-НТ строится вокруг кабельной телеметрической магистрали. Беспроводные модули подключаются к той же инфраструктуре — концентраторам линий — и работают под управлением той же станции и ПО. Это не параллельные системы, а единая архитектура с тремя типами полевых модулей.

Кабельные каналы (МТ) — основа системы

Лёгкий одноканальный модуль весом 250 г с 24-битным АЦП и разъёмом КСК-2М. Потребление всего 0,16 Вт. Модули объединяются в кабельные секции по 4 штуки с разъёмами FM-4, шаг между

каналами 55 м или менее. Обеспечивают непрерывную передачу данных в реальном времени и полный мониторинг состояния каждого канала.



MT — модуль телеметрический.

Ноды БАР (с внешним геофоном)

Развёртываются там, где кабель физически невозможен или нецелесообразен: болота, реки, лесные участки, промышленные объекты. Встроенная память до 32 Гб, GPS/GLONASS синхронизация. Возможна передача данных в реальном времени с ограниченного количества БАР.



БАР — блок автономной регистрации с внешним геофоном.

Ноды БАР-1С (со встроенным геофоном).

Компактное решение для быстрого развёртывания: геофон уже интегрирован в корпус, блок просто устанавливается на грунт. Автономность до 45 суток при круглосуточной работе в условиях отрицательных температур. Идеально для протяжённых профилей в сложном рельефе.



БАР-1С — блок автономной регистрации со встроенным геофоном.

БКЛ — интеллектуальный центр системы

БКЛ управляет одновременно кабельными и беспроводными линиями, обеспечивает синхронизацию всех модулей по GPS/GLONASS, пропускает до 10 000 каналов в реальном времени на одну магистраль, передаёт данные по оптоволокну (1 Гбит/с). При обрыве — автоматическая локальная запись (64 Гб), при разрыве магистрали — перестройка маршрутов.



БКЛ — блок концентратора линии

4. Практические преимущества

Надёжность, которая не останавливает съёмку

Два механизма отказоустойчивости работают одновременно. При обрыве межлинейного соединения концентратор фиксирует данные в локальную память. При разрыве магистрали система перенаправляет потоки через альтернативные маршруты, включая беспроводные каналы. В обоих случаях — никаких остановок, никаких потерянных возбуждений.

Контроль качества в поле

Оператор видит сейсмограммы в реальном времени и может немедленно скорректировать источник, заменить неисправный модуль, изменить параметры записи — ещё в ходе съёмки, а не после её завершения.

Обход любых препятствий

Железная дорога, газопровод, автотрасса, болото, озеро — всё это перекрывается нодами без остановки профиля. Никаких простоев, никаких дополнительных разрешений на пересечение объектов.

Лёгкая логистика

Кабельный модуль МТ весит 250 г. Ноды транспортируются на квадроциклах, снегоходах или вертолётном без

вырубки просек. Все каналы в реальном времени, полный контроль качества, полная отказоустойчивость — при минимальной логистической нагрузке.

Экстремальные условия

Все модули системы: -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Беспроводные ноды — автономность до 45 суток. Система полностью адаптирована к климату России — от Крайнего Севера до жарких засушливых зон.

5. Полевые испытания: независимая верификация

В 2025 году АО «Башнефтегеофизика» провело опытные работы по сравнительному тестированию СКАУТ-НТ и Sercel 508 на полигоне УСП-11. Системы работали параллельно на одной расстановке — 5

▼ Табл. 1. Сравнительные характеристики систем сбора сейсмических данных.

Критерий	Только кабель	Только ноды	СКАУТ-НТ (гибрид)
Данные в реальном времени	✓ Да — основа	✗ Нет	✓ Да (кабельные каналы)
Запись при обрыве межлинейного соединения	✓ В концентратор (64 Гб)	✓ В память ноды	✓ В концентратор (64 Гб)
Перенаправление при обрыве магистрали	✓ Автоматически	— (нет магистрали)	✓ Автоматически
Обход препятствий (ЖД, болота)	✗ Нет	✓ Да	✓ Да (беспроводные модули)
Мониторинг качества в поле	✓ Да, каждый канал	✗ После съёмки	✓ Да, каждый канал
Гибкость конфигурации	Средняя	Средняя	✓ Максимальная
Транспортировка лёгкой техникой	✗ Нет	✓ Да	✓ Да
До 100 000 каналов в реальном времени	Ограничено	✗ Нет	✓ До 100 000
Производство в России	Частично	Частично	✓ Полностью
Гарантия	—	—	✓ 5 лет

линий приёмных пунктов, шаг 100 м, шаг ПП 25 м, источник возбуждения — виброисточник БАТbP (2 единицы). Параметры регистрации: длина записи 6 с, шаг дискретизации 1 мс, свип-сигнал 24 с / 4–90 Гц, 2 накопления. Отработано 60 ПВ методом flip-flop.

Идентичность аппаратного тракта

Кабельное оборудование СКАУТ-НТ и Sercel признано идентичным как визуально, так и функционально. Для прямого сравнения АЦП были изготовлены пауки с двойным КСК-выходом, одновременно подключёнными к обеим станциям. Среднее расхождение во времени первых вступлений составило 0,00186 мс (1,86 мкс) — на уровне погрешности измерений. Корреляция трасс при параллельной записи: 0,9999.

Идентичность частотных и амплитудных характеристик

Спектры виброграмм и АЧХ записей полностью совпадают по форме, что свидетельствует об идентичной полосе пропускания и фазовых характеристиках трактов. Доминантная частота: Sercel 508 — 20,7 Гц, СКАУТ-НТ — 20,6 Гц — разница в пределах погрешности. Числовые значения инструментальных тестов (шум, КНИ, ПСС, отклонение фазы) у обеих систем сопоставимы и укладываются в нормативные пределы.

Отношение сигнал/шум

Ключевой интегральный показатель качества записи — отношение сигнал/шум — у обеих станций составило 3,9 и признано практически идентичным. Испытания показали: более высокое абсолютное усиление в системе Sercel 508 не даёт ей никакого преимущества, поскольку пропорционально усиливаются и шумы. Реальная информативность данных у обеих систем одинакова.

Технология slip-sweep и скорость передачи

Успешно опробована технология slip-sweep — одновременное формирование до 5 виброграмм с перекрывающимися источниками. Тест прошёл штатно. Скорость передачи данных обеспечивает работу в режиме интенсивной съёмки без накопления очереди записи.

Программное обеспечение и интерфейс

ПО Скаут-Станция получило высокую оценку: русскоязычный интерфейс, интуитивный процесс настройки и запуска записи, встроенный сейсмомонитор для контроля расстановки в реальном времени, инструменты просмотра сейсмограмм непосредственно в ходе съёмки. Система устанавливается на стандартную ОС Windows и не требует специальной инфраструктуры.

6. Для каких задач это особенно важно

— Сложное геологическое строение, где оперативный контроль качества в поле критичен — переделка обходится дороже, чем правильная система.

— Проекты с высокой стоимостью ошибки: каждое возбуждение должно быть зафиксировано корректно, без права на ошибку.

— Районы с чередованием открытых и труднодоступных участков: лес, болото, водоёмы, промышленные объекты на одном профиле.

— Работа вблизи линейных объектов — ЖД, трубопроводы, автодороги — где прокладка кабеля ограничена или невозможна.

— Труднодоступные районы, где тяжёлая техника не применяется, но требования к качеству данных не снижаются.

— Проекты с жёсткими временными ограничениями: сезонное окно, лёд, паводок — когда нет возможности повторить съёмку.

— Крупные 3D/4D проекты, где одновременно требуются широкий охват, надёжность и контроль качества.

7. Технические характеристики

— МТ: 24-бит АЦП, 250 г, 0,16 Вт, $-40...+70^{\circ}\text{C}$, шаг 55 м и менее.

— БКЛ: 10 000 каналов на порт, 1 Гбит/с, память 64 Гб, GPS/GLONASS, Wi-Fi, 4 кг.

— БАР: 32-бит АЦП, память до 32 Гб, 2,25 кг с батареями, $-40...+70^{\circ}\text{C}$.

— БАР-1С: встроенный геофон 5 или 10 Гц, до 45 суток автономности, 1,3 кг.

— Максимальная конфигурация: 100 000 каналов в RT.

— Форматы: SEG-D, SEG-Y. Источники: взрывные, вибрационные, импульсные.

8. Выводы

Анализ функциональных характеристик и результаты независимых полевых испытаний АО «Башнефтегеофизика» (2025) совокупно подтверждают: гибридная архитектура СКАУТ-НТ обеспечивает качество регистрации, полностью идентичное мировому эталону — системам Sercel. Корреляция трасс при параллельной записи: 0,9999. Расхождение по АЦП: 1,86 мкс. Отношение сигнал/шум у обеих станций совпадает до третьей значащей цифры.

Кабельная основа системы обеспечивает передачу данных в реальном времени, непрерывный мониторинг каждого канала и двухуровневую отказоустойчивость при обрывах линий — механизмы, недоступные в чисто беспроводных системах. Беспроводные модули снима-

ют единственное ограничение кабельной архитектуры — невозможность обхода физических препятствий на профиле. СКАУТ-НТ является единственным решением данного класса отечественного производства с поддержкой до 100 000 каналов в режиме реального времени, адаптацией к диапазону $-40...+70^{\circ}\text{C}$ и гарантийным сроком 5 лет.

Независимое заключение АО «Башнефтегеофизика» (полигон УСП-11, 2025)

«Кабельное оборудование SCOUT и Sercel идентично как визуально, так и функционально. Обе станции обладают идентичными характеристиками тракта записи и производят тождественные данные полезного сигнала. Отношение S/N практически идентично, что подтверждает одинаковую эффективность для регистрации сигнала.»

Подробнее об авторе



Тарасов
Владимир Николаевич

Руководитель отдела,
автор и соавтор нескольких
публикаций и докладов
по направлению
геофизическое
приборостроение,
АО «СКБ СП».