

Уменьшение размера нодальных систем, открывающее перспективы высокоплотной сейсморазведки

■ Амин Оураба, компания СТРАЙД

Сейсморазведка высокой плотности - источник и приемник

Одним из наиболее важных факторов, необходимых для высокого качества сейсмического изображения недр является количество измерений на единицу поверхности исследований или плотность точек ОГТ. Чем сложнее сейсмические задачи, тем более плотной должна быть съемка, чтобы получить высококачественный продукт (Ourabah et al, 2015), дающий информацию не только о структурном плане, но дать другие характеристики среды.

Увеличение плотности съемки достигалось прежде всего увеличением количества ПВ, в то время как количество точек приема увеличивалось медленнее. В течение многих лет в основном использовались кабельные технологии. Но при этом сейсморегистрирующие системы оставались слишком громоздкими, тяжелыми и дорогими, что снижало экономическую эффективность работ.

Сегодня на многих проектах переходят к автономным приемным узлам (нодам), что позволяет удешевить сейсморазведочные работы повышая при этом плотность исследования. Но большинство доступных нодальных систем по-прежнему остается массивными и тяжелыми, да и дорогими.

Это сдерживает сейсмическую отрасль в реализации проектов реально высокой плотности. Можно констатировать, что «плотной» сегодня называется съемка с плотностью до миллиона трасс/км². Однако сегодняшние технологии могут дать инструмент для реализации настоящего «сверхплотных» исследований - более миллиарда трасс/км².

Чтобы достичь этих целей, обеспечить гибкость в отношении плотности точек возбуждения, STRYDE взял на себя инициативу по разработке самого легкого, самого маленького и самого дешевого нода на сейсморазведочном рынке.

Дизайн самого легкого в мире нода

Многие существующие сейсмические ноды являются громоздкими и тяжелыми. Их доставка на пикет требует использования отдельных транспортных средств, что создает логистический барьер для сейсмики высокой плотности. Таким образом, уменьшение размера и веса узлов является ключом к сокращению затрат, в сейсморазведке высокой плотности. Кроме того, небольшие узлы могут снизить воздействие на окружающую среду за счет минимизации количества транспортных средств и необходимости в тщательной подготовке и расчистке приемных линий. Как следствие, использование легких нодов STRYDE позволяет снизить общие риски ведения сейсмических работ. При меньшем количестве транспортных средств, перевозящих сейсмооборудование, вероятность аварии значительно снижается.

BP сотрудничала с «Роснефтью» и Schlumberger в создании нового "проворного" узла STRYDE (Manning et al, 2018), который был окончательно разработан в 2019 году. Размер узла составляет 13x4 см и весит всего 150 г, что позволяет транспортировать и размещать десятки тысяч узлов на больших площадях пешком за один

▼ Рис. 1. Нодальные датчики STRYDE.



день (Ourabah & Crosby 2020). Поскольку узел достаточно легкий, его можно транспортировать по чрезвычайно пересеченной местности, как показано в недавнем исследовании в Скалистых горах.

В ходе НИОКР был проведен ряд полевых испытаний, показавших, что узел STRYDE может использоваться для выполнения сейсмических работ высокой плотности трассировки при меньших затратах и в более короткие сроки, чем при использовании кабельной телеметрии или других нодальных систем. В 2018 году STRYDE был использован в производственных работах в Сибири для сравнения с кабельной системой с 12 геофонами. Это испытание продемонстрировало эффективность оборудования STRYDE в условиях экстремального холода, а также показало, насколько сокращается необходимость в технике в работе (Brooks et al, 2018).

В 2019 году компания ADNOC в ОАЭ завершила крупномасштабные полевые испытания 3D с узлами STRYDE, выполнив самую плотную сейсмическую съемку в истории отрасли. За 53 дня 36 человек развернули 500 800 узлов, достигнув плотности 184 миллиона трасс/км².

Работы, проведенные компанией ADNOC, также были чрезвычайно полезными для демонстрации того, как может быть организована система полевого контроля качества нодов STRYDE. При тестовом анализе, предваряющем производственные работы массив нодов был проверен на работоспособность вручную. Хотя узлы, используемые в этом тестирова-

нии, еще не были коммерческой версией оборудования, только у 0,33% узлов возникла ошибка в течение 53-дневного пробного периода. Большинство этих ошибок были связаны с исправимыми проблемами с прошивкой, при этом записываемые сейсмические данные были кондиционны.

При коммерческом использовании только 2 из 175 000 узлов STRYDE, развернутых в полевых условиях, вышли из строя – наблюдаемая частота отказов составляет 0,0001%. Таким образом, качество промышленного оборудования позволяет вообще отказаться от ежедневного контроля работоспособности полевого регистрирующего оборудования при наличии действительно плотных полевых систем наблюдения.

Как можно использовать сейсмические данные высокой плотности?

При обработке сейсмических данных высокой плотности можно использовать два основных подхода:

Ускоренная обработка: Постепенное вовлечение в обработку получаемых данных, подбор параметров обработки по выборочным данным, что позволит оперативно осуществлять расчет поправок, подбор параметров процедур, используемых в полном графе обработки. По мере увеличения объема данных, вовлекаемых в обработку растет время машинные ресурсы, необходимые для расчета. Данные быстрой обработки будут использованы в качестве предварительного этапа,

▼ Рис. 2. Полевые работы в России (А) и в ОАЭ (В) с оборудованием STRYDE.



обеспечивая предварительные геологические результаты в ожидании обработки всего массива данных, которая на проектах с очень высокой плотностью может занять более года.

Обычная обработка: компании, осуществляющие обработку данных должны быть готовы работать с объемами в несколько петабайт сейсмических данных в качестве входных данных, чтобы обеспечить высокое качество результатов PSDM и сложные сейсмические характеристики в разумные сроки.

Если мы возьмем пример крупномасштабного полевого испытания, проведенного ADNOC в 2019 году, оно было обработано трижды тремя различными компаниями для 3 различных целей. Эти три подхода не являются взаимоисключающими и могут применяться параллельно или на разных этапах в течение полевых работ.

В то время как сейсмика высокой плотности представляет собой проблему “больших данных”, когда дело доходит до обработки, достижения в области анализа данных, используемые в других отраслях, могут еще больше снизить затраты, связанные с сейсмической визуализацией. Например, искусственный интеллект и машинное обучение могут использоваться для автоматизации основных этапов QA/QC и обработки, потенциально связывая еще необработанные данные непосредственно с атрибутами, которые ищет конечный пользователь.

Облачные вычисления также могут заменить обычные центры обработки данных, позволяя сторонам хранить и передавать огромные объемы данных с меньшими затратами.

В каких отраслях промышленности сейсморазведка высокой плотности может быть эффективна?

Узлы STRYDE изначально были разработаны для обеспечения чрезвычайно высокой плотности сейсмических исследований с плотностью в миллионы или миллиарды трасс/км² для нефтегазовых проектов. Однако, уменьшив размер и стоимость узлов для масштабирования сейсмики

высокой плотности, STRYDE также смог демократизировать доступ к сейсмической съемке для целого ряда других отраслей промышленности - от геотермальных исследований до археологии, для угольной и горнодобывающей промышленности.

Непрерывная запись, осуществляемая узлами STRYDE, открывает возможность обработки пассивных сейсмических данных при контроле ГПП и мониторинге контроля ПХГ, разработки месторождений с использованием методов интерферометрии, которые могут давать дополнительную геологическую информацию, ориентируясь на очень низкие частоты спектра.

Как только барьер затрат на сейсмику высокой плотности будет преодолен с появлением дешевых сейсморегистрирующих систем, многие отрасли также смогут извлечь выгоду из сейсмических наблюдений.

В STRYDE мы гордимся тем, что работаем вместе с нашими партнерами над дальнейшим повышением доступности более безопасных, быстрых и экологичных сейсмических исследований.

Подробнее об авторе



Амин
Оураба

руководитель
группы обработки
СТРАЙД