

Titan - инновации в конструкции виброисточников

В последние 10 лет сейсморазведка все больше интересуется низкочастотными характеристиками гидравлического вибросейсмического источника. Инновации в области вибросеймики значительно улучшили характеристики вибросейсмического источника и точность генерируемого сигнала по сравнению с технологиями, которые были доступны в начале 2000-х и 1990-х годах. Titan AHV-V 480 от INOVA является кульминацией исследований и инженерных инноваций, которые привели к созданию нового поколения высокоточных вибросейсмических источников. Многие технические инновации Titan основаны на многолетнем опыте разработки и производства лучших в мире вибросейсмических источников. В этой статье будут обсуждаться инновации, которые делают Titan самым современным в мире крупным вибросейсмическим источником, и представлены некоторые усовершенствования, которые рассматриваются на будущее.

Гидравлический вибросейсмический источник - история инноваций

AHV означает «шарнирно-сочлененное гидростатическое транспортное средство». Это технология, первоначально разработанная компанией Conoco, а затем запущенная в производство компанией Western Geophysical и другими. Развитие линейки вибросейсмических источников AHV значительно ускорилося, когда в 1990-х годах она была приобретена компанией Input/Output. В то время как фундаментальный багги конструкции AHV практически не изменился, основной компонент вибросейсмической системы продолжил совершенствоваться благодаря улучшенным инженерным методам, которые позволили произвести виброисточники AHV-IV PLS-380 и PLS-364 в 2006 и 2009 годах, соответственно. В 2010 году вибросейсмическая технология стала частью семейства продукции INOVA®, и с тех пор INOVA поставила на рынок сотни вибросейсмических источников AHV-IV, которые используются до сих пор.

INOVA представила новую вибросейсмическую технологию с очень популярным источником UniVib, предшественником UniVib2, вибросейсмическими

источниками меньшего размера с максимальным весом 26 000 фунтов (около 11 800 кг) и 34 000 фунтов (около 15 400 кг); и новейший большой вибросейсмический источник, AHV-V Titan, гигант весом 80 000 фунтов (около 36 300 кг) - (рис. 1). И UniVib2, и Titan представляют собой совокупность технологий и опыта, накопленных за 50-60 лет разработки вибросейсмических систем, которые были сконструированы и использовались почти во всех регионах и природных условиях мира.

Повышение точности воспроизведения

Основной компонент вибросейсмической системы называется возбудителем вибрации. Эта система состоит из гидравлической части, серии клапанов и тяжелой массы, соединенной с опорной плитой, контактирующей с землей. Эта система управляется электроникой, приводящей в действие систему клапанов, чтобы воспроизводить свип-сигнал в пространственно-временной области с высокой точностью. Взаимодействие всех этих критических элементов возбудителя может повлиять на точность характеристики силы, излучаемой в землю.



▲ Рис. 1. Новый вибросейсмический источник Titan, работающий во время полевых испытаний в пустыне.

Первые попытки моделирования продемонстрировали, что опорная плита является критически важным элементом для правильной передачи силы. Было показано, что при проведении свип-сигнала в полевых условиях опорная плита вибросейсмического источника будет изгибаться. Этот изгиб базовой плиты приводит в результате к потере излучаемой энергии и искажению сигнала. В соответствии с этим пониманием опорная плита ANV-IV 364 была разработана примерно в 2,5 раза жестче, чем предыдущие опорные плиты на более старых моделях виброисточников. Одно только это улучшение в значительной степени улучшило точность вибросейсмического сигнала. В то же время были выявлены другие проблемы, связанные со стабильностью гидравлической системы. Вибросейсмические источники более старого типа показали, что гидравлическое давление будет быстро колебаться при свипировании. Эта проблема также была исправлена в версии устройств ANV-IV, что привело к значительному улучшению выходной мощности на высоких частотах. Стабилизация гидравлического давления уменьшила

искажение вибросейсмического сигнала на более высоких частотах.

Улучшения на низких частотах

Когда проект Titan был впервые задуман, он в первую очередь ориентировался на две основные цели.

Первая цель заключалась в улучшении низкочастотных характеристик силы вибросейсмического источника, а вторая - в поддержании и улучшении любых предыдущих фундаментальных улучшений, уже достигнутых ранее.

Улучшение характеристик низких частот может быть достигнуто только путем изучения основ физики. Второй закон Ньютона показывает нам, что сила зависит от массы и ускорения. Существенное увеличение массы было бы затруднительным для мобильного транспортного средства, которое и так очень тяжелое, но ускорение можно увеличить с помощью более длинного хода поршня.

Ход поршня Titan составляет 17,78 см, что почти в два раза больше, чем у вибросейсмических установок более старого поколения. Увеличенный ход поршня Titan приводит к значительному увеличе-



▲ Рис. 2. Теоретический график зависимости усилия от частоты вибросейсмического источника Titan и AHV-IV 380 Renegade. Увеличенный ход поршня Titan приводит к существенному увеличению усилия на низкой частоте.

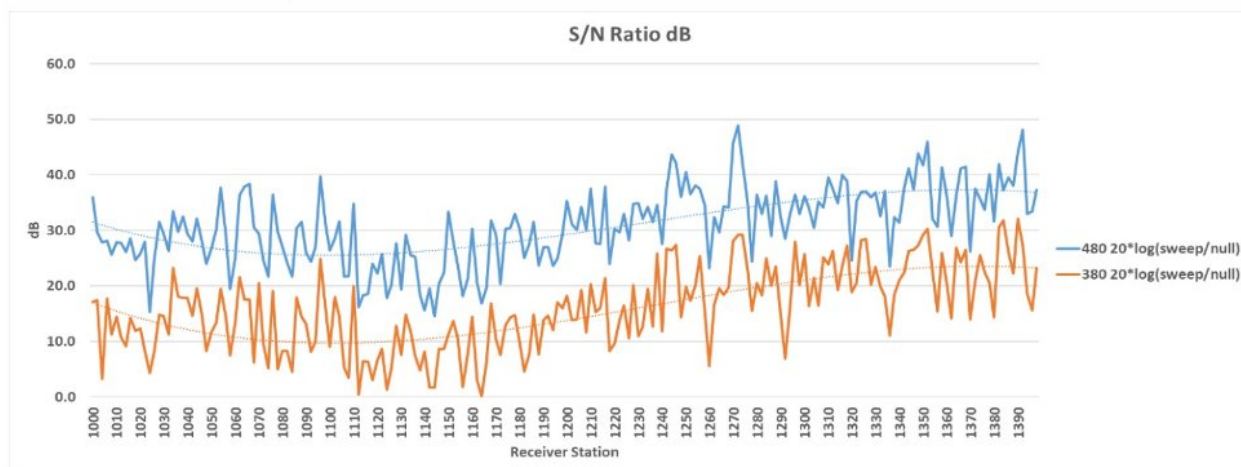
нию излучаемой силы в диапазоне 1-7 Гц. (Рис. 2)

Вторая цель состояла в том, чтобы продолжать повышать жесткость опорной плиты. Это достигается за счет дальнейшего укрепления структуры опорной плиты и путем добавления дополнительных изолирующих пневмоопор к прижимной конструкции.

Вибросейсмический источник Titan имеет 12 пневмоопор, которые равномерно распределяют прижимной вес по всей поверхности опорной плиты, приво-

дя к повышенной устойчивости к изгибанию. Для поддержки механических изменений были внесены усовершенствования в гидравлическую систему, которые увеличили объем гидравлического потока и заставили гидравлическую систему реагировать быстрее. Результатом стал новый вибросейсмический источник с существенно улучшенной выходной силой на низких частотах, в котором используются преимущества длительного опыта технических инноваций и улучшений.

▼ Рис. 3. Разница в излучаемых шумах между Titan и вибросейсмическим источником AHV-IV 380 Renegade более старого поколения, записанных на профиле 2D во время полевых испытаний. График показывает среднеквадратичный шум, зарегистрированный геофонами, расположенными на глубине 10 см. Во время этого теста вибросейсмический источник не свипировал.



Излучаемый шум

Когда вибросейсмический источник работает, он излучает шум нагрузки. Вибросейсмические источники более старого поколения могут излучать более 100 дБ слышимого шума. Этот шум вызывает колебания грунта, которые регистрируются расставленными датчиками, даже в том случае, если датчики находятся под землей. Основным источником слышимого шума на вибросейсмическом источнике являются охлаждающие вентиляторы, регулирующие температуру гидравлической жидкости. Вентиляторы охлаждения на Titan были разработаны для уменьшения излучаемого звукового шума. Полевые испытания (рис. 3) продемонстрировали, что Titan на 17 дБ тише, чем вибросейсмические источники старого поколения. Эти результаты существенно снизят уровень шума, регистрируемого датчиками, и еще больше улучшат регистрируемые данные, когда сейсмические партии работают с Titan.

Дизайн свип-сигнала

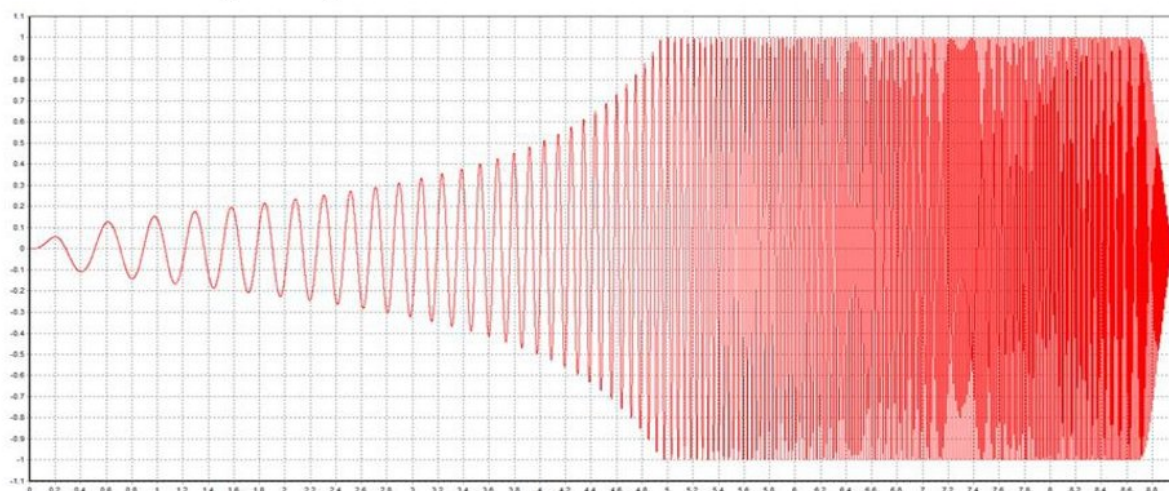
В тот же период, когда разрабатывался Titan, INOVA начала разрабатывать специальные свип-сигналы с намерени-

ем улучшить выходную мощность вибросейсмического источника на низких частотах. Иногда это называется свип-сигналом с медленной разверткой, он разработан, чтобы соответствовать низкочастотной характеристике силы отдельного вибросейсмического источника и включает в себя увеличение продолжительности периода развертки этого свип-сигнала (рис. 4). Результатом являются сложные свип-сигналы, которые имеют нелинейную и линейную часть со временем перехода. Специальные свип-сигналы с медленной разверткой, улучшающие низкочастотный выходной сигнал, теперь распространены во многих регионах мира, поскольку было показано, что они увеличивают низкочастотную составляющую записанных данных.

Будущие инновации

Вибросейсмическая технология продолжает развиваться. Многие будущие инновации будут обусловлены требованиями к высокопроизводительной съемке. На сегодняшний день в регионах мира с открытой местностью достигнуты показатели съемки, превышающие 50 000 точек возбуждения в день. Развитие

▼ Рис. 4. Свип-сигнал с медленной разверткой, в которой 5 секунд сосредоточены на силе низкой частоты, а 5 секунд - на линейной части свип-сигнала.



технологий, которые упростят процесс съемки, откроет возможности для дальнейшего повышения производительности.

Большое внимание уделяется не только производительности, но и соответствию новым нормам, касающимся выбросов и шума. Усовершенствования технологии двигателя и конкретных компонентов будут направлены на выполнение некоторых из этих потребностей.

В более умных вибросейсмических установках используются технологии грузовой автомобильной промышленности, которые позволяют в реальном времени контролировать критические функции, повышают безопасность и улучшают техническое обслуживание; эти особенности повысят ценность технологии. Автоматизация, такая, как система помощи водителю, поможет увеличить скорость частоты накоплений и перемещения между ПВ и поможет устранить часть курса обучения для новых водителей.

Резюме

Новый ANV-V Titan - это последнее поколение больших вибросейсмических источников INOVA. Первое коммерческое использование Titan для производственной съемки произошло в январе 2021 года с большой партией установок, после нескольких лет разработок и испытаний. Titan использует преимущества десятилетий инженерного и производственного опыта и опирается на функции, которые сделали вибросейсмику успешной, при одновременном улучшении функций, которые приведут к лучшим геофизическим характеристикам. Улучшенная передача на низких частотах, более точная передача сигнала и низкий уровень излучаемого шума в совокупно-

сти делают виброисточник Titan от INOVA наиболее технологически совершенным вибросейсмическим источником на рынке.

Литература

- Уменьшение гармонического искажения на Виброисточниках – Более жесткая Опорная плита 3. Вэй, ЕАГЭ Рим 2008
- Анализ поведения виброисточника и геофона на твердом и мягком грунте, 3. Вэй, Leading Edge, февраль 2011 г.
- Расширяя диапазон частот виброисточника: Расширение низких и высоких частотных пределов, 3. Вэй, First Break Volume 26, март 2008 г.
- Расширяя диапазон частот виброисточника - Как низко мы можем уйти? 3. Вэй, Саллас, Тите, ЕАГЭ. Лондон 2007