

Низкочастотные свипы с вибраторами Nomad-65, электроникой VE464 и программой "CheckSweep"

■ Даниэль Букар, Жиль Оливри, Дени Мужено (СЕРСЕЛЬ, Франция)

Во всём мире вибрационные источники применяются примерно в каждой второй сейсмопартии, но с помощью этих источников получают более 75% всех сейсмических записей. Такое соотношение объясняется тем, что вибраторы позволяют реализовать высокопроизводительные методики, при которых применяются несколько групп вибраторов, работающих по очереди или даже одновременно. Чаще всего применяются тяжёлые вибраторы с гидравлическим пиковым усилием 60 тысяч фунтов и больше – например, Nomad-65 компании Серсель. Благодаря своей конструкции, особенностям гидравлики такие тяжёлые вибраторы позволяют расширить диапазон частот сигнала в обе стороны. Но из-за сильного поглощения высоких частот геологической средой расширение свип-сигнала в область высоких частот эффективно только при небольших глубинах исследования. В то же время расширение диапазона частот сигнала в сторону низких частот может благоприятно отразиться на качестве изображения среды во всём интервале исследований. Для излучения очень низких частот (вплоть до 1 Гц) требуется согласовать пилотный сигнал с возможностями вибратора.

В данной статье мы описываем тот подход к излучению низких частот вибраторами, который, с нашей точки зрения, является наиболее надёжным в отрасли на сегодняшний день. Это сочетание тяжёлого вибратора Nomad-65, позволяющего эффективно возбуждать очень низкие частоты, с новой электроникой VE464 и программным обеспечением «CheckSweep», предназначенным для подбора наиболее подходящего пилот-

ного сигнала. Преимущества такого аппаратно-программного комплекса, позволяющего улучшить изображения среды по результатам сейсморазведки 3D, показаны в конце данной статьи.

Тяжёлый вибратор Nomad-65

Nomad-65 является одним из наиболее популярных тяжёлых вибраторов, особенно в России и СНГ. Этот вибратор построен на технологиях, разработанных в своё время компанией Mertz в США, а именно для такой успешной модели как M26HD. Обновлённый вибратор разрабатывался как универсальный, пригодный для любых типов поверхностных условий. Причём колёса можно менять на гусеницы и обратно (Рис. 1).

Основными характеристиками вибратора Nomad-65 являются следующие:

Пиковое усилие:	62050 фунтов
Прижим:	62412 фунтов
Реактивная масса:	4,1 т
Отношение реактивной массы к массе опорной плиты:	2,6
Ход поршня:	7,6 см
Мин. частота:	1 Гц
Мин. частота на полную мощность:	7 Гц

Для работ в условиях низких температур вибраторы Nomad-65 снабжаются дополнительными обогревателями и тентами и выпускаются в модификациях до -30°C и до -50°C. Для тех площадей, где имеются населённые пункты, на двигатель и гидравлические насосы можно устанавливать звукопоглощающий кожух, а применение более узких осей позволяет уменьшить ширину вибратора до 2,5 м. Кроме того, в результате сотруд-

**Nomad-65 на колесах****Nomad-65 на гусеницах**

▲ Рис.1. Модификации тяжёлого вибратора Nomad-65. Его конструкция позволяет расширить диапазон частот как в сторону низких, так и высоких частот.

ничества компаний Sercel и Thomas Constructeurs, виброизлучатель Nomad-65 удалось установить на специальном 8-колесном внедорожном шасси грузовика Renault Dxi11. Такой вибратор – "Thomasvib 3246 8x8" – удовлетворяет европейским нормам по выбросу вредных веществ и может передвигаться по дорогам общего пользования (максимальная скорость 85 км/час).

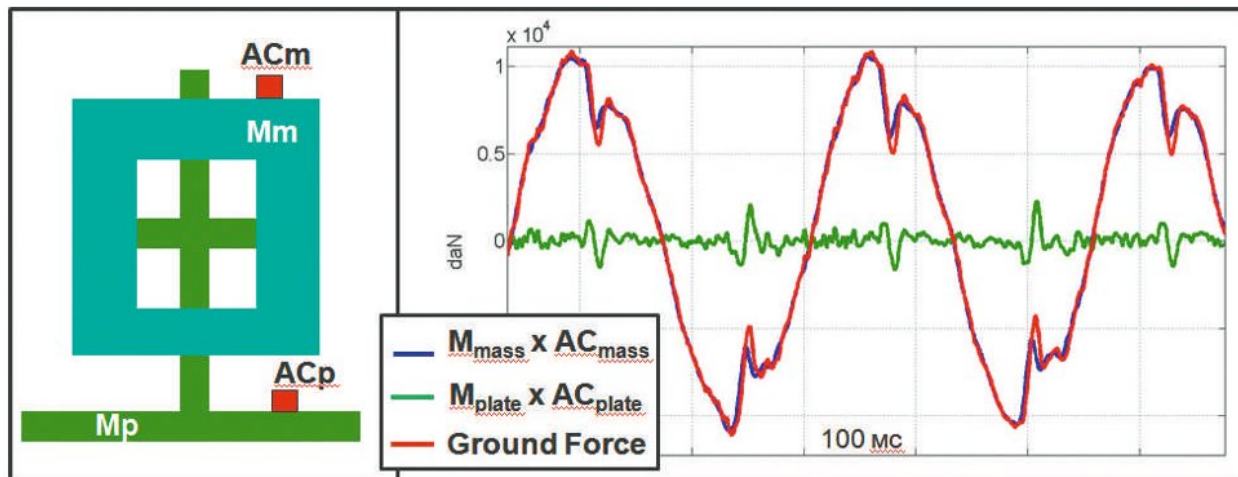
На сегодняшний день (август 2013г.) в 30 различных странах продано 886 вибраторов Nomad-65. Первые вибраторы этого типа были поставлены в Россию (Волгограднефтегеофизика) и страны СНГ (Туркменистан) ещё в 2002 году. Из 271 вибратора, эксплуатируемых в России и СНГ, 81 вибратор (30%) установлен на гусеницах. Что касается диапазона рабочих температур, то 69 вибраторов подготовлено для работ при температурах до -30°C (25%) и 124 вибратора – для работ при температурах до -50°C (46%). Виброизлучатель Nomad-65 обладает полностью обновлённой гидравликой и самым высоким отношением реактивной массы к массе опорной плиты (2,62) среди вибраторов с толкающим усилием 60,000 фунтов. Источник подачи масла находится максимально близко к поршню виброизлучателя, а гидроаккумуляторы служат

для поддержания необходимого потока в начале свип-сигнала. Система спуска и подъёма виброизлучателя («лифт») перемещается на двух направляющих колоннах. Усилие прижима равномерно приложено сверху к виброизлучателю во избежание качания и связанных с ним искажений.

Проблемы излучения низких частот

Сигнал, возбуждаемый вибратором (толкающее усилие), обычно рассматривается как сумма усилий, развиваемых реактивной массой и опорной плитой (J.J. Sallas, 1984). Реактивная масса (M_m) и масса опорной плиты (M_p) известны, и для расчёта толкающего усилия (GF) остаётся оценить ускорения этих масс (AC_m и AC_p) и подставить в формулу: $GF = (M_m \times AC_m) + (M_p \times AC_p)$. Эту информацию мы получаем путём размещения по одному акселерометру непосредственно на реактивной массе и на опорной плите. Если нужно, более точную оценку ускорений можно получить с использованием нескольких акселерометров, позволяющих скорректировать возможные изгибы движущихся частей виброизлучателя.

Анализ этих двух ускорений показывает, что их вклад зависит от текущей частоты свип-сигнала и от характеристик



▲ Рис.2. Оценка толкающего усилия (GF) как взвешенной суммы ускорений реактивной массы (ACm) и опорной плиты (ACp), умноженных, соответственно, на свои массы (Mm и Mp): $GF = (Mm \times ACm) + (Mp \times ACp)$.

На низкой частоте (4Гц в данном примере), доминирует вклад реактивной массы ($Mm \times ACm$), поскольку ускорение опорной плиты ACp, как и её масса, малы по сравнению с параметрами реактивной массы.

грунта: на низких частотах ускорение реактивной массы доминирует над ускорением опорной плиты, а на высоких частотах – наоборот. Таким образом, толкающее усилие на низких частотах становится близким к усилию, развиваемому реактивной массой ($Mm \times ACm$ – см. Рис.2). Поскольку ускорение ACm зависит от хода реактивной массы, измеряемого всего несколькими сантиметрами, то и толкающее усилие на низких частотах невелико. Возбуждение низких частот можно улучшить за счёт более тяжёлой реактивной массы (Mm). Чем тяжелее реактивная масса и чем больше ход (4,1 тонны и 7,6 см у вибратора Nomad-65), тем выше толкающее усилие на низких частотах.

Другие ограничения вибраторов связаны с их гидравликой (J.J. Sallas, 2010). В начале излучения низкочастотного свипа требуется резкое увеличение необходимого потока (от 0 до максимума), что не может обеспечить насос за такой короткий промежуток времени. Чтобы избежать падения подаваемого давления и снижения ускорения реактив-

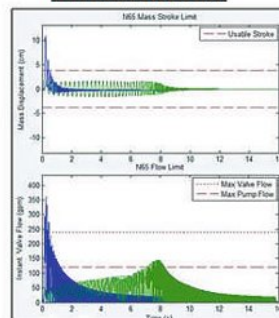
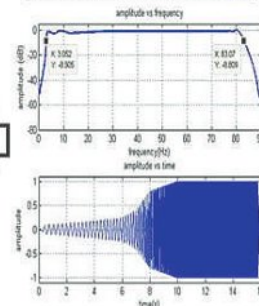
ной массы, на излучатель вибратора Nomad-65 были поставлены два гидроаккумулятора, оперативно поддерживающие необходимый поток. Ещё одно, но не самое важное ограничение связано с главным серво-клапаном, который напрямую управляет поршнем и может пропустить ограниченное количество масла, особенно при медленном движении на низких частотах вблизи центрального положения, при котором наблюдаются некоторые искажения (Рис.2).

Эти различные ограничения на низких частотах, зависящие от характеристик вибратора (реактивная масса, ход поршня и серво-клапана, максимальный поток через насос и серво-клапан, площадь поршня), можно выразить с помощью уравнений. Эти уравнения определяют зависимость максимального усилия, связанного с насосом, ходом поршня и клапана, от частоты (Рис. 3). Максимальное усилие, развиваемое вибратором, ограничивается гидравлическим пиковым усилием (62050 фунтов для вибратора Nomad-65). Отбор мощности (Drive) – это доля максимального

Vibrator specifications (N-65)

NOMAD 65 ACTUATOR	
RM Weight	4,082 kg; 9,000 lb
Piston Area	133.4 cm ² ; 20.67 in ²
Differential pressure	200 bar; 2,857 psi
Peak Force Output	276 kN; 62,000 lbf
Usable Stroke	7.62 cm; 3.0 in.
Rated Frequency	1-250 Hz (*)
Balance	Airbag (2)
LVDI	Schaeffler 2000 HR

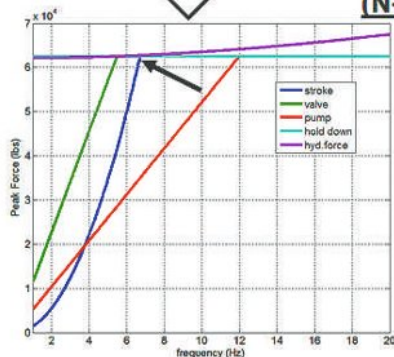
Field testing
VE464
output warning

CheckSweep**VE464
non-linear sweep****Physical equations**

$$\text{MaxForceStroke} = [2 \pi F(\text{Hz})]^2 \times \text{MassMass} \times \text{Stroke} / 2$$

$$\text{MaxForcePump} = \pi^2 \times \text{MassMass} \times \text{MaxPumpFlow} \times F(\text{Hz}) / \text{Spist}$$

$$\text{MaxForceValve} = 2 \pi \times \text{MassMass} \times \text{MaxValveFlow} \times F(\text{Hz}) / \text{Spist}$$

**Vibrator drive limitations
(N-65)**

$$\text{Signal} = k \times \text{Drive} \times \sqrt{\text{Time}}$$

e.g. Drive/2 $\Rightarrow$ Time x4
Drive/4 $\Rightarrow$ Time x16
Drive/10 $\Rightarrow$ Time x100

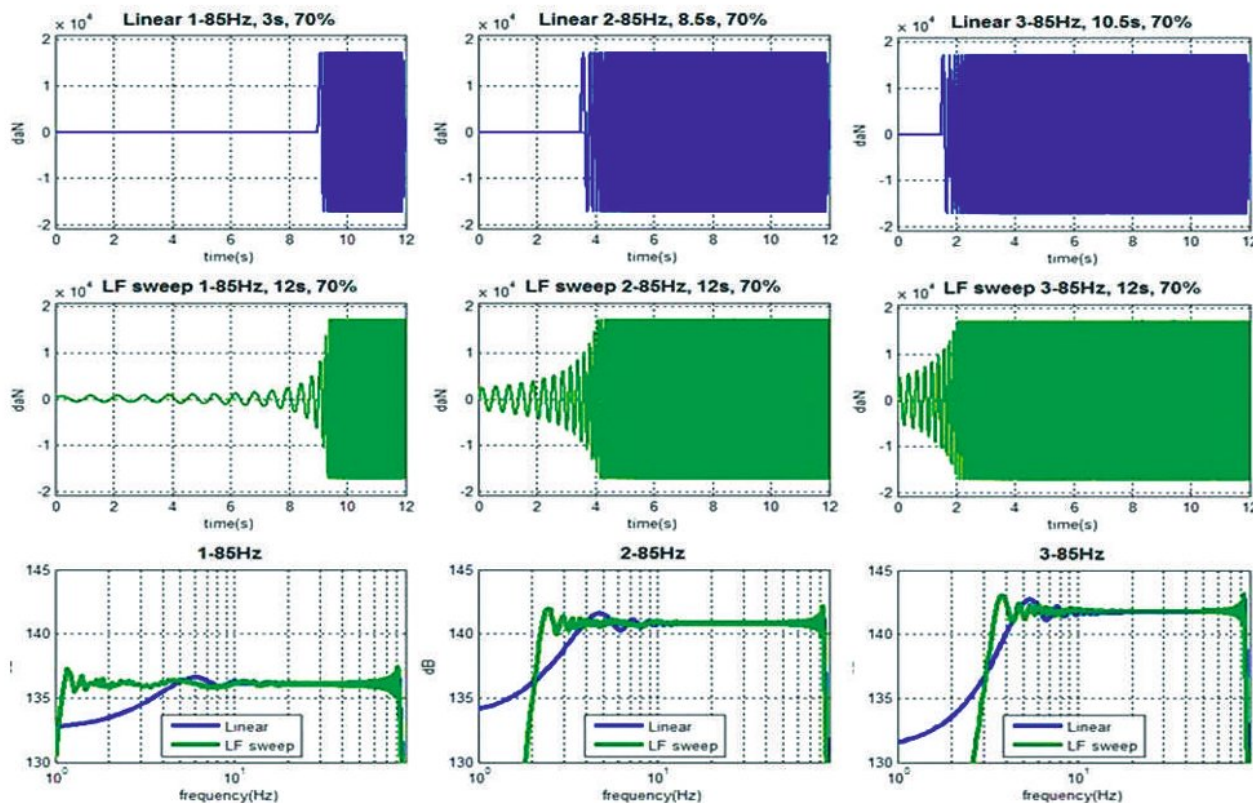
Time (s)	Amplitude (%)
0	8
4	18
6	25
7	40
8	80
10	100
16	100

▲ Рис.3. Методология, используемая для проверки совместности того или иного низкочастотного свипа с характеристиками вибратора. Если параметры проверяемого нелинейного свип-сигнала, введённые в программу «CheckSweep», соответствуют возможностям данного вибратора, то этот свип нужно опробовать в поле на каждом вибраторе, оснащённом электроникой VE464.

усилия, развиваемого вибратором, при которой он сможет работать при допустимом уровне искажений. Отбор мощности выбирают в зависимости от характеристик грунта и частоты.

Для эффективного излучения низких частот пилотный сигнал должен удовлетворять всем этим ограничениям, иначе электроника вибраторов выдаст предупреждение о перегрузке и снизит усилие. Поток от насоса кажется наиболее жёстким ограничением, но это не так при наличии гидроаккумуляторов (чёрная стрелка на рис.3). Насос поддерживает средний поток, в то время как гидроаккумуляторы поддерживают необходимый мгновенный поток. Действительное ограничение связано с механикой: это ход реактивной массы (синяя кривая на рис.3). Пересечение этой кривой с пред-

ельным пиковым усилием определяет минимальную частоту, начиная с которой вибратор работает на полную мощность. Для вибратора Nomad-65 это чуть ниже 7 Гц. Описываемая диаграмма показывает, что чем ниже мощность вибратора, тем меньше начальная частота, при которой вибратор работает без перегрузки. Таким образом, на небольшой мощности возбуждение свип-сигнала можно начинать с 1 Гц. Снижение мощности вибратора и, соответственно, толкающего усилия можно компенсировать увеличением длительности свип-сигнала для достижения плоской амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Однако, развёртка свип-сигнала в этом случае должна быть нелинейной: амплитуда (точнее, отношение амплитуды сигнала к случайным помехам) пропорциональна уровню



▲ Рис. 4. Примеры низкочастотных свипов (зелёный цвет) с начальной частотой 1, 2 и 3 Гц и конечной частотой 85 Гц. Если свипы имеют фиксированную длительность, равную 12 с, то период работы вибратора на полную мощность (от 7 до 85 Гц) значительно изменяется. Показано сравнение с линейными свипами (синий цвет), имеющими такую же начальную частоту, что и нелинейные свипы. Амплитудно-частотные спектры линейных свипов отражают недостаток самых низких частот.

мощности вибратора, но она также пропорциональна квадрату времени, затраченного на возбуждение каждой частоты (что связано с тем, что чем длительнее свип, тем больше энергия случайных помех). Таким образом, при снижении мощности вибратора в два раза требуется в четыре раза увеличить длительность возбуждения сигнала на данной частоте, а при снижении мощности в четыре раза – увеличить длительность возбуждения сигнала на данной частоте в 16 раз... Такие свипы с нелинейной огибающей, в которых развёртка замедляется с понижением частоты, называются «low dwell sweeps».

Как мы видим на Рис.4, длительность конусной части огибающей свип-сигнала будет расти с уменьшением начальной

частоты (например, для показанных зелёным цветом низкочастотных свипов с 1, 2 и 3 Гц). Это отрицательно сказывается на производительности полевых работ. Используя тяжёлый вибратор, такой как Nomad-65 с большим ходом поршня, гидроаккумуляторами на виброизлучателе, эффективными насосами и клапанами, длительность свип-сигнала можно значительно сократить – при условии, что мы спроектируем огибающую свип-сигнала как можно ближе к его предельным возможностям. Такое задание огибающей свип-сигнала описано в нескольких публикациях (J.J. Sallas, 2010; J. Weiland T. F. Phillips, 2013). Оно также защищено патентами: например, «MD-sweep» компании Шлюмберже (C.Bagaini, 2008); «EmphaSeis» компании

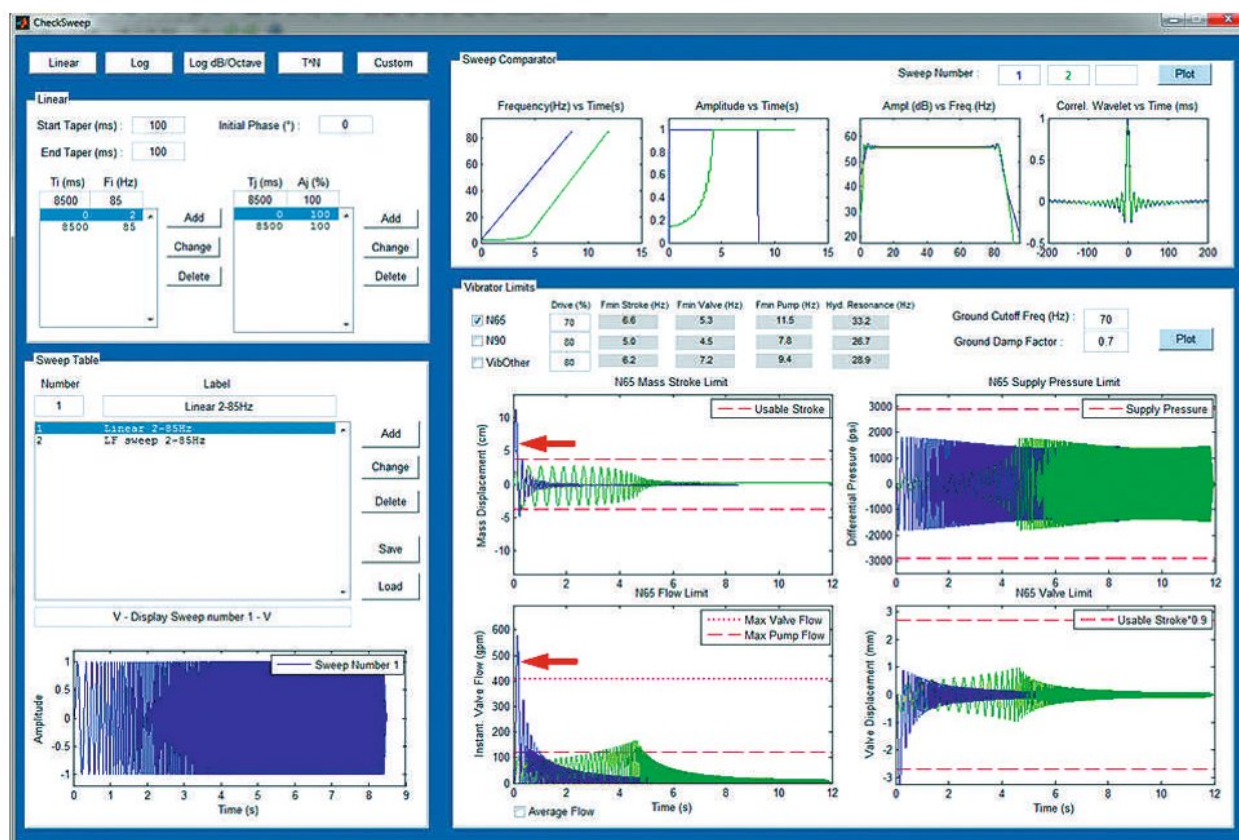
СЖЖ (G. Beatenetal., 2010). Таким образом, то, что предлагает наша компания, это не средство для задания низкочастотных свипов, а программное обеспечение, доступное для всех пользователей электроники VE464 и предназначенное для проверки того или иного пилотного сигнала на соответствие возможностям любых эксплуатируемых вибраторов, спецификации которых известны.

Проверка низкочастотного пилотного свип-сигнала с помощью программы «CheckSweep»

Программа «CheckSweep» работает под управлением ОС «Windows» в одно-

оконном режиме. Она применяется для выбора свип-сигнала (длительность начального и конечного конусов, начальная фаза, формирование таблиц зависимости амплитуды от времени и зависимости частоты от времени – см. Рис.5) или для загрузки пользовательского свип-сигнала, так же как в случае электроники VE464. В этой программе можно сравнить несколько свип-сигналов в различных координатах: частота от времени, амплитуда от времени, амплитуда от частоты (спектр), а также коррелированный импульс от времени. Характеристики вибратора импортируются из текстового файла. После задания параметров,

▼ Рис. 5. Графический интерфейс пользователя программы «CheckSweep» под управлением OS Windows. В левой части рисунка показано, как можно создать или импортировать свип – так же, как с помощью электроники VE464. Выбранный свип визуализируется. В верхней правой части показано, что можно сравнить до 3 свипов в различных координатах. Ниже показано, что можно выбрать различные вибраторы, а также задать характеристики грунта. Красные стрелки показывают, что линейный свип (2-85 Гц, 8,5 с – синий цвет) не соответствует возможному ходу поршня и потоку, в отличие от нелинейного свипа (2-85 Гц, 12 с – зелёный цвет).



относящихся к грунту (определяемых по кросс-плоту ускорений AC_r и AC_m), рассчитывается минимальная частота для таких ограничивающих параметров как ход поршня, серво-клапан и насос, и их можно сравнивать для разных вибраторов и различных значений отбора мощности. Когда вибратор и отбор мощности выбраны, можно сравнить различные свипы (три свипа одновременно тремя различными оттенками) и на различных временах (и, соответственно, частотах): ход реактивной массы (всм) сравнивается с возможным ходом; ход поршня главного клапана (мм) сравнивается с 0,9 возможного хода; мгновенный поток в серво-клапане (в галлонах в минуту - gpm) сравнивается с максимальным потоком в насосе и максимальным потоком в клапане; разностное давление (в фунтах на кв.дюйм - psi) между напорной и возвратной линией сравнивается с предельным значением для данного вибратора (Рис. 5).

Выбранный свип-сигнал должен быть очень близким к предельным возможностям вибратора, чтобы не тратить слишком много времени на нелинейную часть свип-сигнала. Следовательно, необходимы опытные полевые работы для всех вибраторов, характеристики которых обычно различаются (в зависимости от качества обслуживания, старения...). Если в механической или гидравлической системе вибратора наблюдается перегрузка, то электроника VE464 выдаст конкретное предупреждение. Именно поэтому электроника вибраторов особенно важна на низких частотах для контроля толкающего усилия, поскольку оно создается в условиях, близких к предельным возможностям вибратора, после которых искажения становятся значительными.

Контроль толкающего усилия на низких частотах с использованием VE464

Как и любая другая электроника вибраторов, VE464 состоит из двух частей, связь между которыми осуществляется по радио. Цифровой генератор пилотных сигналов (DPG) – это блок, соединённый с регистрирующей системой (428XL или аналог). Он позволяет задать любой тип цифрового пилотного сигнала (линейный, логарифмический, смешанный, импульсный...). Можно также импортировать пользовательский свип-сигнал, сформированный в том или ином программном обеспечении (Excel, MATLAB), что довольно часто имеет место для нелинейных свипов. Что касается низких частот, нужно упомянуть случайный свип (random), автоматически генерируемый электроникой VE464, в котором частоты изменяются случайным образом. Если распределить низкие частоты по всей длине свипа, можно избежать превышения возможностей и снизить возможные повреждения сооружений в населённых пунктах.

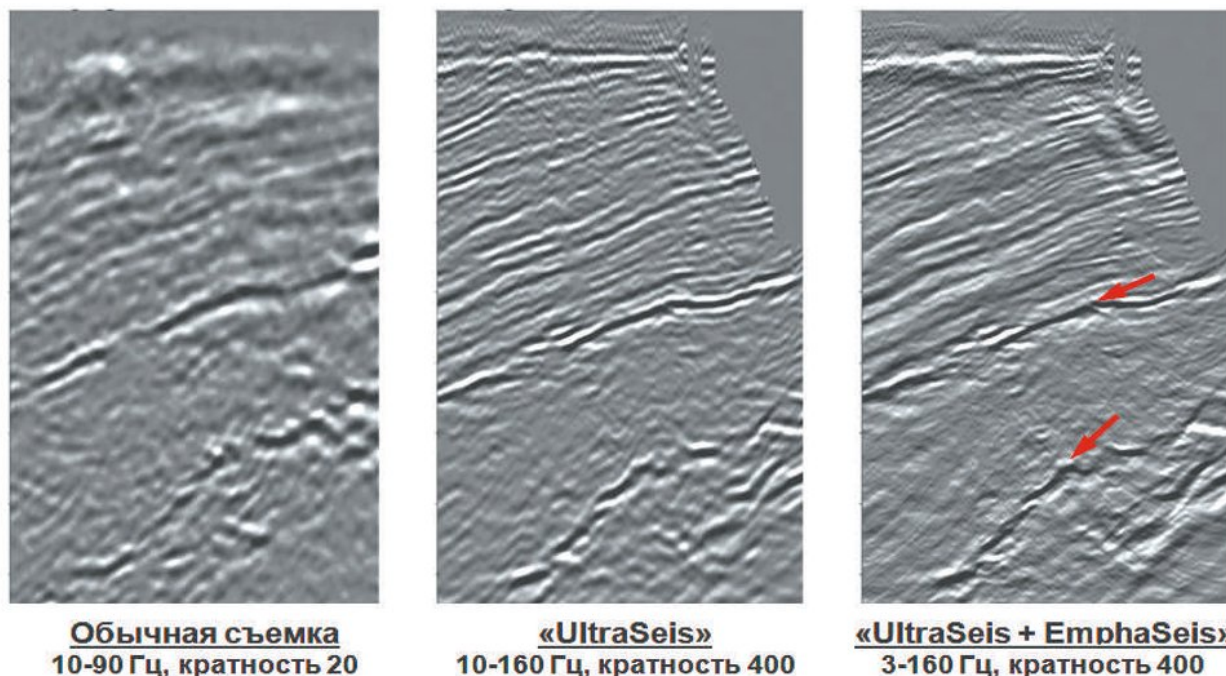
На каждом вибраторе также устанавливается цифровой серво-привод (DSD), который в реальном времени сравнивает толкающее усилие с «пилотом». Классическая цепь обратной связи, которая контролирует и корректирует фазу только тогда, когда значения толкающего усилия проходят через ноль, становится неэффективной на низких частотах. Благодаря полностью цифровому управлению, основанному на численной модели вибратора (D.Boucard & G. Ollivrin, 2010), серво-контроль электроники VE464 подаёт управляющие команды на виброизлучатель каждые 0,25мс, чтобы поддерживать толкающее усилие как можно ближе к «пилоту». Такой подход снижает уровень гармонических искажений. Это особенно важно для частот ниже 3-4Гц,

при которых все нелинейные эффекты и связанные с ними искажения резко возрастают. Однако, поскольку из-за нелинейной огибающей увеличивается длительность свип-сигнала, виброкорреляция позволяет исключить эти искажения на больших отрицательных временах. Таким образом, мы можем утверждать, что в той методологии, которую мы предлагаем для возбуждения свип-сигналов с упором на низкие частоты, искажения не должны быть проблемой: чем ниже частота, тем выше искажения, но увеличивается и отрицательное время, на котором искажения будут исключены после корреляции.

Практический пример из Южной Африки

Возможности вибратора Nomad-65 по возбуждению очень низких частот при

использовании специальных свипов (EmphaSeis) проиллюстрированы недавними вибросейсмическими работами 3D с высокой плотностью наблюдений (1.92 млн. трасс на кв.км) на золотом руднике в Южной Африке в 2012 году (M. Denis et al., 2013). Эту съёмку сравнили с предыдущими работами 3D (32000 трасс на кв.км), выполненными в 1996 году с использованием стандартного линейного свипа 10-90 Гц. На мигрированных разрезах (Рис. 6) преимущества высокой плотности наблюдений (сеть пунктов возбуждения 50 x 50 м) выразились в превосходном качестве изображений среды во всём диапазоне от мелких до глубоких целевых границ (до глубины 4 км). Благодаря широкополосному свипу (3-160 Гц), возбуждаемому тремя вибраторами Nomad-65, был получен компактный сейсмический импульс. Вклад низких



▲ Рис. 6. Сравнение вертикальных сечений: изобычного массива 3D (10-90 Гц, 32000 трасс/км²) и массивов 3D с высокой плотностью (1,92 млн. трасс/км²), полученных с широкополосными источниками (3 вибратора Nomad-65, свип: 3-160 Гц EmphaSeis). Разрезы справа обладают значительными преимуществами по качеству изображения и вертикальной разрешённости благодаря высокой плотности наблюдений и широкополосному сигналу. Средний разрез подвергнут фильтрации, чтобы продемонстрировать вклад частот ниже 10 Гц, которые на разрезе справа обеспечивают более компактный импульс и показывают текстуру (красные стрелки).

частот можно оценить, сравнив разрезы с полосовой фильтрацией 10-160 Гц и 3-160 Гц: динамическая выразительность улучшилась, сейсмогеологические комплексы и их текстура выделяются более отчётливо. Отражения от кровли и подошвы монотонного комплекса, отмеченного красными стрелками на Рис.6, характеризуются отсутствием многофазия, что иллюстрирует потенциал повышения вертикальной разрешённости за счёт низких частот. В целом, сейсмический разрез с широким диапазоном частот позволяет выполнить детальную сеймостратиграфическую интерпретацию.

Низкие частоты не только улучшают вертикальную разрешённость. Они менее чувствительны к поглощению и дифракции и повышают глубинность исследований. Они содержат информацию, раскрываемую при сейсмической инверсии, о длиннопериодных изменениях в исследуемых слоях и позволяют получить абсолютные оценки их акустических свойств, которые не требуют привязки к скважинным данным. Например, очень низкие частоты позволили получить точную скоростную модель изучаемой среды, подтверждённую полноволновой инверсией (G.Beate-netal., 2013). Низкие частоты также более чувствительны к изменениям пластового флюида в порах породы, что делает их полезными для площадного сейсмического мониторинга.

В течение длительного времени возбуждение очень низких частот не применялось в нашей отрасли – в основном, по причине того, что прежние вибраторы не могли излучать и контролировать такие частоты. Многие специалисты также боялись повышения амплитуд поверхностных волн, которые трудно подавить на этапе обработки, особенно если они записаны с аляйсингом. Кроме

того, обрабатывающие комплексы не были приспособлены для обработки низкочастотных данных. Ситуация изменилась в последние годы и теперь многие нефтяные компании, особенно на Ближнем Востоке, требуют расширить сигнал в сторону низких частот (S.Mahrooqietal., 2012). Однако, регистрация очень низкочастотных данных (вплоть до 1-2 Гц) всё ещё проблематична по различным причинам, включая использование 10-Герцовых сейсмоприёмников, амплитудно-частотные характеристики которых имеют спад с крутизной 12 дБ на октаву ниже их собственной (резонансной) частоты. Чтобы преодолеть эти ограничения, тяжёлые вибраторы предлагается использовать в сочетании с цифровыми акселерометрами (например, DSU) или низкочастотными геофонами (например, SG-5).

Благодарности

Авторы выражают благодарность Анатолию Череповскому и Рамилю Закирову за перевод данной статьи на русский язык и её редакцию. Мы также благодарим компанию «AngloGold Ashanti» и особенно Вогана Чемберлена и Мишеля Дени за разрешение использовать их материалы.

Литература

- Bagaini, C., 2008. Low-frequency vibroseis data with maximum displacement sweeps. The Leading Edge, 27, p.582-591.
- Baeten, G., A. Egreteau, J. Gibson, F. Lin, P. Maxwell, and J. J. Sallas, 2010. Low-frequency generation using seismic vibrators. 72nd Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Extended abstracts.
- Baeten, G., F. ten Kroode, S. Rawahi, and S. Mahrooqi, 2013. Onshore Low Frequency Acquisition for Full Waveform Inversion - from Field Trials to State of the Art Production Surveys. 75th Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Workshop paper I07.

Boucard, D. and Ollivrin, G., 2010. Development in vibrator control. *Geophysical Prospecting*, 58, p.33-40.

Denis M., Brem V., and Pradalie F., 2013. Is Broadband Land Seismic as Good as Marine Broadband? 75th Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Workshop paper I08.

Mahrooqi, S., S. Rawahi, S. Yarubi, A. Yahyai, K. Hunt, F. Clow, and I. Vincent, 2012. Cracking very LF land seismic acquisition - A step change. 74th Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Extended abstracts.

Sallas, J. J., 1984. Seismic vibrator control and the downgoing P-wave. *Geophysics*, 49, p.732-740.

Sallas, J. J., 2010. How do hydraulic vibrators work? A look inside the black box. *Geophysical Prospecting*, 58, p.3-18.

Wei, Z., and Phillips, T. F., 2013. On the generation of low frequencies with modern seismic vibrators, *Geophysics*, 78, 2, p. 91-97.

Подробнее об авторах



Даниэль Букар

Вице-президент по разработке оборудования для наземной сейсморазведки



Жиль Оливри

Инженер НИОКР, подразделение по разработке оборудования для наземной сейсморазведки



Дени Мужено

Главный геофизик

К итогам III-го международного научно-практического семинара «Современные тенденции сейсморазведки»

С 16 по 18 июля 2013 г. в г. Речица (республика Беларусь) состоялся III-й международный научно-практический семинар «Современные тенденции сейсморазведки». Организаторами семинара выступили - Управление сейсморазведочных работ объединения «Беларусьнефть» и российская компания ООО «Фирма «Геосейс».

В работе семинара приняли участие ученые и специалисты-практики из России, Франции, Украины, Беларуси, Венесуэлы и Эквадора. На семинаре было представлено 25 докладов, касающихся актуальных проблем, связанных с поиском нефтяных и газовых месторождений. В ходе обсуждения докладов, дискуссий, неформального общения участники семинара смогли обменяться мнениями о перспективных направлениях развития сейсморазведочных технологий, поделиться опытом, полученным при проведении работ в различных сейсмогеологических условиях Беларуси, Украины, России и ряда стран Латинской Америки.

Высокую оценку перспективам сотрудничества с сейсморазведчиками «Белоруснефть» по проведению сейсморазведочных работ на нефть и газ на территориях своих стран дали специалисты Венесуэлы и Эквадора. И это не удивительно, учитывая тот значительный опыт, который белорусские сейсморазведчики приобрели в ходе проведения сейсморазведочных работ на территории России, Беларуси, Украины, Армении, Северной Кореи, Ирака, Индии, Сирии и ряда других стран.

Традиционно значительный интерес у участников семинара вызвал доклад о приоритетных направлениях деятельности одного из организаторов семинара – российской компании ООО «Фирма «Геосейс». Как отметил генеральный директор компании С.В.Гурьев, компания владеет необходимым персоналом и полным спектром геофизического оборудования от ведущих мировых производителей для комплектования сейсморазведочных партий. Данное оборудование включает как стандартное наземное телеметрическое сейсморегирующее оборудование, так и комплексы, предназначенные для проведения работ по технологии многоволновой сейсморазведки. Одним из важных направлений деятельности компании является производство и сервисное обслуживание импульсных электромагнитных источников «Геотон».

Третий международный научно-практический семинар в Речице завершил свою работу. Разъехались участники семинара. Но тот бесценный опыт, который они приобрели в процессе работы семинара, при обсуждении докладов, в ходе открытых дискуссий и неформального общения, несомненно, поможет им в решении проблем, возникающих в процессе проведения сейсморазведочных работ, будет способствовать расширению и укреплению связей между геофизиками стран-участниц семинара