

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

АПРЕЛЬ-ИЮНЬ

02/2007

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ТЕМА НОМЕРА:

МИФЫ и ПАРАДОКСЫ

ВИБРО- СЕЙСМОРАЗВЕДКИ



ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Параметрический анализ характеристик сейсмических датчиков
Проблемы высшей школы

ВИКОНТ

СвипМастер

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
СЕЙСМИЧЕСКИМ
ВИБРАТОРОМ



ХАРАКТЕРИСТИКИ:

РАБОТА С ВИБРАТОРАМИ
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

ФАЗОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ПО УСИЛИЮ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРУНТ, ПИКАМ, ИЛИ
ПИКАМ ПЛЮС УСИЛИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ

ГЕНЕРИРОВАНИЕ СВИП-СИГНАЛОВ
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ
ХАРАКТЕРИСТИКАМ ГРУНТА

ВСТРОЕННАЯ ИЛИ ВНЕШНЯЯ
СИСТЕМА GPS/GLONASS

КОНТРОЛЬ ВИБРАТОРОВ
В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

Макс. количество управляемых вибраторов	16
Точность настройки кварцевого генератора, ppm	0,1
Частотный диапазон, Гц	1-450
Точность запуска, мкс	±25
Макс. ток ЭМП, mA	100
Потребляемая мощность, Вт	32
Напряжение питания, В пост. тока	9-36
Рабочая температура, °C	-40... +45
Длительность свип-сигнала, шаг 1 с, с	1-99
Размеры, без амортизаторов, мм	290 x 70 x 322
Конус, шаг 0,01 с, с	0-9,99
Масса, кг	7,5
Макс. количество библиотечных свипов	16
Дифференцированный режим GPS	Одна или две радиостанции



"ГЕОСВИП": Россия, 107140, Москва, ул. Н. Красносельская. 4
Тел./Факс: (499) 264-6787 E-mail: info@geosvip.ru

■ Колонка редактора

Впереди много событий...!
Турлов П.А.

04

● Тема номера: Мифы и парадоксы вибросейсморазведки

■ Тематический обзор

Настоящее и будущее вибрационной сейсморазведки
М.Б. Шнеерсон, А.П. Жуков

10

■ Геофизические технологии

Мифы и парадоксы вибрационной сейсморазведки
В.И. Юшин

05

Вибрационная сейсморазведка без мифов и парадоксов
М.Б. Шнеерсон

09

К феноменологической базе разработки новых технологий вибросейсморазведки

С.И. Михеев, И.И. Хараз, В.А. Михайлов, В.П. Лепешкин, А.С. Михеев

14

Использование данных вибросейсморазведки для прогноза емкостных свойств терригенных и карбонатных коллекторов в пределах восточного склона Приволжского мегавала.

Л.В. Ячменева, В.А. Саввин, О.И. Шкуратов, С.Г. Адоняева

33

Некоторые аспекты практического применения вибрационных источников в условиях северных широт.

С.А. Онищенко, П.В. Цыганенко

33

■ Приборы и системы

Источник сейсмических сигналов СВ-30/150Б

Н.П. Алелюхин, Е.Х. Насыбулин, Ф.И. Оменцов, О.А. Асан-Джалалов, П.А. Гридин

18

Сейсмические вибраторы производства ОАО «СКБИМ»

А.С. Кастанов

21

■ Метрология

Seismic Source Tester – инструмент супервайзера

Ю.Ш. Закариев, А.К. Казаков, В.В. Циммерман

46

■ Обмен опытом

Вибрационные источники на просторах Якутии

О.А. Гребеник, П.Ю. Бузмаков

23

Опыт использования вибрационных источников KZ – 23 на территории Саратовской области

В.А. Селезнев, В.В. Матвеев, В.В. Циммерман

26

Опыт применения вибрационных источников в ОАО «Сибнефтегеофизика».

А.П. Дроздов, В.Н. Беспечный, А.И. Иванов

30

■ Приборы и системы

Параметрический анализ характеристик датчика и их влияния на формирование сейсмического изображения

Д.Ю. Дж. Крисс, К.А.М. Фейбер

41

■ Образование

Не так сидим!
(о некоторых проблемах высшего образования в сфере наук о Земле).

М.И. Рыскин

50



СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор
Турлов П.А.

Выпускающий редактор
Пимштейн И.Г.

Менеджер проекта
Мокроусова Е.И.

Верстка
Тарасов В.Н.

Обложка, оформление
Мокроусов Д.В.

Адрес редакции:
Россия, 410019, г. Саратов,
ул. Крайняя, 129

E-mail: turlov@san.ru

Тел. (845-2) 64-14-32
Факс: (845-2) 64-14-52

Тираж отпечатан
в типографии ООО "Формат"
тел.: (845-2) 238-664
Тираж: 500 экз.
Подписано в печать 20.07.07
Дата выпуска 27.07.07
Зак. № 575

Издание зарегистрировано
в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций за номером
ПИ №77-7906 от 27 апреля 2001 г.

От редколлегии
Ответственность за подбор и
изложение фактов в статьях
несут авторы. Редколлегия может
публиковать статьи, не разделяя
точки зрения авторов.



Впереди много событий...!

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

Последовательно информирую читателей о следующем:

- С 4 по 6 сентября, как всегда, будет проходить десятая юбилейная «Встреча на Волге» - научно-техническая конференция «Геотех 2007». Устроители конференции: Саратовское отделение ЕАГО, ОАО «Саратовнефтегеофизика», ОАО «СКБ Сейсмического приборостроения», — радужно примут постоянных и новых участников конференции

- Доклады и сообщения лучше посылать в редакцию журнала «Приборы и системы разведочной геофизики», которая планирует выпустить очередной сентябрьский, 21-й номер журнала к началу работы конференции. Темой номера будут «ГЕОРЕГИСТРАТОРЫ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ». Ждем материалы от авторов, имеющих сказать что-то новое!

- В рамках конференции будет действовать выставка аппаратных и программных средств сбора и регистрации геофизических данных. На этой выставке ОАО «СКБ СП», которому исполняется 45 лет, широко представляет свои новые разработки. Обращаю внимание читателей — получено согласие от ряда авторов на освещение в этом тематическом номере состояния отечественного рынка не только наземных аппаратных средств, но и аппаратуры ГИС

- 21-й выпуск журнала «Приборы и системы разведочной геофизики» будет так же юбилейным! Он откроет вторую пятилетку существования журнала! Дорогие читатели, нам очень важно знать ваше мнение о содержании журнала, его оформлении, обеспеченности читателей существующим тиражом. Конечно, я получаю устные, как правило, телефонные отзывы о том или ином материале, о том или ином номере, однако хотелось бы иметь и «твердую копию»!

- Для того чтобы планка обратной связи редакции с читателем поднялась на новую высоту мы планируем запустить интернет-сайт журнала «Приборы и системы разведочной геофизики», в котором намечаются такие рубрики:

- ФОРУМ (где читатели могут свободно высказаться о материалах);

- АРХИВ (с каталогом всех статей и рекламных материалов всех выпусков журнала и с возможностью заказа за символическую плату их электронных копий);

- ПОДПИСКА (которая позволит резко упростить процедуру оформления подписки на журнал);

- АНОНС (с анонсами материалов следующих номеров журнала);

- ХРОНИКА (с разнообразной «горячей» информацией);

- ДЕПО (для размещения депонированных статей);

- НАШИ АВТОРЫ (с фотографиями и научными интересами авторов материалов, опубликованных в выпусках журнала).

Рассчитывая на интерес геофизической общественности к создаваемому сайту, могу сказать только одно: СЛЕДИТЕ ЗА РЕКЛАМОЙ!

Ну а теперь обратимся, наконец, к этому номеру, дискуссионная манера изложения ряда материалов которого, может быть заставит Вас, дорогой читатель, увидеть что-то новое в видении проблем, по-новому отнестись к известным истинам и, в общем, улучшить результативность и комфортность своей профессиональной творческой деятельности.

Всегда Ваш
главный редактор

П.А.Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



Армавирское Специальное
конструкторское бюро
испытательных машин



Сиб Геофиз Прибор

Мифы и парадоксы вибрационной сейсморазведки

В.И. Юшин, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. академика А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

Поводом к написанию этих заметок послужило письмо, полученное мною от известного специалиста по конструированию сейсмических вибраторов В.В.Циммермана:

"Почему два вибратора излучают волну с амплитудой в два раза больше, чем один? Парадокс видится в том, что при увеличении мощности излучения на поверхности в 2 раза, мощность излучаемой волны увеличивается в 4 раза. Вопрос висит с 80-х годов. В известных мне теориях поверхностного излучения ответа не нашел".

На другой парадоксальный факт обратил внимание профессор Г.А.Шехтман. Известно, что при импульсном возбуждении поперечных волн успешно используется способ вычитания двух разнонаправленных боковых ударов. Почему при вибрационном возбуждении с помощью горизонтального вибратора этот способ не работает?

У меня тоже накопилось несколько фактов, которые на первый взгляд противоречат общепринятым представлениям. Некоторые из них почерпнуты из известных публикаций. Другие часто звучат в устных дискуссиях об особенностях вибросейсмического метода.

1. Нарушение "амплитудно-энергетического принципа" (АЭП) при группировании вибраторов

Физически очевидно, что энергия, затрачиваемая на генерацию колебаний, пропорциональна числу работающих вибраторов. Если вибраторы работают синхронно, то амплитуда вибросигнала в дальней зоне (во всяком случае, в падающей волне) также пропорциональна их числу. Это бесспорный многократно проверенный факт. Но также физически очевидно, что мощность принятого вибросигнала пропорциональна квадрату его амплитуды. Однако амплитуда сигнала и его мощность должны быть связаны квадратичной зависимостью, причем как на поверхности, так и в дальней зоне. То есть, либо мощность на поверхности при группировании должна возрастать квадратично, либо амплитуда в дальней зоне должна возрастать как корень из числа вибраторов. Назовем этот закон "амплитудно-энергетическим принципом" (АЭП). В простейшем случае двух вибраторов АЭП формулируется как "удвоение амплитуды равнозначно учетверению мощности". Парадокс состоит в том, что на поверхности, то есть применительно к источникам колебаний, АЭП не справедлив: здесь мощность пропорциональна числу источников.

Ответ подсказывает простейший эксперимент, доступный любому оператору вибратора. Включите только один из вибраторов в группу, измерьте амплитуду пассивных колебаний платформы соседнего неработающего вибратора и сравните ее с амплитудой колебаний платформы активного вибратора. Вы получите отношение не более 10%, а, скорее всего, значительно меньше. Но ведь амплитудно-энергетический принцип справедлив только в случае полного (сто процентного) механического взаимодействия виброплатформ через грунт. Подчеркнем последние слова: именно через грунт. Другими словами, для выполнения АЭП на поверхности все источники в группе должны синхронно работать на одно и то же общее для них сопротивление грунта (сопротивление излучения), что в большинстве

случаев физически невозможно. Даже чисто конструктивное механическое соединение излучающих платформ не приведет к выполнению АЭП, поскольку площадь контакта с грунтом, а, значит, и сопротивление излучения также увеличится. Добиться выполнения АЭП применительно к вибратору можно, если водрузить на одну и ту же жесткую излучающую плиту дополнительные возбудители. В этом случае площадь контакта с грунтом не изменится, но этот вариант уже является не группированием, а усилением (умощением) возбудителя колебаний.

Мысленно можно представить еще и такой случай выполнения АЭП, это когда жесткость грунта значительно превышает жесткость платформы, например, грунт представляет собой скальный монолит, а платформы всех вибраторов к нему монолитно приморожены и, значит, колеблются как единое целое. Но в этом случае говорить о конструктивной площади платформы бессмысленно, поскольку роль общей платформы для всех вибраторов выполняет этот монолитный скальный массив. Тем самым, мы приходим к упомянутому варианту работы нескольких возбудителей на общей виброплатформе.

Впрочем, даже эти два последних чисто гипотетических случая выполнения АЭП при практической реализации, скорее всего, не приведут к ожидаемому эффекту, во всяком случае в приложении к гидравлическим вибраторам. Непреодолимым препятствием послужит их низкий гидромеханический КПД, на что указывает тот факт, что рабочая жидкость в системе требует, как известно, интенсивного охлаждения, то есть, отвода энергии. А ведь к АЭП имеет отношение только полезная составляющая энергии, которая полностью переходит в сейсмическую волну.

Можно наглядно пояснить вышерассмотренные случаи справедливости и несправедливости АЭП на электрических моделях. Отобразим преобразование колебаний одиночного вибратора U в сигнал сейсмоприемника u с помощью простого делителя напряжения (рис.1а), где $R \gg r$. Эта цепь физически моделирует тот факт, что источник "не чувствует" наличия или отсутствия приемника. Соотношение сигналов между источником и приемником отобразится по закону Ома как

$$u_1 \approx \frac{r}{R} U_1, \quad (1)$$

и, стало быть, мощность излучения будет равна

$$W_1 \approx \frac{U_1^2}{R}, \quad (2)$$

Группирование вибраторов на реальном грунте представим электрической цепью, изображенной на рис.1б, где каждый из источников группы фактически нагружен на свое собственное сопротивление нагрузки R , никак не связанное с другими источниками и их нагрузками. На сейсмоприемнике дальней зоны все эти сигналы просуммируются как в схеме сложения токов, в результате чего уровень принятого сигнала возрастет в n раз:

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

$$u_n \approx n u_1 = n \frac{r}{R} U_1 \quad (3)$$

его мощность, соответственно, возрастет в n^2 раз, а вот затраты мощности на излучение, как простая сумма энергетических затрат не связанных между собой источников, очевидно, возрастет только в n раз. Это и есть случай невыполнения АЭП, характерный для большинства практических ситуаций с группированием вибраторов.

Теперь посмотрим, как должна бы выглядеть электрическая схема, моделирующая гипотетическое группирование при условии соблюдения АЭП и на входе и на выходе. Она изображена на рис.1в и отвечает требованию работы всех источников на общее сопротивление нагрузки R , что возможно только при последовательном соединении генераторов электродвижущих сил. Легко видеть – выходной сигнал в этом случае будет также пропорционален числу источников (3), а мощность, затраченная на генерацию, пропорциональна квадрату их числа:

$$W_n \approx \frac{(nU_1)^2}{R} = n^2 W_1 \quad (4)$$

Таким нам представляется разрешение амплитудно-энергетического парадокса группирования вибраторов даже без учета особенностей строения верхней части разреза и различных нелинейных эффектов.

Однако! Казалось бы, энергетический парадокс благополучно разрешился, но что-то мешает успокоиться, поскольку имеются факты, не объяснимые вышеизложенной моделью. Автор несколько лет проводил эксперименты с мощными стационарными дебалансными вибраторами. Их конструктивное отличие от сейсморазведочных:

- использование в качестве реактивной массы, создающей вынуждающую силу, вращающихся дебалансов, приводимых в движение электродвигателями;

- большая по площади примерно в 5-10 и по массе – в 50-100 раз платформа, отчего их иногда называют "сверхтяжелыми";

- отсутствие дополнительной (прижимной) массы, роль которой в сейсморазведочных вибраторах обычно выполняет масса транспортно-го средства.

Эффективный частотный диапазон стационарных "сверхтяжелых" вибраторов составляет 5-12 Гц и, как видим, совпадает с низкочастотной стороной рабочего диапазона современных гидравлических сейсморазведочных вибраторов 20-30-тонного класса. Энергетическая установка сверхтяжелого вибратора составляет всего 200 кВт, а реально потребляемая во время работы мощность не превышает 60-70 кВт. Для сравнения, энергоустановка силовой гидросистемы только одного сейсморазведочного вибратора достигает 400 кВт (какая при этом мощность расходуется фактически, у нас нет данных). Между тем, "сверхтяжелый" вибратор в своем частотном диапазоне в несколько раз "дальнотнее" эквивалентной по суммарной силе группы сейсморазведочных. Так, прокоррелированные сейсмограммы высокого качества от вибратора ЦВ-100, содержащие волны от подошвы коры и верхов мантии, регистрируются на удаленных до 350 км при суммарной длительности свип-сигнала не более 1 часа, а его колебания на фиксированных частотах выделяются на непрерывной 10-минутной записи с помощью Фурье-анализа на удаления до 1000 км. В то же время, нам известны лишь неудачные попытки применения групп

гидравлических вибраторов для аналогичных экспериментов.

В результате, возникает вопрос:

2. Почему стационарный 40-100-тонный вибратор значительно превосходит по глубинности и дальности, группу сейсморазведочных вибраторов, эквивалентную по суммарной силе?

У нас нет однозначного ответа. Есть только несколько предполагаемых причин, важнейшая из которых заключается в следующем. Рабочий частотный диапазон сверхтяжелых вибраторов составляет 5 – 12 Гц. При этом большая масса платформы обеспечивает весьма низкочастотный (6-7 Гц) резонанс с грунтом (это экспериментальный факт), тогда как у сейсморазведочных вибраторов грунтово-платформенный резонанс лежит в области средних частот 20-25 Гц. Поэтому фактическая мощность генерации сейсмических колебаний в низкочастотной области у сверхтяжелого вибратора на порядки выше, чем у сейсморазведочного на этих же частотах. Диапазон же средних частот, где излучение сейсморазведочных источников наиболее интенсивно, столь же интенсивно поглощается в среде и на большие дальности и глубины не проходит, затухая до уровня невозможности оптимального приема сигналов.

3. Генерирование поперечных волн

Как известно, методика импульсного возбуждения поперечных волн основана на использовании двух противоположных по знаку горизонтальных воздействий, разностная сейсмограмма от которых дает сравнительно чистые записи поперечных волн. Это происходит потому, что при смене знака горизонтального удара сдвиговые колебания меняют знак на обратный, тогда как колебания сжатия-разрежения сохраняют тот же самый знак воздействия.

Казалось бы, при вибрационном возбуждении горизонтальных колебаний следует поступать аналогично. Но это не так.

Как и горизонтальный удар по внедренной в грунт платформе или стенке траншеи, горизонтальный вибратор генерирует сложные колебания, содержащие как вертикальные, так и горизонтальные компоненты. Если проанализировать спектральный состав виброграммы поперечных волн горизонтального вибратора, а еще лучше, прокоррелировать ее на удвоенной частоте свип-сигнала, то выяснится значительный вклад колебаний удвоенной частоты, причем в большей степени на вертикальных приборах.

Условимся опорным сигналом называть сигнал, идущий на корреляцию, а управляющим

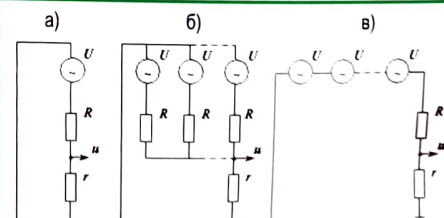


Рис.1. Эквивалентные электрические схемы, моделирующие энергетические соотношения между источниками и приемником вибросигнала при группировании.

- Одиночный вибратор.
- Группирование с нарушением амплитудно-энергетического принципа.
- Группирование с выполнением амплитудно-энергетического принципа.



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

– поступающий на управление колебаниями вибратора. Обычно эти сигналы можно считать тождественными. Прокоррелированная сейсмограмма представляет собой ФВК виброграммы и опорного сигнала. Казалось бы, чтобы «сменить» знак вибрационного воздействия можно инвертировать сигнал, управляющий вибростанком, а опорный сигнал коррелиатора, генерируемый свип-генератором, оставить прежним.

На наш взгляд, физически очевидно, что вся виброграмма при этом просто инвертируется, независимо от того, какова природа присутствующих в ней волн. Такого же точно эффекта можно достичь простым инвертированием опорного сигнала при корреляции, не меняя управляющий сигнал вибратора. Таким образом, оба эти способа «инверсии» просто инвертируют уже имеющуюся коррелограмму первого воздействия, не давая никакой новой информации, кроме некоррелированного шума, при повторном воздействии.

Такая аппаратная инверсия не равноценна разнополярным боковым ударам. Хотя, как сказано, это и очевидно, попробуем пояснить подробнее. Дело в том, что та компонента Р-волн, которые неизбежно возбуждаются при горизонтальном воздействии (как при импульсном, так и при вибрационном), при вибрационном воздействии возникает дважды за каждый период колебания вибратора и, следовательно, всегда имеет удвоенную частоту по сравнению с текущей рабочей частотой свип-сигнала. Можно сказать, один период колебаний вибратора уже эквивалентен двум противоположно направленным ударам импульсного источника, каждый из которых генерирует Р-компоненту той же фазы сжатия. Эта Р-компонента с удвоенной частотой затем полностью подавляется в процессе корреляции. Другими словами, то, что при импульсном воздействии выполняет процедура вычитания, при вибрационном делает процедура корреляции. Никакая дополнительная аппаратная инверсия вибровоздействия, в том числе и чисто горизонтального, не позволит разрешить поперечные волны от продольных лучше, чем это делает корреляция. Исключением может быть только инверсия физическая, о чем подробнее скажем ниже.

Спрашивается, почему на вибрационных сейсмограммах поперечных волн все же заметен фон продольных? Дело в том, что кроме компоненты с двойной частотой, горизонтальный вибратор может возбуждать и компрессионные колебания с основной частотой. Такой горизонтальный вибратор мы будем условно называть «грязным». Его работа характеризуется тем, что при движении платформы в одну сторону он возбуждает большую амплитуду поперечных сжатия, чем при возвратном движении. Обычно это происходит, когда горизонтальный вибратор стоит с наклоном или на не выровненной площадке. Подобный случай упоминается в работе [2]. К аналогичному эффекту, по-видимому, может приводить и сложное строение ВЧР в непосредственной близости к месту установки вибратора (устное сообщение Г.А. Шехтмана). Третий случай – это дефект или особенность конструкции вибратора, при которой асимметрия воздействия рождается непосредственно на платформе: например, если двигатели дебалансного возбудителя плохо сфазированы. Работа «грязного» вибратора поперечных волн эквивалентна работе асимметричного импульсного источника, когда удар, скажем, вправо дает большую амплитуду продольной волны, чем противоположный.

Сейсмограммы поперечных волн, полученные с помощью «грязного» вибратора, не меняя

установки последнего, нельзя очистить от фона продольных никакими ухищрениями вычитаний. Однако, если причина «грязи» от продольных волн заключена в асимметрии силовой характеристики горизонтального вибровозбудителя, а не в сложном строении зоны малых скоростей, инверсия может дать очищающий эффект. Но только инверсия физическая, при которой виброплатформа переустанавливается на то же место с разворотом на 180°.

Попутно заметим, если возникает необходимость возбуждения продольных волн горизонтальным вибратором, то самый простой и достаточно эффективный путь – выполнить корреляцию виброграмм Z-приборов на удвоенной частоте управляющего свип-сигнала. А вот «обратная» задача – генерирования поперечных волн двумя продольными вибраторами, работающими в противофазе (так называемый «метод Шовер»), – безнадежно неэффективная затея. Автор проводил такой эксперимент, располагая двумя универсальными продольно-поперечными вибраторами, имея возможность сравнить уровень поля поперечных волн от двух «продольников», работающих в противофазе, и одного «поперечника» той же силы [1]. Разница в пользу поперечного вибратора – на порядок. Причина видится в том же самом нарушении АЭП, а именно в том, что оба вибратора работают каждый на свою независимую нагрузку (см. рис. 1б). Платформы, не связанные общей нагрузкой, не рожают сдвиговых колебаний. А Р-сигнал в дальней зоне эти же противофазные платформы взаимно уничтожают.

4. О нелинейных искажениях вибрационных колебаний

Одно из распространенных ошибочных представлений связано с проблемой нелинейных искажений вибросигналов. Утверждается, например [2], что основным источником нелинейных искажений является контакт виброплатформы с грунтом. В обоснование сравниваются спектры сигналов акселерометров, установленных на платформе и на реактивной массе, из которых видно, что относительный уровень высших гармоник на платформе значительно выше, чем на реактивной массе.

Однако физическими величинами, определяющими как энергию механических колебаний виброплатформы, так и энергию сейсмической волны в упругой среде, являются сила (или механическое напряжение) и колебательная скорость, точнее произведение этих величин. Сила, действующая на платформу, действительно определяется ускорением реактивной массы, а вот колебательное ускорение платформы, то есть фактически грунта, надо предварительно проинтегрировать по времени, превратив в скорость, и только после этого можно корректно сопоставлять с ускорением реактивной массы. Кстати, естественным образом эту процедуру интегрирования выполняют сейсмоприемники и корректно было бы сравнивать нелинейные искажения ускорения реактивной массы и сигнал колебательной скорости, вырабатываемый сейсмоприемником в грунте. Даже графики спектров, приведенные в упомянутой работе [2], с учетом дополнительного интегрирования сигнала платформы, подтверждают сказанное.

Еще одним косвенным подтверждением справедливости изложенного подхода является прямое сопоставление нелинейных искажений в грунте и одних и тех же физических единицах для гидравлических и дебалансных вибраторов одного и того же энергетического класса. Отличительная черта последних с точки зрения нелинейных искажений состоит в том, что вынуждающая сила



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

и них идеально синусоидальны, а экспериментальный факт состоит в том, что нелинейные искажения в виброграммах дебалансных вибраторов (при условии отсутствия люфтов в конструкции платформы и безотрывной работы) на порядки меньше, чем у гидравлических источников. Особенно ярко это различие проявляется на низких частотах. В противном случае, то есть если бы главным виновником была платформа, искажения у гидравлических и дебалансных вибраторов должны были бы быть одинаковы.

Из сказанного не следует, что дебалансные вибраторы свободны от нелинейных искажений. Но эти искажения, если исключить дефекты конструкции, обусловлены обычно нарушением сплошности контакта с грунтом, к чему мы и переходим.

5. Как, где и почему рождаются субгармоники вибросигнала?

К предыдущему спорному вопросу тесно примыкает другой — о природе субгармоник вибросигнала (половинно-частотной, треть-частотной и т.д.).

Явление нарушения контакта с грунтом знакомо всем операторам. Как правило, оно сопровождается появлением всех высших гармоник. Вибратор с гладкой "подшивкой" может "поплыть" в сторону, а может даже нарушиться и режим управления частотой и фазой. Считается, что такое возникает, когда вынуждающая сила превышает силу статического прижима. Однако следующие факты заставляют усомниться в этом объяснении. Здесь мы опять вынуждены обратиться к экспериментам с дебалансными вибраторами по той причине, что они не имеют обратной связи по амплитуде, как электрогидравлические, и поэтому "честно" генерируют одну и ту же силу, "не обращая внимания" на реакцию грунта. Так, например, на мягком грунте вибратор устойчиво работает, но вот ночью случился мороз, и грунт стал жестким. Все! При тех же параметрах вынуждающей силы появились признаки нарушения контакта, нелинейные искажения в виброграмме, но самое главное, вдруг, с какого-то момента, вибратор начинает "прыгать" не в так возбуждателя. Значит сила прижима — не главное. Все-таки удивительно полезный прибор для экспериментов — дебалансный вибратор с электромотором постоянного тока! Амперметр и вольтметр показывают, что на жестком грунте, пока вибратор не оторвался от грунта впервые, резко упала потребляемая мощность. А КПД-то электромотора около 90%. Значит упала энергия, уходящая в грунт, точнее, упала активная компонента энергии. Напомним, что по закону сохранения активной компоненты механической энергии колебательной системы может расходоваться либо на бегущие сейсмические волны, либо на тепловые потери внутри системы и во внешней среде. Поскольку конструктивные характеристики системы не изменились, остается внешняя среда, то есть грунт. В формальной модели колебательной системы вибратор-грунт (масса, демпфер, пружина) активная компонента энергии поглощается демпфером. Если демпфирование снизилось, подвижная колебательная энергия накапливается в реактивных элементах (пружина, масса) и при приближении к резонансу происходит отрыв платформы от грунта. При этом колебательная система переходит из модели линейного колебательного контура в "модель прыгающего мяча", которая по своей реакции на внешние воздействия похожа на колебательный контур, но имеет и существенные отличия. Внешне наблюдаемое отличие — "резонансная" частота, зависит от амплитуды: чем больше амплитуда, тем ниже частота. Но принципиальное параметрическое

отличие — в момент отрыва система из режима, близкого к "холостому ходу", переходит в режим "короткого замыкания", при котором внутри активатора (двигателя) с дебалансами резко возрастают токи электромоторов. Это подтверждают и резкие аналогии с электротехникой — короткое замыкание сжигает генератор. В результате этого отрыва накопленная в реактивных элементах отрыва рассеивается на внутренних элементах отрыва источника питания (в обмотках и проводах электрических машин) и вибратор вновь входит в критического количества реактивной энергии неизбежного отрыва, который обычно происходит через период. Внешне это выглядит, как будто вибратор "стучит через раз", еще, бывает, раскачивается с боку на бок. Отсюда и "половинные" частоты в виброграмме, называемые субгармониками. Обычно режим генерации субгармоник возникает во время постепенного повышения частоты лавинообразно, начинаясь с внезапного срыва, и не прекращается, даже если обратить развертку частоты вспять. Изредка возникает режим устойчивой работы вибратора "со стуком через два периода", но чаще в такой сверхкритической ситуации начинаются просто беспорядочные скачки.

Таким образом, проблема субгармоник, это проблема не геофизика, а инженера, и не нужно приписывать ей какое-то геофизическое значение, связывая с нелинейными эффектами в геологической среде.

Заключение

Разумеется перечень "непонятностей" и спорных положений вокруг физики вибросейсмического метода этим не исчерпывается. Автор готов выслушать критику в свой адрес, а также предлагает коллегам высказаться по таким вопросам.

1. Почему на практике не удается достичь высокого теоретически достижимого динамического диапазона коррелограмм, хотя бы на уровне 80-90 дБ?

2. Почему использование в качестве опорного сигнала коррелятора датчика на плите вибратора (а также на грунте под плитой) не является (или является?) лучшим способом корреляции, или какой сигнал наилучшим образом отображает форму волны, уходящую в среду?

3. Принято считать, что грунт под плитой вибратора это колебательная система из пружины, демпфера и присоединенной массы. Если это так, то каковы типичные значения этих параметров? Автор, например, полагает, что присоединенная масса грунта много меньше массы плиты и практически может не учитываться. Есть возражения?

4. Момент воздействия в вибрационной сейсморазведке теоретически определяется максимумом ФАК. Означает ли это, что время прихода надо определять по максимуму ФВК, а не, скажем, по первому, видимому на коррелограмме, движению, как при взрывной сейсморазведке?

5. Корреляционная функция имеет размерность мощности сигнала. Какую размерность имеет прокоррелированная вибрационная сейсмограмма?

7. Можно ли, и при каких условиях, добиться практически полной идентичности импульсной и вибрационной сейсмограмм?

Литература.

1. Юшин В.И. Об излучении поперечных волн вибрационным источником через влажный снег // Методы расширения частотного диапазона вибросейсмических колебаний: Сб. науч. трудов. Институт геологии и геофизики СО РАН - Новосибирск, 1987 - С. 48-57
2. Шноррсон М.Б., Жуков А.П., Ченборисова Р.З. Нелинейные и фазовые искажения вибрационных сигналов и способы их коррекции. Геофизика, 1997, №3, 27-33.



Поводом к написанию этой реплики послужила статья В.И. Юшина под заглавием «Мифы и парадоксы вибрационной сейсморазведки», в которой автор высказывает свою точку зрения на некоторые положения вибрационной сейсморазведки, способные ввести в заблуждение специалистов, работающих в поле, получающих качественные материалы и решающих геологические задачи.

Рассмотрим вопросы, поднятые В.И. Юшиным.

1. Первый вопрос связан с оценкой амплитудных и мощностных параметров волн при группировании вибраторов. Он предельно ясен и автор сам дает на него исчерпывающий ответ. Но одновременно пытается найти какие-то алогизмы, вводя еще непонятный и физически необоснованный «амплитудно-энергетический принцип». При группировании вибраторов и суммарные амплитуды, и мощности регулярных волн, равные квадрату амплитуд, увеличиваются пропорционально числу синхронно работающих вибраторов. Мы определяем амплитуды волн и получаем мощности путем возведения их в квадрат, что вполне логично, но при этом переходим от линейных величин к квадратичным, что и вносит некоторую путаницу в понятия. Если бы мы оценивали мощность излучения, то увидели, что при группировании излучателей она растет пропорционально числу работающих вибраторов. Ошибка автора состоит в том, что надо раздельно рассматривать амплитуды, мощности и число вибраторов. Удвоение амплитуды ведет к учетверению мощности, но для одного вибратора. Если же амплитуда волны увеличилась вдвое за счет работы двух вибраторов, то суммарная мощность возрастает в два, а не в четыре раза. Для ясности приведу пример: $(2a)^2 = 4a^2$, но $a^2 + a^2 = 2a^2$.

2. Второй вопрос связан с различными возможностями по глубинности и дальности прослеживания волн 40–100-тонных вибраторов и групп сейсморазведочных вибраторов эквивалентных по суммарной силе. С ответом автора можно согласиться, но дело не только в массе плиты тяжелого вибратора, а еще и в большой массе присоединенного объема грунта, которая выводится вибратором из положения равновесия. В результате резонанс смещается в область низких частот, что и предопределяет возможность регистрации более низкочастотных волн на значительных выносах от пункта возбуждения колебаний.

3. Третий вопрос посвящен генерированию поперечных волн трехкомпонентными вибраторами. Действительно, полевые работы, выполненные с трехкомпонентными вибраторами, показали, что при изменении направления горизонтальных воздействий происходит обращение не только поперечных, но и продольных волн. Этот эффект требует дополни-

тельного изучения. Из опыта проведенных работ следует, что при работах с горизонтальными вибраторами возможно отпадает необходимость в производстве разнонаправленных SH воздействий для подавления Р-волн. Тем не менее, объемы работ на поперечных волнах с трехкомпонентными вибраторами столь незначительны, что все выводы следует пока считать предварительными.

4. Четвертый вопрос посвящен нелинейным искажениям вибрационных колебаний. По моему мнению, автор ошибочно связывает нелинейные искажения с платформой вибратора и необоснованно критикует результаты наших опытов по регистрации сигналов датчиками ускорения на плите и инерционной массе. Дело не в плите вибратора, а в конструкции гидравлических вибраторов, которая допускает значительные перемещения инертной массы при ограниченных перемещениях плиты, особенно на низких частотах, на которых наблюдается наибольший уровень нелинейных искажений. В этом — одна из причин нелинейных искажений, возникающих при возбуждении волн электрогидравлическими вибраторами. Сопутствующие им волны-гармоники можно использовать для получения дополнительной информации о среде, что и показано в наших работах. Я допускаю меньший уровень нелинейных искажений у дебалансных вибраторов. Конструктивно они отличаются от гидравлических вибраторов и сравнивать их друг с другом не обосновано.

5. В заключении о субгармониках. По этому вопросу ограничусь сведениями из электротехники. В цепях, содержащих нелинейные реактивные элементы, возможно образование субгармоник с дробными к основной частоте частотами. Практика работ показывает, что они и образуются. Правда, наша попытка их использования существенных результатов не дала.

Что касается вопросов, сформулированных В.И. Юшиным, то ответы на них есть в соответствующей литературе по вибрационной сейсморазведке и по радиолокации. Единственно отмечу, что «присоединенную массу» никто не измерил, но, по моему мнению, она значительна и оказывает заметное влияние на резонансную частоту возбуждаемых колебаний. Это следует из того, что при невзрывном и взрывном возбуждении с увеличением силового воздействия на среду, в том числе и массы заряда ВВ, наблюдается понижение частоты резонанса и регистрируемых волн.

В заключение хочу сказать, что мифов и парадоксов в вибрационной сейсморазведке нет. Есть различные мнения, точки зрения, которые могут и должны обсуждаться во благо этого уникального метода геофизики, который имеет большое будущее.



Настоящее и будущее вибрационной сейсморазведки

М.Б. Шнеерсон, А.П. Жуков, ООО «Геофизические системы данных», г. Москва

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Вибрационная сейсморазведка, основанная на возбуждении упругих волн динамическими квазигармоническими нагрузками, является одним из основных геофизических методов поиска и разведки полезных ископаемых и изучения глубинного строения земных недр. Достаточно высокий научный, технический и методический уровень современной вибрационной сейсморазведки, способной решать сложные практические задачи, базируется на следующих основных достижениях и положениях:

- разработаны теоретические основы метода, использующие линейно-упругое представление о среде и распространении в ней волн и на корреляционном способе преобразования полученных записей в импульсную форму;

- наличие широкого набора качественных электрогидравлических вибрационных источников колебаний с усилиями от 10-17 до 30 и даже более тонн, размещаемых на различных транспортных базах и оснащенных специальной аппаратурой, позволяющей автоматизировать работу вибраторов и обеспечивающей текущий контроль за их работой с дистанционной передачей данных на сейсмостанцию;

- выработан определенный стандарт, определяющий методику полевых работ и обработку получаемых вибросейсмических записей, и, наконец, наличие широкого набора приемных устройств и цифровой многоканальной регистрирующей аппаратуры.

В настоящее время вибрационная сейсморазведка является высокоэффективным и высокопроизводительным методом разведки, оснащена современным оборудованием и использует новейшие способы получения и обработки сейсмической информации. Области её применения самые разнообразные – от глубинных и региональных работ до детальных, пространственных съемок 3D и 4D.

При глубинных и региональных исследованиях вибрационная сейсморазведка оказалась особенно эффективной при переходе на возбуждение и регистрацию отраженных волн по методике многократных перекрытий МОВ-ОГТ. Относительно небольшие расстояния между пунктами возбуждения и приема колебаний в сочетании с использованием мощных вибрационных источников и методических средств по усилению полезных волн и подавлению помех сделали возможным уверенную регистрацию отраженных волн от поверхности фундамента и более глубоких границ раздела, включая поверхность Мохоровичича. Примерами успешных региональных работ в нашей стране являются пересечения Южного Урала и прилегающих территорий востока Русской платформы, геотраверс от Магадана через Магаданскую область на

северо-восток, к океану и др. Не останавливаясь на методике проведения этих работ, отметим, что при их проведении были использованы вибраторы с усилиями до 40 т, длительности. Комплекс этих методических приемов обеспечил получение качественных первичных материалов, которые были использованы для глубинных построений и геолого-геофизической интерпретации данных.

Тем не менее, основные объемы вибрационной сейсморазведки приходится на поисково-разведочные работы, по прослеживанию границ раздела в осадочной толще, поиску и разведке месторождений углеводородов. По ориентировочным данным до 40-45% объемов работ на нефть и газ выполняются с применением вибрационных источников колебаний. Работы ведутся практически во всех регионах России, перспективных на нефть, газ и некоторые другие полезные ископаемые. Однако есть районы и участки, на которых применение вибраторов оказывается пока еще неэффективным. Это – незамерзающие зимой болота и топи, а также крутые склоны рельефа. Причины – отсутствие упора для рабочей плиты вибратора и сползание установок. Для проведения работ на таких участках необходимы погружные вибраторы и специальные установки, способные возбуждать колебания в таких условиях.

Высокое качество современных вибрационных источников обеспечивает устойчивую высокопроизводительную работу полевых отрядов. Ушли в прошлое проблемы, возникавшие из-за ненадежной работы установок, когда утром на профиль выезжало пять вибраторов, а через два-три часа работы оставались два, а в ряде случаев один «поживший» излучатель. И так каждый день. Сегодня производительность в 200-220 фактов точек за день при высоком качестве материалов считается нормой. Однако повышение числа пунктов возбуждения, обрабатываемых за день работы, является актуальной задачей. Специфика вибрационной сейсморазведки позволяет повысить производительность работ за счет одновременной работы двух и более групп вибраторов на одну расстановку сейсмоприемников.

В настоящее время сложился известный стандарт, определяющий технические и методические средства вибрационной сейсморазведки.

Вибрационные источники – это установки отечественного, импортного или смешанного (вибратор импортный, транспортная база (вибратор отечественная) производства с усилием от 17 тонн и выше, смонтированные на соответствующих условиях проведения работ транспортных базах (автомобиль, багги, снегоболотоход), в количестве 4-5 штук на полевой отряд.



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Из них четыре, как правило, работают, а один – в резерве. Отмечается стремление к применению вибраторов со все возрастающими усилиями на грунт. Имеются вибраторы с усилиями 30 т и даже 40 т. Эти тенденции понятны и они соответствуют поговорке «сила есть – ума не надо». С одной стороны, можно сэкономить на числе вибраторов и количестве накоплений, а с другой, ухудшаются условия проезда, повышаются требования к подготовке профиля и, что может быть самое главное, снижается резонансная частота возбуждаемых колебаний и уменьшается разрешенность записей. Это многократно подтверждено практикой работ и опытом использования маломощных взрывных и невзрывных источников колебаний. Конструкции современных вибраторов позволяют изменять относительный уровень излучаемых сигналов от 40-50% до 100% от максимального. В результате меняется интенсивность возбуждаемых колебаний. Однако зависимость между силовыми параметрами вибраторов и амплитудами возбуждаемых волн носит нелинейный характер, что приводит к тому, что начиная с определенных величин усилий рост амплитуд волн или замедляется, или вообще прекращается. С этой позиции полезно работать при минимально возможных усилиях. Как правило, работы ведут при усилиях от 60 до 90 % от максимальных, в пределах которых вибраторы работают наиболее устойчиво.

Полевые работы повсеместно проводят с группированием вибраторов и с синхронным накоплением сигналов, что обеспечивает увеличение амплитуд полезных волн, пропорциональное числу вибраторов, ослабление регулярных помех в соответствии с их кажущимися скоростями и частотами и определенное повышение отношения сигнал/нерегулярные помехи в зависимости от их природы и направления подхода к профилю. Степень подавления регулярных помех определяется уровнем вторичных максимумов характеристики направленности и, во многом, зависит от характера распределения чувствительности групп источников. При равномерном ее распределении достигается самый компактный основной максимум характеристики направленности, но относительно большой уровень промежуточных максимумов, которые и определяют степень подавления помех. Повысить ее можно путем применения неравномерных по чувствительности групп вибраторов, которые легко реализуются на практике. При съемках 2D группы вибраторы размещают по профилю, а при - 3D и 4D, как правило, вдоль линий возбуждения. Синхронное накопление приводит к повышению отношения сигнал/нерегулярная помеха, которое при абсолютно нерегулярных помехах пропорционально корню квадратному из числа накоплений. Характер этой зависимости таков, что он делает нецелесообразным накопление большого числа сигналов из-за снижения его эффективности и производительности работ (увеличение времени на обработку каждой физической точки). Как правило, число накоплений выбирают не больше 10 – 12.

Практика работ с вибрационными источни-

ками сейсмических колебаний показывает, что качество полевых материалов во многом определяется обоснованным выбором рабочих параметров управляющих сигналов. В вибрационной сейсморазведке они представлены двумя модификациями: линейные сигналы, у которых частота в процессе излучения колебаний изменяется по линейному закону, и нелинейные, характеризующиеся переменной скоростью изменения частоты. Превалируют линейные развертки, хотя известны случаи успешного применения нелинейных управляющих сигналов. Ранее проводились работы по опробованию других видов управляющих сигналов. Это были различные кодовые последовательности импульсов, на основе которых принципиально возможно существенное уменьшение уровня корреляционных шумов (что ведет к расширению динамического диапазона вибросейсморазведки), а также гармонические посылки постоянной частоты, применение которых позволяет повысить уровень подавления помех и реализовать новые способы вибрационной сейсморазведки. Но эти направления пока не разрабатываются.

Подходы к выбору параметров управляющих сигналов рассмотрим на примеры линейных сигналов. Их три: начальная и конечная частоты, а также длительность сигнала.

Минимальная частота сигнала выбирается в зависимости от собственной частоты используемых сейсмоприемников. Очевидно, нецелесообразно выбирать минимальную частоту свипа существенно меньше, чем собственная частота сейсмоприемников. Поэтому при 10-ти герцовых сейсмоприемниках минимальная частота развертки составляет 8 -10 Гц. Минимальная частота сигнала влияет на глубину разведки, которая увеличивается с ее уменьшением. Но при высоком уровне низкочастотных поверхностных волн приходится повышать минимальную частоту развертки до 15 и даже 20 Гц.

Максимальная частота сигнала выбирается из условия превышения минимальной частоты не менее чем в четыре раза, что обеспечивает достижение приемлемого динамического диапазона записей. Повышение максимальной частоты всегда целесообразно, т.к. оно ведет к расширению динамического диапазона записей. Однако практика работ показывает, что ее повышение не всегда улучшает материал, вследствие частотно-зависимого поглощения волн и резкого уменьшения их интенсивности в области повышенных частот. Применение нелинейных разверток позволяет, в определенной степени, компенсировать уменьшение уровня высокочастотных компонент волновых полей путем уменьшения скорости изменения частоты в желаемой полосе частот. Но возможности нелинейных сигналов ограничены из-за увеличения поглощения волн с ростом их частоты в реальных средах. Поэтому эффективность нелинейных управляющих сигналов определяется достижимым уровнем целевых волн в желаемой полосе частот.

С теоретических позиций направление изменения частоты управляющих сигналов



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

снизу — вверх или сверху — вниз не оказывает влияния на качество материалов. Однако при развертках сверху — вниз на коррелограммах возникают специфические помехи, имеющие форму повторных первых вступлений и обусловленные нелинейными искажениями, образующимися в процессе передачи нагрузок грунту. Наиболее интенсивны они на низких частотах, в пределах которых максимальна асимметрия во взаимных перемещениях поршня с плитой и цилиндра вибровозбудителя. Время появления помех на коррелограммах определяется частотным диапазоном управляющего сигнала и скоростью изменения его частоты. Путем ее увеличения можно добиться, чтобы эти помехи появлялись за пределами времен целевых отражений. Нелинейные волны (гармоники), возникающие в системе плита вибратора — грунт могут быть использованы для получения дополнительной геологической информации, что будет рассмотрено далее.

Длительность управляющего сигнала определяет уровень закачиваемой в среду энергии и, тем самым, влияет на интенсивность возбуждаемых и регистрируемых волн. С увеличением длительности излучения возрастает отношение сигнал/нерегулярная помеха, которое зависит от природы помех и степени их нерегулярности. Например, превалируют ли в среде шумовые помехи, микросейсмь или корреляционный фон. Выбор длительности управляющего сигнала определяется глубиной разведки, но всегда следует стремиться применять минимально возможные по длительности сигналы. Обусловлено это методическими и экономическими факторами.

Особенностью корреляционных функций является то, что их протяженность равна удвоенной длительности управляющего сигнала. Поэтому при протяженных во времени сигналах их корреляционные функции могут полностью перекрывать временной интервал разведки, что приводит к снижению динамического диапазона вибрационной сейсморазведки. При коротких сигналах это перекрытие может быть меньше, что положительно скажется на качестве регистрируемых волн. Далее, при длительных сигналах повышается вероятность регистрации интенсивных помех различной природы (шумы проходящего рядом транспорта, поезда и др.), что усложняет выделение на их фоне целевых волн и, самое главное, снизит производительность работ, что может иметь решающее значение при выборе длительности сигналов. В настоящее время длительность сигналов при работах на нефть и газ не превышает 8-10 с, а при глубинных исследованиях увеличивается до 30 с и более. Критерием оптимальности этого параметра управляющих сигналов является рост, или уровня полезных волн, или отношения сигнал/помеха.

Увеличение/уменьшение амплитуд управляющих сигналов в их начале и конце, соответственно, (скос) позволяет снизить уровень корреляционных помех и поэтому всегда используется на практике. Кроме того, скос в начале сигнала действует как высокочастотный фильтр, ослабляя низкочастотные колеба-

ния. Скос определяется временем уменьшения/увеличения амплитуд и может уменьшаться в современных вибраторах. Его регулирование приводит к уменьшению фона и общему уровню записи. С позиции минимума корреляционных помех наилучшим был бы треугольный скос, но при этом вибратор половину бы времени работал вхолостую. На практике величина скоса выбирается в пределах до 1 с.

Корреляционная обработка полученных записей является неотъемлемой процедурой для сжатия виброграмм, выделения целевых волн, определения времен их прихода и относительной интенсивности. Современная технология проведения полевых работ предусматривает корреляцию виброграмм в поле на сейсмостанции, что позволяет сэкономить магнитную пленку и время на вычислительном центре. Однако при этом исключается возможность повышения качества материалов за счет выбора оптимальных параметров корреляционной обработки, таких как «весовая корреляция», выделение волн-гармоник и других возможных процедур обработки. С этих позиций целесообразно сохранять виброграммы по основным, наиболее значимым для работ профилям.

Такое современное состояние вибрационной сейсморазведки. Она эффективна, обоснована теоретически, экспериментально и оснащена необходимыми аппаратурой и оборудованием. Естественно, что она будет развиваться и совершенствоваться в соответствии со все возрастающими требованиями к качеству и полноте получаемых результатов. Этот процесс будет происходить по следующим двум направлениям: совершенствование метода в рамках существующих теоретических и экспериментальных положений и развитие метода на основе привлечения новых идей и решений, базирующихся на специфических особенностях вибрационной сейсморазведки.

По первому направлению выделим следующие, основные на наш взгляд, работы. Повышение эксплуатационных и технологических характеристик вибрационных источников колебаний и устройств по текущему контролю за их параметрами. Создание относительно малогабаритных вибрационных источников с усилиями от 2—3 тонн, в том числе для работ в скважинах и на значительных уклонах местности. Развитие многоволновой сейсморазведки на основе моноитипных поперечных волн, возбуждаемых трехкомпонентными вибрационными источниками. Первые работы в этом направлении оказались успешными. Следует их продолжить, выбрав для наиболее рельефно показать перспективы и достоинства этого направления вибрационной сейсморазведки. Повышение производительности работ было и остается одной из актуальных задач сейсморазведки. За рубежом она решается путем работы двух и даже трех групп вибраторов на одну расстановку сейсмоприемников. Следует рассмотреть особенности этой технологии со всеми ее достоинствами и недостатками и оценить перспективы ее



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

применения в отечественной сейсморазведке. Особенностью вибрационной сейсморазведки является возможность управления параметрами регистрируемых волн. На этом принципе был предложен ряд решений, получивших название «адаптивная вибрационная сейсморазведка». Однако это направление в силу ряда причин не получило широкого развития. Целесообразно вернуться к нему, разработав современный автоматический комплекс, позволяющий в процессе полевых работ оптимизировать параметры управляющих сигналов из условия наилучшего соответствия характеристик полезных волн решаемым задачам по разрешенности и интенсивности получаемых записей.

Второе направление развития вибрационной сейсморазведки мы связываем со следующими исследованиями. Использование нелинейных компонент вибросейсмических волновых полей для получения дополнительной информации о строении среды и прогноза наличия/отсутствия углеводородов в разрезе отложений. «Прямые поиски» углеводородов были и остаются одним из актуальных направлений современной геофизики. Несмотря на определенные положительные результаты, эта проблема далека от завершения. Обусловлено это рядом причин и в первую очередь ее сложностью и разнообразием изучаемых, оцениваемых объектов. Одним из возможных решений этой проблемы является использование нелинейных явлений, возникающих при распространении волн в реальных, многофазных средах-коллекторах месторождений углеводородов, а также при возбуждении волн вибрационными источниками колебаний. При этом два положения являются основополагающими:

- наличие в пределах месторождений и резервуаров углеводородов областей и участков с нелинейными свойствами, которые обусловлены наличием пузырьков газа, которые способны менять свой объем и приводить к изменению физические свойства среды при прохождении сейсмических волн;

- образование гармонических составляющих волн (гармоник) при возбуждении волн вибрационными источниками колебаний.

Отсюда следует, что уровень нелинейности нефтегазонасыщенных пород выше, чем у вмещающих отложений, что должно приводить к появлению ряда фундаментальных признаков, характерных только для сред с нелинейными свойствами. А именно:

- взаимодействие, а не интерференция волн различного частотного состава;

- увеличение интенсивности волн с кратными по отношению к основной частотами;

- нарушение линейной зависимости между амплитудами излучаемых и регистрируемых колебаний.

Вибрационная сейсморазведка, в силу ее специфических особенностей, позволяет однозначно выделять волны с суммарными и разностными частотами, волны с кратными частотами и контролировать уровень возбуждаемых вибраторами колебаний. Эти возможности вибрационной сейсморазведки были

показаны экспериментально, однако в небольшом объеме. Представляется, что это направление должно получить большее развитие как одно из решений актуальной проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов.

Далее, считаем необходимым вернуться к работам по кодовым импульсным последовательностям. Это обусловлено тем, что некоторые из них позволяют существенно уменьшить уровень корреляционных помех при сжатии виброграмм. Теоретически этот вопрос имеет решение, но его практическая реализация и доведение до промышленного применения требует проведения специальных работ.

Другим перспективным направлением вибрационной сейсморазведки является использование чисто гармонических колебаний в качестве управляющих сигналов. Теоретически показана возможность сжатия информации и выделения регулярных волн. Однако возможности этой модификации вибрационной сейсморазведки не ясны. Использование ее позволит несколько упростить конструкцию вибраторов и систему контроля за их работой, повысить уровень подавления волн-помех и оценить возможность выделения в разрезе слоев, резонирующих на разных частотах, что может привести к повышению эффективности вибрационной сейсморазведки.

Вибрационная сейсморазведка будет развиваться и совершенствоваться. Это веление времени, обусловленное необходимостью решения все более сложных задач в условиях урбанизации страны, заботе о сохранении экологии среды и повышении уровня безопасности работ, все более ограничивающих применение взрывчатых веществ для возбуждения сейсмических волн. Весь вопрос, как будет происходить этот процесс.

Возможны два сценария.

Первый – спокойный, который будет основываться на восприятии зарубежных технологий и использования их по мере поступления в наши геофизические организации. Можно смело сказать, что сейчас он происходит у нас в условиях, когда геофизические организации получают средства практически только на проведение производственных работ и соответствующую обработку материалов.

Второй – интенсивный, который будет предусматривать проведение теоретических, экспериментальных и опытно-методических работ, нацеленных на развитие и совершенствование вибрационной сейсморазведки, создание и опробование новых технологий и методов. Это позволит повысить эффективность метода и приведет к новым решениям и открытиям, но нужны средства, выделенные на проведение именно таких работ. Наиболее реальный путь их получения – включение работ в программу Министерства с соответствующим финансированием. Возможны также и другие решения, основанные на заинтересованности частных фирм в развитии и совершенствовании вибрационной сейсморазведки.

Будем рассчитывать на успешное преодоление этих трудностей.



К феноменологической базе разработки новых технологий вибросейсморазведки

С.И. Михеев, И.И. Хараз, В.А. Михайлов, В.П. Лепешкин, А.С. Михеев, ФГУП "Нижне-Волжский НИИ геологии и геофизики", г.Саратов

Одним из основных достоинств вибрационных источников является возможность эффективного контроля над процессом возбуждаемых упругих колебаний. Вместе с тем, на практике встречаются труднообъяснимые явления, когда регистрируемые сигналы не отвечают общепринятым теоретическим моделям вибросейсморазведки. Накопление информации по таким явлениям, рассмотрение особенностей их проявления имеет большое значение, так как создает феноменологическую базу разработки принципиально новых технологий. Остановимся далее на описании некоторых интересных с нашей точки зрения результатов экспериментов с вибрационными источниками.

Одна из характерных особенностей полей упругих волн, возбуждаемых вибрационными источниками, состоит в проявлении эффекта вторичных импульсных источников упругих колебаний. Создаваемые ими поля упругих волн зачастую весьма значительны по интенсивности. Опубликованных работ по анализу вторичных импульсных источников в вибросейсморазведке не много [2, 6, 8 и др.], хотя проблема возникновения эффекта импульсного воздействия при выключении вибраторов (прекращение свип-сигнала) заслуживает более пристального внимания. Действительно, возбуждаемые такими воздействиями упругие волны могут действовать либо как помехи, препятствующие выделению целевых отражений, либо учитываться при обработке, тем самым повышая информативность сейсмической записи в целом.

В работе [4] приведены данные опытно-методических исследований, выполненных нами с целью обоснования возможности практического использования в качестве источника упругих колебаний импульса "разгрузки". Экспериментально установлены следующие особенности такого источника:

1. Постоянство момента формирования импульса "разгрузки" при одинаковом времени

прекращения воздействия на среду.

2. Независимость формы и частотного состава импульса "разгрузки" от интенсивности и частоты излучаемых монохроматических сигналов.

3. Схожесть по структуре и интенсивности волновых полей, формирующихся при излучении собственно управляющего сигнала и импульса "разгрузки".

По нашим наблюдениям вторичные импульсные источники начинают более четко и устойчиво проявляться на виброграммах в случае использования монохроматических сигналов, особенно с повышением их частоты. Подтверждением данного утверждения служит рис. 1, где смонтированы монохромограммы, соответствующие частотам возбуждения монохроматических сигналов 30 Гц и 60 Гц. Монохромограммы получены в ходе опытно-методических работ с вибраторами СВ 5-150, выполненных силами Саратовской геофизической экспедиции НВНИИГГ. «Конусование» управляющих монохроматических сигналов, имеющих длительность 3 с, в данном случае не применялось.

Как следует из рис. 1, эффект импульсного возбуждения после выключения вибраторов проявился дважды: сразу после прекращения сеанса излучения и с некоторым временным запаздыванием. По всей видимости, первый из них связан с резким прекращением излучения единой колебательной системой вибратор-поверхность земли. Динамически он выражен слабо. Далее на анализируемых монохромограммах вплоть до времени $t = 3,65$ с отмечается резкое ослабление интенсивности записи. Начиная с указанного времени регистрируется волновое поле, близкое по интенсивности сигналам и формам осей синфазности волновой картины на временах первых вступлений до $t = 0,1-1,1$ с. Основное отличие заключается в отсутствии фона вибрационной монохроматической записи и более четкое проявление первых вступлений и отражен-

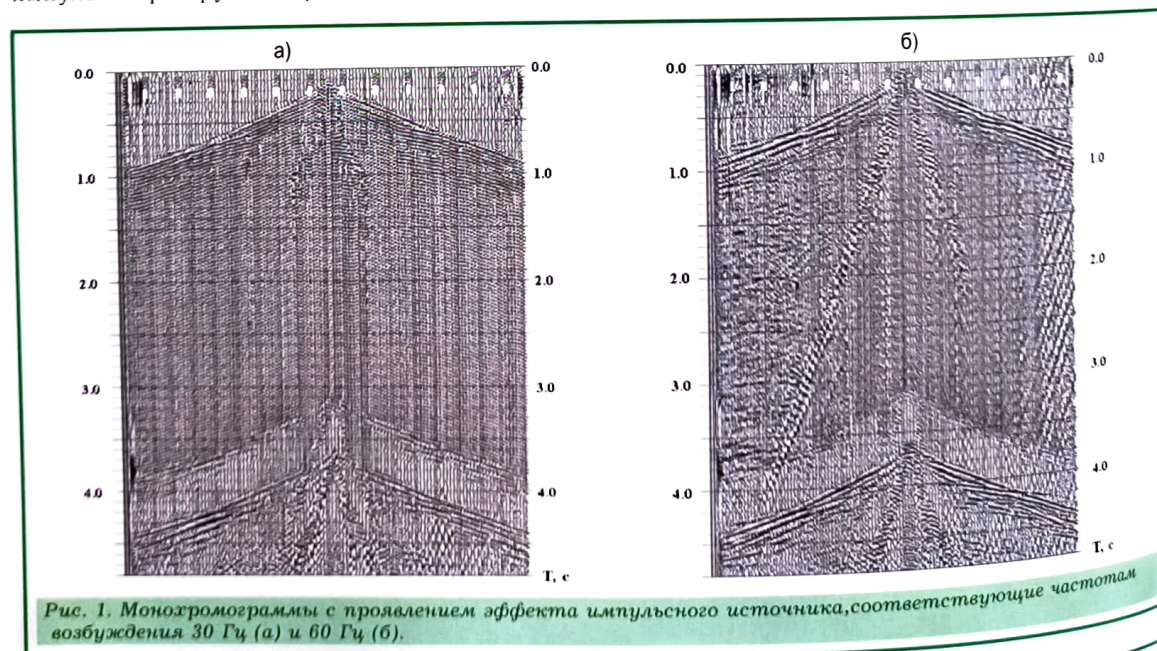
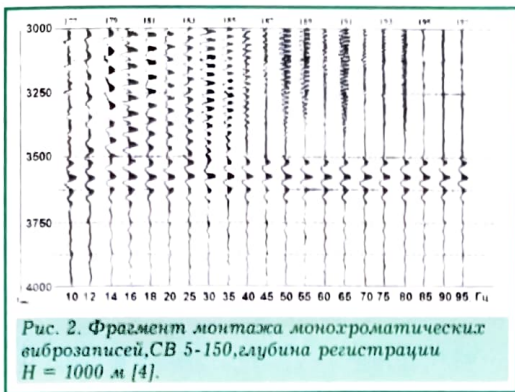


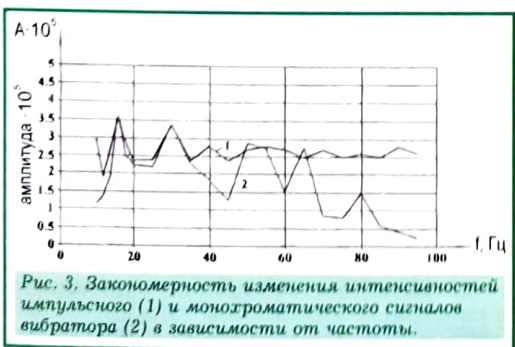
Рис. 1. Монохромограммы с проявлением эффекта импульсного источника, соответствующие частотам возбуждения 30 Гц (а) и 60 Гц (б).



ных волн. При частоте возбуждающего сигнала 60 Гц амплитудная выраженность записи, инициированной импульсным источником (см. рис. 1 Б), более высока по сравнению со случаем монохрома 30 Гц (рис. 1 А).

Проявление эффектов импульсного возбуждения при использовании вибрационных источников отмечалось нами и другими авторами [6] также для случая частотно-модулированных сигналов. При этом наиболее четкие записи зарегистрированы в относительно узком частотном диапазоне задания управляющего сигнала 77-98 Гц.

Импульсные колебания от вторичных источников после прекращения излучения вибраторов зафиксированы не только при наблюдениях на поверхности, но и при сейсмокаротажных исследованиях [4]. На рис. 2 приведен заимствованный из указанной работы монтаж сейсмических трасс, сформированный по данным опытно-методических работ, выполненных Нарофоминским отделением ВНИИГеофизики. При проведении экспериментов вибратором СВ 5-150 излучались монохроматические сигналы с частотами от 10 до 95 Гц. После прекращения сеанса возбуждения сейсмического поля вибраторами на времени 3,5 с при глубинах регистрации 1000 м были зарегистрированы интенсивные импульсные сигналы со слабо меняющимися временами регистрации и формой. Рис. 3 демонстрирует закономерности изменения интенсивностей монохроматических и импульсных сигналов в зависимости от частоты. По мере возрастания последней амплитуда монохроматической составляющей имеет четко выраженную тенденцию к уменьшению (рис. 3, график 2), в то время как амплитуда импульса «разгрузки» сохраняется практически неизменной (см. рис. 3, график 1), совершая небольшие колебания относительно среднего значения. В результате этого на частотах превышающих 35 Гц импульсное воздействие вибратора на среду, как правило, преобладает по амплитуде по сравнению с амплитудой монохроматических записей. Длительность импульса «разгрузки» составляет примерно 0,2с. Визуально по форме записи он



близок к нульfazовому сигналу. При этом согласно данным спектрального анализа основная энергия сосредоточена в полосе частот 10-25 Гц с максимумом амплитудного спектра в диапазоне 15-20 Гц.

Обсуждение природы проявления импульсных источников после остановки вибраторов носит гипотетический характер. Так, из теории колебаний известно, что под действием вынуждающей силы любая реальная механическая система совершает движение, представляющее собой суперпозицию двух колебаний с частотой вынуждающей силы и с собственной частотой системы. Под механической системой в данном случае выступает система вибратор-грунт. Собственные частоты этой системы расположены в низкочастотной области. Амплитудно-частотная характеристика системы имеет резонансный характер, что обуславливает повышенную интенсивность колебаний на низких частотах 10-20 Гц. Таким образом, частота собственных колебаний системы вибратор-грунт близка к преобладающей частоте импульса «разгрузки». За счет резонансных явлений собственные колебания системы вибратор-грунт наиболее интенсивны в моменты начала и окончания работы вибраторов. В эти моменты времени можно ожидать наиболее интенсивную импульсную запись, которая накладывается на регистрируемое волновое поле.

На первый взгляд моментальная остановка вибраторов при отсутствии конусования управляющего сигнала вполне может объяснить эффекты импульсного возбуждения. Однако экспериментальные свидетельства о том, что эти эффекты фиксируются и в случаях конусования свипов. Соответствующие сведения приведены, например, в работе [6]. Там отмечено повышение интенсивности волн, регистрируемых от импульсного воздействия, по мере увеличения крутизны конуса. Кроме того, принимая во внимание только моментальную остановку вибратора, невозможно объяснить вторичные источники, формирующиеся с большим временным запаздыванием после прекращения сеанса излучения. Например, в конкретных условиях выполненных экспериментов (см. рис. 1) такое запаздывание составляло 0,475-0,5с.

Более полное объяснение природы импульсного возбуждения может базироваться на использовании нелинейных моделей изучаемых сред и введении в рассмотрение нелинейных эффектов. Среди нелинейных эффектов, особое место в плане обсуждаемой проблемы принадлежит постоянной составляющей поля смещений, возникающей в условиях работы вибратора на дневной поверхности в зоне рыхлого грунта. Модель рыхлой среды, дающая объяснение этого эффекта, была предложена в работе [7]. Согласно этой модели модули упругости грунтов имеют различные значения для деформаций растяжения и сжатия, т.е. среда является разномодульной. В сейсмическом волновом поле достаточной интенсивности возникает характерное искажение формы сигнала: амплитуда напряжения сжатия меньше амплитуды напряжения растяжения. В результате проявления данного эффекта при работе вибратора на дневной поверхности имеет место преобладающее движение вверх, что и выражается в возникновении постоянной составляющей - сейсморадиационного напряжения. Впервые непосредственные измерения сейсморадиационных напряжений в грунтах под плитой вибратора и вблизи от него провели Ю.Н. Васильев и др. [1, 2]. Измерения проводились в режиме монохроматического излучения в интервале частот, при котором обеспечивалась наибольшая мощность вибраторов СВ 5-150 и СВ 10-100. В результате этих исследований установлено, что в вибрацион-

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ





МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

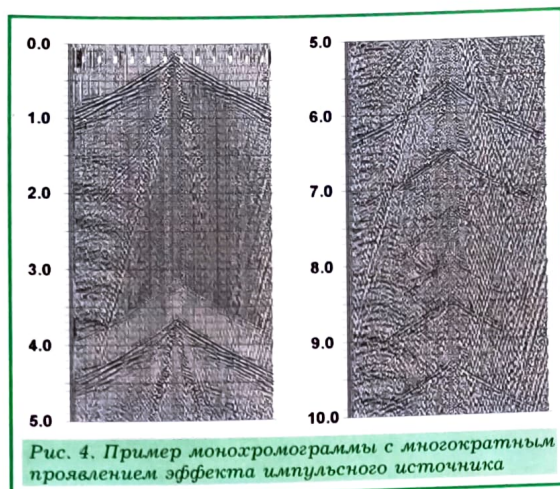


Рис. 4. Пример монохроматической сейсмограммы с многократным проявлением эффекта импульсного источника

ном поле значительной интенсивности (до 600 кПа) под плитой вибратора и вблизи от него возникает сейморadiационное напряжение, достигающее под плитой 200 кПа. В результате его снятия в момент выключения вибратора происходит импульсное воздействие на грунт, которое регистрируется на полевых монохроматических виброграммах в виде импульсных сейсмозаписей, аналогичных записям от приповерхностных источников возбуждения.

В ряде случаев нами отмечалось многократное пульсирующее излучение импульсных колебаний с шагом во времени, равным удвоенной разности между временем выключения вибраторов и первым проявлением вторичного источника. Это явление описано нами в работе [8] и дает основания предположить многократную релаксацию среды в процессе сеанса работы вибраторов. Характерный пример многократного проявления импульсных источников на виброграммах приведен на рис. 4.

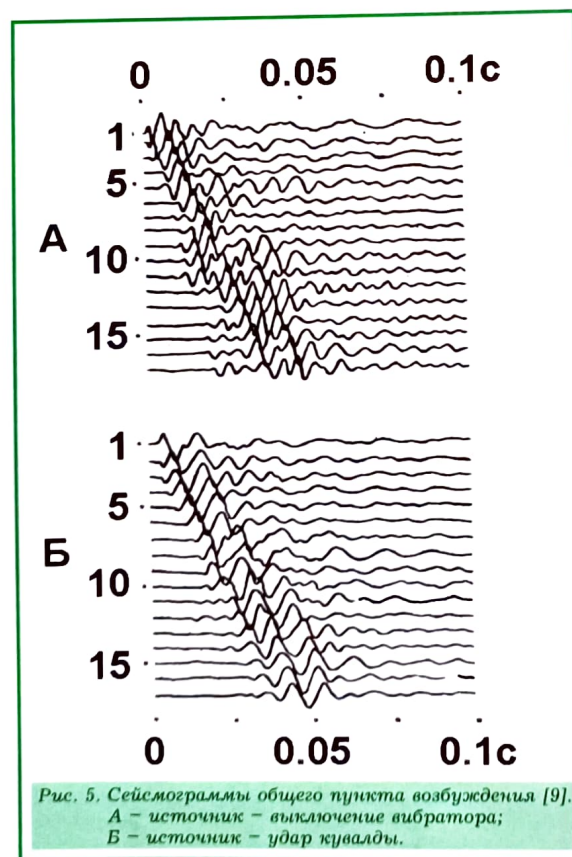


Рис. 5. Сейсмограммы общего пунста возбуждения [9].
А – источник – выключение вибратора;
Б – источник – удар кувалды.

Таким образом, импульс «разгрузки» может быть объяснен либо переходным процессом, возникающим в момент прекращения воздействия вибратора на среду, либо разреза. Вероятно, в практических ситуациях проявляются оба фактора. Учитывая сложность обсуждаемого вопроса, он, по нашему мнению, заслуживает дальнейшего изучения. Тем более, что уже разработаны способы сейсморазведки, основанные на использовании эффектов импульсного возбуждения, для повышения информативности метода [4, 10].

Завершая обсуждение проявления эффектов импульсных источников, отметим, что природа возникновения импульсов «разгрузки» и доказательства возможности их практического использования рассматривается и в инженерной сейсморазведке. Так, в работе В.В.Палагина и др. [9] дается оценка интенсивности вторичных импульсных источников при излучении вибратором монохроматических колебаний в диапазоне частот 400 Гц и выше. Им же приводится убедительный результат по использованию виброакустического источника применительно к задачам инженерной сейсморазведки. На рис. 5 приведены две сейсмограммы: одна получена при выключении вибратора (частота монохроматического сигнала 360 Гц), при этом момент выключения вибратора служил моментом запуска сейсмостанции (рис. 5 А), другая при ударе кувалды по подложке (рис. 5 Б). Сравнение показывает, что обе сейсмограммы имеют характер импульсных, причем при использовании вибратора видимые частоты записи приблизительно в два раза выше, чем при ударном возбуждении упругих колебаний.

Как уже отмечалось, одно из возможных объяснений наблюдения импульсных эффектов в вибросейсморазведке основано на нелинейных моделях сред. Такие модели используются в нелинейной геофизике, объектами изучения которой являются различного рода взаимодействия геофизических и геохимических полей, необратимые явления в геологических средах, нелинейные эффекты. Для виброакустических полей, в частности, одним из наиболее примечательных эффектов является возникновение волн-гармоник [3, 5 и др.]. На настоящий момент накоплен значительный объем экспериментальных материалов, доказывающих значительную интенсивность таких волн и возможность их практического использования. С их учетом уже довольно значительное время связывается существенное повышение эффективности вибросейса. Однако соответствующие исследования пока не вышли из стадии опытно-методических работ. Одна из основных причин сложившейся ситуации, по нашим представлениям, связана с недостаточной изученностью закономерностей формирования волн-гармоник и изменчивости их характеристик в различных сейсмогеологических условиях. Рассмотрим далее некоторые результаты выполненных нами экспериментов, в некоторой мере устраняющие отмеченные сложности.

При производстве опытно-методических работ в качестве источника возбуждения упругих колебаний использовался вибратор СВ-27/150К. Излучались монохроматические и линейно частотно-модулированные сигналы. Регистрация производилась на открытом канале с шагом дискретизации – 2 мс. Коэффициент передачи усилия на грунт изменялся от 0,3 до 0,7. Применялось группирование сейсмоприемников: 16 шт. GS-20DX на базе – 45м. При анализе наблюдений сейсмозаписей основное внимание уделялось амплитудно-частотным спектрам и спектрограммам, вычисленным в скользящих вдоль трасс окнах.

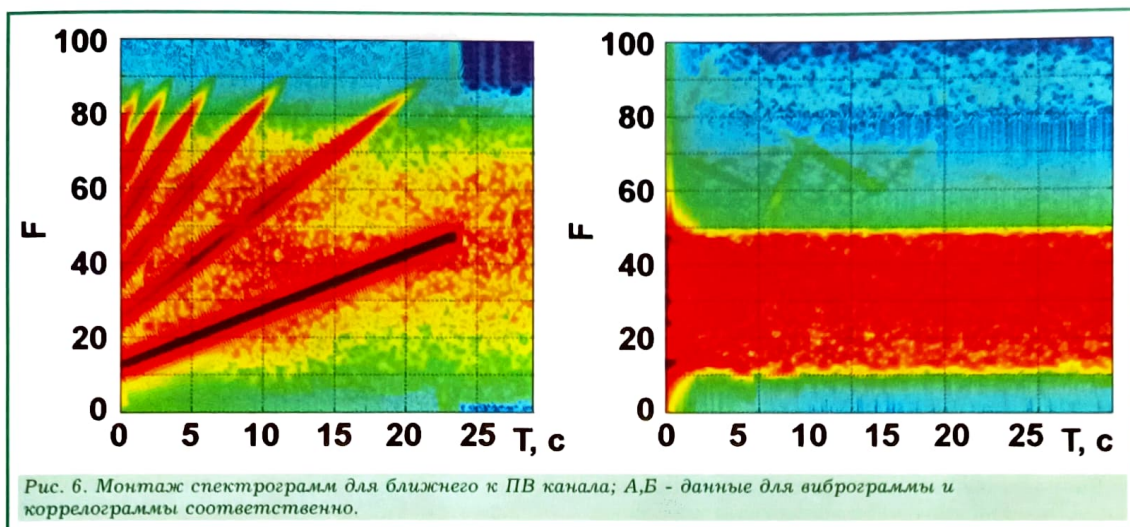


Рис. 6. Монтаж спектрограмм для ближнего к ПВ канала; А,Б - данные для виброграммы и коррелограммы соответственно.

На рис. 6 в качестве примера приведены вычисленные спектрограммы для виброграммы (рис. 6 А) и коррелограммы (рис. 6 Б). Из рассмотрения рис. 6 А следует, что помимо основной частоты использованного линейно частотно-модулированного сигнала 12 - 48 Гц зарегистрированные виброграммы содержат высокоамплитудные волны-гармоники. В общей сложности прослеживается пять гармоник с уменьшающейся с ростом частоты энергией. На спектрограммах коррелограмм проявление гармоник не наблюдается. Таким образом, можно констатировать, что после стандартной процедуры корреляционного преобразования виброграмм высокочастотные составляющие спектра, обусловленные волнами-гармониками, подавляются. Это обстоятельство с очевидностью следует из теории и может рассматриваться как потеря потенциально ценной информации. Поэтому целесообразно выполнять корреляционное преобразование не в поле, а в условиях стационарных вычислительных центров.

Спектральный анализ, выполненный по всем трассам сейсмограммы общего пункта возбуждения при монохроматическом возбуждении, позволил установить некоторые сложные закономерности в характере поведения волн-гармоник в зависимости от удаления канала приемной расстановки от источника возбуждения. Анализ изменения относительного уровня гармоник от удаления, полученного путем нормировки значений амплитуд спектров волн-гармоник к амплитуде основной частоты, излучаемой вибратором, показал следующее:

- по мере удаления приемного канала от источника возбуждения относительный уровень наиболее интенсивных второй и третьей волн-гармоник в целом возрастает. При этом, третья гармоника на ряде удалений, в том числе, на самых дальних каналах, больше по амплитуде чем вторая гармоника;

- отмечается периодичность в поведении амплитуд волн-гармоник, выражающаяся в наличии интервалов удалений с повышенными и пониженными уровнями их энергии;

- наиболее заметный рост относительного уровня волн-гармоник наблюдается с некоторого удаления, которое в условиях различных площадей составляло величину от 500 м до 1250 м.

Установленный эффект увеличения относительного уровня волн-гармоник с удалением от источника возбуждения монохроматических колебаний по всей видимости является следствием нелинейных свойств реальных геологических сред и специфических особенностей распространения в таких средах сейсмических колебаний.

Выявленные закономерности изменения относительного уровня волн-гармоник, по нашему мнению, могут быть использованы в практических целях. Эти волны обладают достаточной интенсивностью, что создает благоприятные предпосылки для получения дополнительной информации об особенностях строения изучаемого геологического разреза.

Завершая статью, вновь отметим, что объем накопленных на настоящий момент экспериментальных материалов виброрейса весьма велик, что нашло отражение в большом количестве публикаций. Однако, в них, как правило, освещаются материалы, не противоречащие известным из практики или теоретическим данным. Связано это со стремлением авторов публикаций обязательно проинтерпретировать все наблюдаемые ими явления или процессы и не акцентировать внимание на оставшихся непонятными результатах экспериментов.

Однако лишь труднообъяснимые или не соответствующие общепринятым представлениям экспериментальные данные создают объективную основу для разработки принципиально новых технологий или для внесения корректив в общепринятые технологии с целью повышения их эффективности.

В этой связи освещение подобных «парадоксов» в научной литературе и привлечение к ним внимания профессионалов вполне оправдано.

Литература

1. Васильев Ю.И., Видмонт Н.А., Гвоздев А.А. и др. Экспериментальное исследование сейсморадиационных сил в мягком грунте // Изв. АН СССР Физика Земли, 1986, №1, 52-56 с.
2. Васильев Ю.И., Видмонт Н.А., Гвоздев А.А. и др. Прямые измерения сейсморадиационного напряжения в мягком грунте // Проблемы нелинейной сейсмологии. - М., Наука, 1987, 149-152 с.
3. Жуков А.П., Шверсон М.Б. Адаптивные и нелинейные методы вибрационной сейсморазведки. - М. ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000
4. Методика разведки гетерогенных сред при взаимодействии различных геофизических полей / И.И.Хараз, Д.К.Андрейченко, А.М.Иванчук и др. // Геофизика. - 1999 - №3. - С. 14-21.
5. Михеев С.И., Гестрин С.Г., Живодрова М.В. Теория и перспективы использования ангармонических эффектов в вибрационной сейсморазведке Недра Поволжья и Прикаспия. Вып. 34. - Саратов, 2003. - с. 42 - 45
6. Недашковский И.А., Максимов А.А., Лоцик В.В. Об импульсных эффектах при вибрационной сейсморазведке // Геология и геофизика. - 1996 - Т. 37. - №3 - С. 108-111.
7. Николаев А.В., Павленко О.В., Яковлев А.П. Квазистатические деформации земной поверхности, вызванные вибровоздействием нелинейных свойств земных пород // Изв. РАН Физика Земли. - 1994 - №12 - С. 3-11
8. О структуре упругого поля, возбужденного продолжительными во времени вибрационными сигналами / И.И.Хараз, В.П. Лепешкин // Геофизика. - 2005 - №43 - С. 32-41
9. Палагин В.В., Попов А.Я., Дик П.И. Сейсморазведка малых глубин. - М. Недра, 1989, 210 с.
10. Патент № 2122220 (РФ) Способ сейсмической разведки / В.В. Тихаев, И.И.Хараз, В.А.Михайлов, В.П. Лепешкин, Д.М.Соболев. - Приор. 31.05.1996. - Опубл. 20.11.1998. Бюл. №32

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ





Источник сейсмических сигналов СВ-30/150Б

Н.П. Апелюхин, Е.Х. Набыбулин, Ф.И. Оменцов, О.А. Асан-Джалалов, П.А. Гридин, ЗАО "Геосвип", г. Москва

В течение 10-ти лет ЗАО «ГЕОСВИП» выпускает вибростанции сейсмических сигналов, в основном на транспортных базах отечественного производства — шасси автомобилей КАМАЗ-63501-926, УРАЛ-4320-41, КРАЗ-6322 (Украина), а также на специальных транспортных базах — МОАЗ-6910 (Беларусь) — СВ-27/150-362, колесно-гусеничное шасси — СВ-27/150БКГ и гусеничное шасси — СВ-24/PC27.

Вибростанции на шасси отечественных автомобилей, в силу климатических и дорожных условий, наиболее востребованы российскими геофизическими организациями. Однако для работы за рубежом заказчики отдают предпочтение американским и французским вибростанциям, которые смонтированы на специальных шасси типа «багги» (4x4). ЗАО «ГЕОСВИП» было очень трудно выигрывать тендеры на поставку вибростанций за рубеж. Была поставлена задача: в кратчайшие сроки создать надежный вибростанчик мощностью 30 тс на шасси типа «багги», который по своим характеристикам ни в чем не уступал бы зарубежным, а по ряду параметров и превосходил бы их. И такая задача успешно выполнена — коллектив КБ и завод ЗАО «ГЕОСВИП» создали новый вибростанчик СВ-30/150Б («Русич»), на который возлагаются большие надежды по завоеванию геофизического рынка, в первую очередь зарубежного.

Основной задачей разработки источника сейсмических сигналов СВ-30/150Б являлось создание конкурентоспособного, не уступающего по своим техническим параметрам зарубежным аналогам, источника сейсмических сигналов большой мощности на самоходном шасси высокой проходимости с максимальным использованием комплектующих отечественного производства и предназначенного для работы в регионах с

различными климатическими и геологическими условиями.

Источник сейсмических сигналов СВ-30/150Б смонтирован на самоходном гидрофицированном шасси типа «багги» с шарнирно-сочлененной рамой.

Основные технические параметры источника сейсмических сигналов СВ-30/150Б в сравнении с зарубежными аналогами представлены в таблице 1.

Как видим, по всем основным параметрам новый вибростанчик не уступает зарубежным аналогам. При этом основными его преимуществами являются:

- большая максимальная скорость;
- возможность свободного перемещения по дорогам общего пользования (при использовании шин размером 23,5-25) без специального разрешения.

Шасси источника СВ-30/150Б представляет собой самоходное гидрофицированное транспортное средство с шарнирно-сочлененной рамой. Важным преимуществом специального шасси с гидростатической трансмиссией является то, что оно оснащено одним двигателем, приводящим, как насосы ходовой части, так и насос вибратора.

В качестве силового агрегата для шасси применен мощный и экономичный отечественный двигатель Ярославского моторного завода ЯМЗ-7511 мощностью 400 л.с. Данный двигатель соответствует международным нормативам по экологии, правилам ЕЭК ООН Евро-2.

Использование специального транспортного средства для источника сейсмических сигналов в сравнении с конструкциями вибраторов, монтируемых на серийных автомобилях, обеспечило ряд преимуществ, а именно:

- размещение возбудителя вибрации в центре

Таблица 1. Сравнительная характеристика вибраторов

Производитель	ГЕОСВИП (Россия)	Input/Output Inc. (США)	Sercel (Франция)	BASV (Китай)
Модель	СВ-30/150Б	АНV-IV	NOMAD 65	Kz620
Тип шасси	Багги 4x4	Багги 4x4	Багги 4x4	Багги 4x4
Толкающее усилие, кН	300,6	275	276	282
Реактивная масса, кг	3798	3573	4082	4600
Масса опорной плиты, кг	1936	1771	1560	1380
Амплитуда перемещения реактивной массы, мм	76	98,3	76,2	76
Рабочий диапазон частот, Гц	5...250	5...250	7...250	6...250
Площадь поршня возбудителя вибрации, см ²	145,3	132,9	133,4	137,87
Площадь опорной плиты, м ²	2,5	2,5	2,62	2,25
Максимальный преодолеваемый угол подъема, % (град)	60 (31)	60 (31)	60 (31)	60 (31)
Максимальная скорость, км/ч	38	26	28	25
Полная масса, кг	32060	29937	28571	29000

шасси, что дает возможность более полно использовать массу вибратора для прижима опорной плиты к поверхности грунта;

-возбудитель вибрации расположен непосредственно над опорной плитой, что существенно повышает жесткость конструкции;

-более равномерное распределение нагрузок по осям, что существенно повышает проходимость транспортного средства по слабонесущим грунтам.

Рама источника изготовлена из высокопрочной низкотемпературной стали и состоит из двух полурам, соединенных универсальным шарнирным устройством. Полурамы могут поворачиваться относительно друг друга вокруг горизонтального и вертикального шарниров. Поворот шасси осуществляется с помощью двух гидроцилиндров за счет разворота полурам шасси относительно друг друга вокруг вертикального шарнира. Пропорциональная углу поворота и скорости вращения рулевого колеса подача рабочей жидкости к гидроцилиндрам осуществляется насосом-дозатором и усилителем потока. Угол поворота передней полурамы относительно задней равен $\pm 32^\circ$, это обеспечивает малый радиус поворота шасси и тем самым его высокую маневренность. Кроме того, универсальный шарнир позволяет полурамам наклоняться в вертикальной плоскости (вокруг горизонтального шарнира) относительно друг друга на угол до $\pm 16^\circ$. Это разгружает раму при движении источника по пересеченной местности и обеспечивает высокую проходимость при значительной длине продольной базы.

Гидропривод шасси представляет собой две независимые гидростатические трансмиссии, состоящие из регулируемых гидронасосов и гидромоторов фирмы SAUER-DANFOSS. Управление гидронасосами и гидромоторами - электрическое из кабины.

Трансмиссия шасси имеет четыре передачи, две из которых механические и две гидравлические. Переключение механической передачи осуществляется изменением передаточного числа коробки передач. Коробка передач представляют собой двухступенчатый редуктор, переключение скоростей которого осуществляется при помощи пневматического привода. Переключение гидравлической передачи осуществляется изменением объема гидромотора гидростатической передачи. Управление переключением

гидравлической передачи электрическое и осуществляется системой управления транспортным средством. Выбор конкретной передачи зависит от условия передвижения.

Совместная работа гидрообъемной передачи с механической коробкой перемены передач обеспечивает полный тягово-скоростной диапазон шасси источника сейсмических сигналов СВ-30/150Б.

В шасси источника применены ведущие мосты от отечественного трактора «Кировец» с самоблокирующимся дифференциалом типа «Ноу спин». Крепление мостов к полурамам шасси - жесткое. Мосты снабжены тормозными камерами с пружинным энергоаккумулятором. При установке на данные мосты шин размером 23,5-25 габарит источника сейсмических сигналов СВ-30/150Б по ширине составляет 2500 мм, что дает возможность передвижения без специального разрешения по дорогам общего пользования. В зависимости от различных геологических условий эксплуатации шасси источника может комплектоваться шинами различной размерности.

В таблице 2 показаны типы шин, которые можно устанавливать на шасси, их габаритные размеры и, соответственно, размеры по ширине источника сейсмических сигналов при их использовании.

В шасси источника сейсмических сигналов СВ-30/150Б использована кабина серийного автомобиля КамАЗ.

В кабине установлены панель с приборами управления и контроля шасси и вибратора, система управления вибратором и монитор видеоконтроля работы возбудителя вибрации и движения задним ходом. Контроль осуществляется при помощи видеокамер.

Шасси источника оснащено лебедкой с тяговым усилием 13,6 тс.

Для работы в различных климатических условиях источник снабжен системой предпускового подогрева с теплоизоляционным тентом и кондиционером, установленным в кабине.

Система предпускового подогрева обеспечивает:

- предпусковой подогрев рубашки двигателя и масла в поддоне;
- предпусковой подогрев масла в гидробаке;
- предпусковой подогрев топлива в топливном баке;
- подогрев аккумуляторных батарей;

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ



Таблица 2. Типы шин и ширина шасси источника

Обозначение шины	66x44-25 20 Ply	66x43-25 20 Ply	66x34-25 20 Ply	ДФ-16А	23,5-25
Условие применения	Песок и тундра	Грязь и снег	Промышленные универсальные	Промышленные универсальные	Твердая и каменная почва
Размеры, мм	Ø1684×1170	Ø1720×1051	Ø1676×846	Ø1739×750	Ø1617×597
Ширина шасси, мм	3646	3408	2998	2975	2500



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

-обогрев кабины.

Обогрев кабины и система кондиционирования обеспечивают комфортные условия работы оператора при эксплуатации источника сейсмических сигналов в различных климатических условиях.

В данном источнике использован ряд узлов и агрегатов, применяемых на других источниках сейсмических сигналов, изготавливаемых ЗАО «ГЕОСВИП». Прежде всего, это возбудитель вибрации, конструкция которого зарекомендовала себя с хорошей стороны за долгие годы эксплуатации. К таким узлам и агрегатам можно отнести и силовую установку, узлы системы гидравлической, системы предпускового подогрева и др.

Помимо комплектующих отечественного производства применены комплектующие ведущих зарубежных производителей. В основном это гидравлическое оборудование фирм ATLAS, DENISON Hydraulics, SAUER-DANFOSS, OLAЕ, PARKER HANNIFIN, STAR Hydraulics и др. Аналогичное гидравлическое оборудование применяется и на зарубежных аналогах источников сейсмических сигналов.

На вибрационном источнике установлена новая система управления транспортным средством. Эта система позволяет контролировать основные параметры и управлять двигателем, гидравлической, пневматической и электрической системами транспортного средства в комплексе. Аналоговые сигналы с датчиков систем поступают на модули входа (IX), расположенные в передней, средней и задней частях источника, в непосредственной близости от датчиков. В модулях входа данные датчиков оцифровываются и передаются по последовательной шине CAN (витая пара) на контроллер (MC). На контроллер также поступают данные с органов управления транспортной базой. Контроллер обрабатывает полученную информацию с помощью высокопроизводительного DSP процессора и через модули вывода (OX), соединенные с контроллером также по CAN-шине, передает управляющие сигналы на исполнительные устройства (управление двигателем, ходовыми насосами и моторами, осветительными приборами и т.д.). Все поступающие на контроллер данные визуализируются с помощью цветного жидкокристаллического дисплея повышенной яркости (DP). На дисплей также выводятся сообщения о выходе за пределы значений основных параметров работы систем. Кроме того, при выходе за допустимые пределы значений особенно важных параметров (например, давления масла двигателя, температура охлаждающей жидкости, давления подпора насосов и т.д.) контроллер может самостоятельно принять решение о блокировке тех или иных систем, или о полной остановке двигателя источника. Это позволяет значительно снизить влияние «человеческого фактора» на работу источника. Источник оснащен двумя цветными видеокамерами, одна из которых установлена под тентом и передает на дисплей изображение возбудителя вибрации, а вторая установлена сзади источника и при движении задним ходом передает изображение пространства за источником.

Источник оснащается системой управления «ВИКОНТ/СвипМастер», разработанной в ЗАО

«ГЕОСВИП». Система прошла испытания и в настоящее время успешно работает на различных типах отечественных и зарубежных вибраторов (IVI, KZ).

За два года производства и эксплуатации электронная система управления продолжала совершенствоваться. Были внесены изменения в алгоритм управления силой и фазой, в результате чего значительно улучшилась работа на жестких грунтах и на предельных режимах при достижении вибратором ограничений (limits). Устранены недостатки при работе источников на низких мощностях, которые проявлялись на некоторых типах грунтов.

Была проделана большая работа по сопряжению системы управления с сейсмостанциями компании Sercel. В настоящее время практически все данные QC (за исключением корреляционной функции) и GPS передаются в сейсмостанцию и доступны оператору - как и при работе с VE432. Для однозначной привязки записей PSS и полевых записей, каждая PSS-запись теперь включает в себя полученный из сейсмостанции параметр Shot/VP Id и координату источника Source Line, Receiver.

Значительно облегчен процесс настройки датчиков массы и золотника. Наладчику больше нет необходимости во время настройки смотреть на экран блока, который находится в кабине. К тестовому разъёму блока подключается специальный кабель с двухцветным светодиодом на конце, светодиод можно расположить недалеко от датчика и наблюдать за положением датчика во время регулировки по цвету и яркости.

В системе управления дополнительно реализован режим передачи дифференциальных поправок на GPS-приёмники вибраторов через радиостанции, подключенные к блокам управления. Передача происходит во время свипа и/или во время переезда (у компании Pelton этот режим называется Single Radio). Данный режим может значительно удешевить систему за счет отказа от дорогих радиомодемов, но в то же время имеет существенный недостаток - базовая станция GPS привязана к сейсмостанции.

В PSS добавлена информация об уровне сигнала на выходе цифрового детектора радиомодемов, что может облегчить поиск причины нестабильной радиосвязи, а также предупредить оператора сейсмостанции о том, что вибраторы удаляются на расстояние нестабильного приёма PSS.

Особо следует отметить, что система управления «ВИКОНТ/СвипМастер» выпускается по лицензии ЗАО «ГЕОСВИП» в США фирмой Seismic Source под наименованием FORCE 1 и FORCE 2, что несомненно являет собой ее признание как современной системы, отвечающей мировым стандартам и успешно конкурирующей на западном геофизическом рынке с электроникой фирм Pelton и Sercel.

Новая модель вибратора СВ-30/150Б была представлена на состоявшейся в марте с.г. презентации и получила высокую оценку представителей отечественных геофизических предприятий. В мае вибратор направляется для опытно-промышленных испытаний в Саратовскую геофизическую экспедицию (ФГУП «ИВНИИГГ»). Разработчики уверены - новый вибратор ждет хорошее будущее и сотни тысяч километров сейсмических профилей.



СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВИБРАТОРЫ класса P-WAVE



Сейсмические вибраторы семейства СВ – ряд мобильных невзрывных источников продольных сейсмических колебаний, предназначенных для:

- сейсморазведки на нефть и газ
- исследования околоскважинного пространства
- геофизических, в том числе малоглубинных, исследований
- инженерных изысканий различного характера (экологических, при выборе и подготовке территорий под строительство и т.д.)
- вибрационной диагностики зданий, сооружений, трубопроводных систем и для оценки их остаточной прочности

В качестве транспортной базы вибраторов этого семейства используются различные модификации автомобилей УРАЛ 4320 с к.ф. 6×6. Эта транспортная база и удачное распределение массы вибратора по осям гарантируют уверенное перемещение вибраторов СВ по дорогам любых категорий и по бездорожью. Конструкции агрегатов вибраторов позволяют эксплуатировать их в любых климатических зонах и на любых грунтах.

Хороший набор пиковых усилий (100, 150 и 200 кН) и широкий диапазон рабочих частот вибраторов СВ позволяют выбрать для конкретных геофизических условий наиболее эффективный тип.

При управлении по радиоканалу несинхронность запуска группы (партии) вибраторов не превышает $0,3 \cdot 10^{-3}$ секунды, а погрешность фазовой синхронизации составляет менее 6 градусов.

К началу 50-х годов прошлого столетия стало ясно, что дальнейшее развитие отечественного кораблестроения, авиации, космонавтики, ядерной энергетики и связанных с ними отраслей промышленности существенно сдерживается отсутствием в стране испытательной техники. Именно для решения этой задачи в г. Армавире в 1956 году было создано Специальное конструкторское бюро испытательных машин (СКБМ). Перед вновь созданной организацией была поставлена задача разработки и изготовления техники для испытания различных материалов, металлопродукции, пространственных конструкций. С 1968 г. по постановлению правительства в СКБМ были начаты работы по созданию мощной виброиспытательной техники. В рамках этой тематики в короткие сроки был разработан ряд вибростендов для испытаний на вибропрочность и виброустойчивость приборов, изделий и конструкций самого различного назначения. Первые же успехи СКБМ в области виброиспытательной техники и, в частности, в создании электрогидравлических преобразователей

оригинальной конструкции, позволили СКБМ заняться разработкой совершенно новой для страны техники – мобильных невзрывных источников сейсмических колебаний для геофизических исследований на нефть и газ. В сравнительно короткий срок коллектив СКБМ решил и эту задачу, и уже в 1979 году были изготовлены первые 55 сейсмических вибраторов СВ5-150. Сейсмический вибратор СВ5-150 стал первым в СССР серийно выпускаемым вибратором, предназначенным для проведения сейсморазведочных работ на нефть и газ. Именно этот вибратор внес определяющий вклад в развитие и становление вибрационной технологии сейсморазведочных работ в стране. В последующие годы СКБМ разработало ряд модификаций сейсмических вибраторов типа СВ и совместно с ПО «Точмаш-прибор» выпустило около 1500 сейсмических вибраторов, эффективно и надежно работающих на любых грунтах во всех климатических районах России и стран ближнего и дальнего зарубежья.

Сейсмические вибраторы СВ, выпускаемые ОАО «СКБМ», используются для:

- сейсморазведочных работ на нефть и газ;
- исследования околоскважинного пространства;
- геофизических, в том числе малоглубинных, исследований;
- инженерных изысканий различного характера (экологических, при выборе и подготовке территорий под строительство и т.д.);
- вибрационной диагностики зданий, сооружений, трубопроводных систем и для оценки их остаточной прочности.

Отличительной особенностью семейства сейсмических вибраторов типа СВ является их компоновка на автомобилях «УРАЛ-4320» различных модификаций с применением привода насосной станции, аналогичному силовому агрегату транспортного средства. Эта транспортная база и удачное распределение массы сейсмического вибратора по осям гарантируют уверенное перемещение сейсмических вибраторов СВ по дорогам любых категорий и по бездорожью.

Современный электрогидравлический

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



вибратор представляет собой сложное наукоемкое изделие, сочетающее в себе прецизионные механику и гидравлику, обеспечивающие точную отработку заданных сигналов и электронику, дающую возможность максимально автоматизировать процесс работы вибрационного источника и обеспечить наиболее полный контроль его работы, как на самом вибрационном источнике, так и дистанционно, с места оператора сейсморегистрирующей системы. При этом, поскольку возможности совершенствования гидромеханических систем вибрационных источников безграничны, основной упор в настоящее время делается на улучшение эксплуатационных характеристик вибрационных источников и ужесточение текущего контроля их параметров за счет развития электронных систем управления и средств контроля, как встроенных в системы управления, так и внешних. Конструкция сейсмических вибраторов типа СВ, имеющих штатную систему управления производства СКБИМ, позволяет легко переоборудовать их на систему управления Vib Pro Advance III компании "Pellon" (США), что существенно улучшает его эксплуатационные характеристики.

Необходимо отметить следующие конструктивные особенности современных вибраторов типа СВ:

- возбудитель вибрации крепится непосредственно на опорную плиту без промежуточных стоек, что способствует максимальной отдаче с минимальным количеством паразитных автоколебаний;

- использование сайлент-блоков и противозумных прокладок в местах соединения узлов и агрегатов вибратора делает его работу более «мягкой»;

- гидросистема снабжена электронными датчиками давления, обеспечивающими экспресс

диагностику гидросистем на рабочем месте оператора;

- насосная установка оборудована холодильным агрегатом, выполненным из латуни, значительно снижающим загрязненность рабочей жидкости, подогревателем ПЖД30Г для облегчения запуска двигателя в зимних условиях;

- обороты двигателя регулируются с помощью электрического привода.

О высоком научно-техническом уровне конструкторских решений, использованных в вибраторах, разработанных и выпускаемых СКБИМ, свидетельствует тот факт, что они защищены 12 патентами.

Набор пиковых усилий (100, 150 и 200 кН) и широкий диапазон рабочих частот позволяют выбрать для конкретных геофизических условий наиболее эффективный тип вибратора.

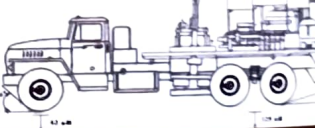
Основные параметры и характеристики вибраторов типа СВ приведены в таблице 1.

Вибрационные источники сейсмических сигналов являются оборудованием, условия работы которого предъявляют повышенные требования к качеству и надежности этой продукции. Одним из условий обеспечения высокого качества и надежности выпускаемой продукции является наличие постоянной, тесной связи с потребителями. Этому в СКБИМ уделяется особое внимание. Замечания потребителей рассматриваются и учитываются при корректировке конструкторской документации, изменении технологических процессов, приобретении и использовании новых средств контроля. Все это позволяет СКБИМ с уверенностью гарантировать эффективную, надежную и долговечную работу сейсмических вибраторов, поставляемых геофизическим предприятиям.

Таблица 1

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВИБРАТОРЫ

Основные параметры и характеристики

Наименование параметров	СВ 5-150 M2A	СВ 15-180	СВ 20-200
			
Максимальная амплитуда силы	100±10 кН	150±15 кН	200±20 кН
Диапазон рабочих частот	5...180 Гц		5...200 Гц
Неравномерность амплитуды силы в диапазоне частот	от 5 до 7 Гц - 10 дБ от 8 до 11 Гц - 6 дБ от 12 до 150 Гц - 3 дБ от 151 до 180 Гц - 6 дБ		от 5 до 10 Гц - 12 дБ от 11 до 150 Гц - 3 дБ от 151 до 200 Гц - 6 дБ
Сила прижима плиты	117,5 кН	125 кН	190 кН
Площадь опорной плиты	1,6 м²		1,95 м²
Привод	электрогидравлический с сервоклапаном		
Приводной двигатель насоса	ЯМЗ 236 M2, 132 кВт		ЯМЗ 238 M2, 176 кВт
Время непрерывной работы	не менее 9 часов по емкости топливного бака		
Транспортное средство - автомобиль к.ф. 676 типа	УРАЛ 4320-1111-10 или УРАЛ 4320-1111-31	УРАЛ 4320-1111-31	УРАЛ 4320-1912-30
Двигатель транспортного средства	ЯМЗ 236 M2, 132 кВт	ЯМЗ 238 M2, 176 кВт	
Запас хода	800 км		
Скорость перемещения	не более 50 км/час		
Дорожный просвет	400 мм		360 мм
Радиус поворота (по габариту)	11 м		13 м
Габариты (длина×ширина×высота)	(7700×2500×3160) мм	(8230×2500×3160) мм	(9078×2500×3100) мм
Полная масса	13500 кг	15320 кг	20535 кг

Особенности устройства и комплектации

- Использование однотипных дизелей для привода транспортного средства и вибратора.
- Штатная рама автомобиля усилена дополнительной рамой, на которой собственно и размещается вибратор и агрегаты его гидросистемы.
- В диапазоне частот 12...150 Гц по желанию оператора может быть включен режим стабилизации амплитуды силы.
- Запасной комплект резиновых изделий к вибратору.
- Запасной (сменный) сервоклапан, запасные датчики перемещения и ускорения.
- Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев.



СКБИМ, ул. Энгельса 154,
г. Армавир Краснодарского
края, Россия, 352900
т/факс (86137) 7-33-42
skbim@mail.ru
www.skbim.ru

Вибрационные источники на просторах Якутии

О. А. Гребеник, ГЗОИ ОАО «Хантымансийскгеофизика», г. Хантымансийск
П. Ю. Бузмаков, ПТОАУ Югорского филиала ОАО «Хантымансийскгеофизика»



ОАО «Хантымансийскгеофизика» выполняет полевые сейморазведочные работы в Якутии с 2004 г. Пять сейморазведочных партий, оснащенных комплексами «Вибросейс» компании AMG. В каждой партии для возбуждения сейсмических волн использовалось до 5 вибраторов Р-23.

За период 2004-2007 гг. отработано порядка 8000 км сеймопрофилей по методике МОГТ-2D и 700 км² МОГТ-3D.

Преимущества вибраторов связаны с возможностями проведения работ в пределах населенных пунктов и дорог без нарушения дорожных покрытий и самого верхнего слоя грунта. Они также позволяют управлять спектром возбуждаемых колебаний. Особенности вибрационного способа возбуждения колебаний обусловлены необходимостью: подбора оптимальных параметров возбуждения сейсмических колебаний (вид свипа, количество накопления, длительность свипа и его конуса), применения более сложной излучающей и регистрирующей аппаратуры, а так же специальных более трудоемких корреляционных способов обработки данных, приводящих к появлению дополнительных волн-гармоник, снижающих динамический диапазон регистрации колебаний. В данной статье мы рассмотрим подход к выбору параметров изучаемого вибраторами сигнала.

При длительном использовании вибрационных источников сейсмических колебаний в Якутии (республика Саха) ОАО «Хантымансийскгеофизика», совместно с представителями Заказчика работ супервайзерами, отработала сотни физических наблюдений опытных работ направленных на выбор параметров свип-сигнала, длины нижних и верхних частот

свипа, его конуса, изменения направления развертки, а так же принятия решения по применению линейного или логарифмического сигнала. В итоге была разработана достаточно обширная программа опытных работ (таблица 1). В таблице приведена только часть программы.

При подборе оптимальных параметров возбуждения сейсмических колебаний (начальные и конечные частоты свип-сигналов, вид свипа) нужно учитывать, что поверхностные сейсмогеологические условия не везде одинаковы. Примером могут служить опытные работы ВСП-1 на Северо-Патомской площади (рис.1-4). На рисунках видна низкочастотная помеха (12,5-13 Гц), которая связана с гидрографией. ПР 12-ПК 1400 (рис.1.3) находился у устья реки, поэтому на нем наблюдается высокоамплитудная низкочастотная помеха, которая забивает полезные частоты (20-40 Гц). И чем дальше от реки, тем выше интенсивность рабочих частот (рис. 2.4). Установив начальную частоту свип-сигнала 15 Гц, мы уже на стадии записи сейсмограмм можем фильтровать низкочастотные помехи (рис. 4). С такой же проблемой сталкивались и другие исследователи. Решение этой проблемы они видят в программе оперативного спектрального анализа. Конечная частота свип-сигнала не должна быть слишком большой, надо чтобы величина развертки составляла 2,5-3 октавы. Сравнение материалов (рис.2) показывает, что при конечной частоте 80 Гц сейсмограмма более интенсивна, чем при 100 Гц, это можно связать с распределением энергии по частотам.

Количество источников и количество накопленный серьезного влияния на качество материала не имеет, с их помощью можно лишь увеличивать

Мифы и парадоксы вибросейсморазведки
ОБМЕН ОПЫТОМ

Таблица 1. (*работало 2 вибратора.)

№ н.н	Вид свипа	Кол-во Накоплений	Номер файла	База, м	Режим	Частота свипа, Гц	Длина свипа, с	Конус свипа, мс
1	Log-5	N	1	25	статический	8-100	10	1000
2	Log-5	6	2	25	статический	8-100	10	1000
3	Log-5	4	3	25	статический	10-100	10	1000
4	Log-5	4	4	25	статический	10-100	10	1000
5	Log-5	6	5	25	статический	12-100	10	1000
6	Log-5	4	6	25	статический	15-100	10	1000
7	Log-5	4	7	25	статический	15-80	10	1000
8	Log-5	4	8	25	статический	15-84	10	1000
9	Log-5	4	9	25	статический	15-90	10	1000
10	Log-5	4	10	25	статический	15-90	8	1000
11	Log-5	4	11	25	статический	15-90	12	1000
12	Log-5	4	12	25	статический	15-90	10	1000
13	Log-5	6	13	25	статический	15-90	10	1000
14	Log-5	8	14	25	статический	15-90	10	500
15	Log-5	4	15	25	статический	15-90	10	1500
16	Lin	4	16	25	статический	15-90	10	1000
17	Log-5*	4	17	25	статический	15-90	10	1000
18	Log-5*	4	18	25	статический	15-90	10	1000
19	Log-5	6	20	25	статический	15-90	10	1000

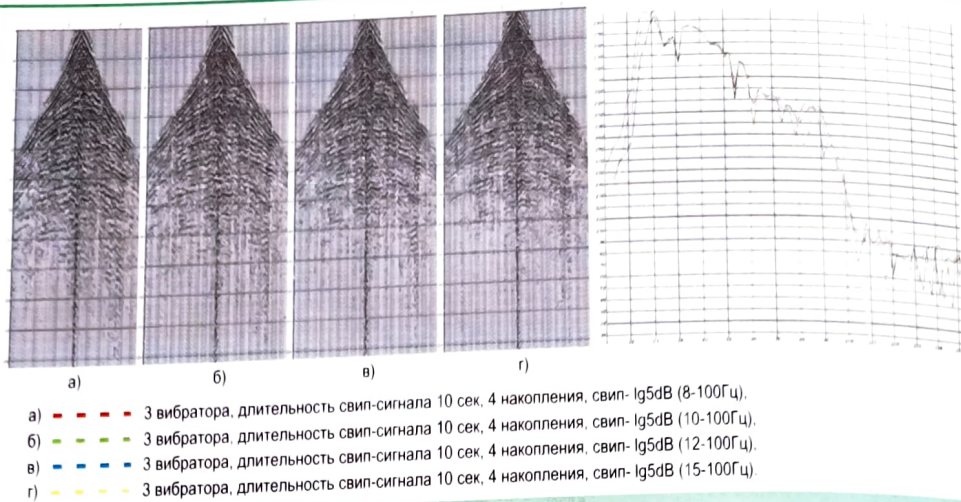


Рис. 1. Сейсмограммы и их спектральные характеристики PR12/SP1400

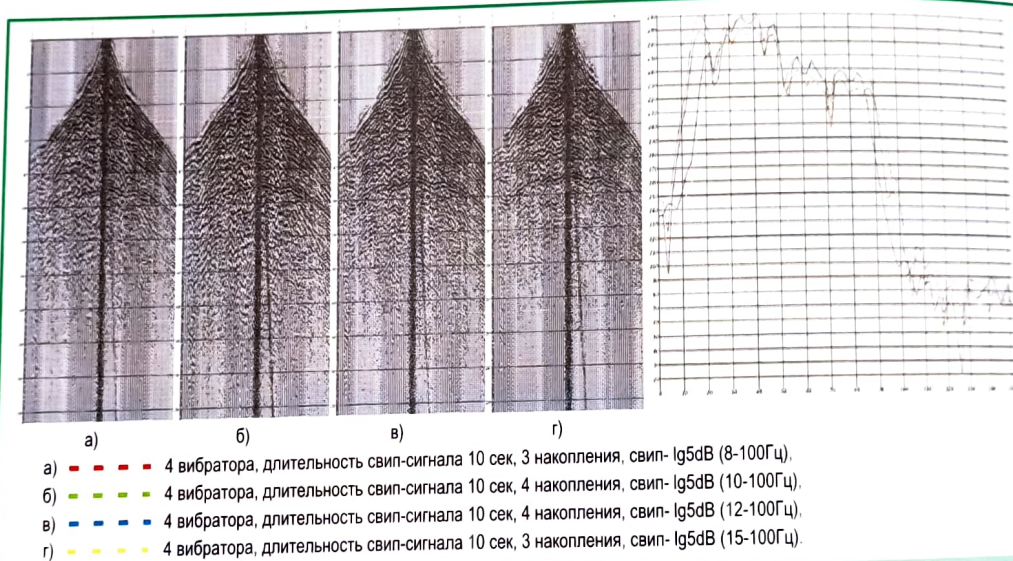


Рис. 2. Сейсмограммы и их спектральные характеристики PR9/SP914

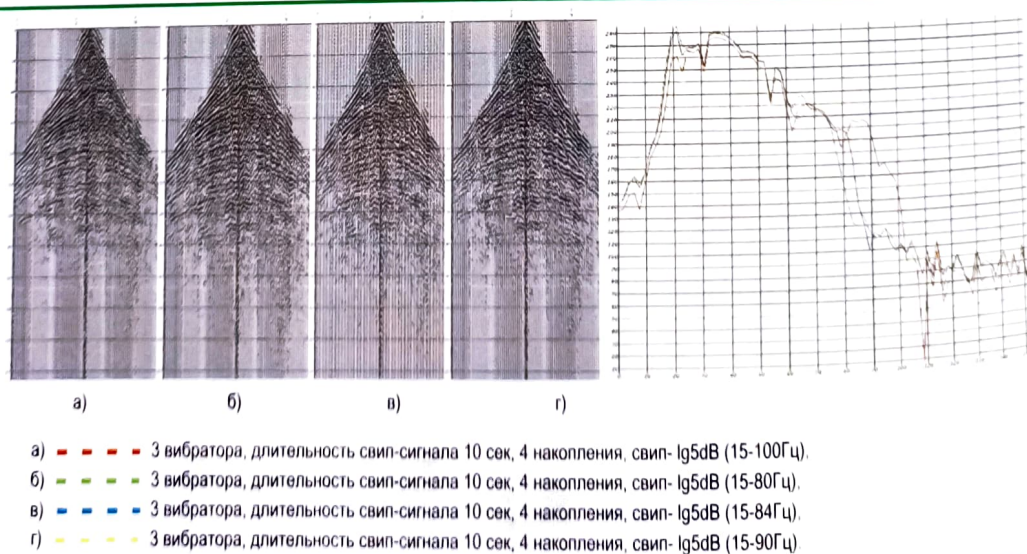


Рис. 3. Сейсмограммы и их спектральные характеристики PR12/SP1400



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ОБМЕН ОПЫТОМ

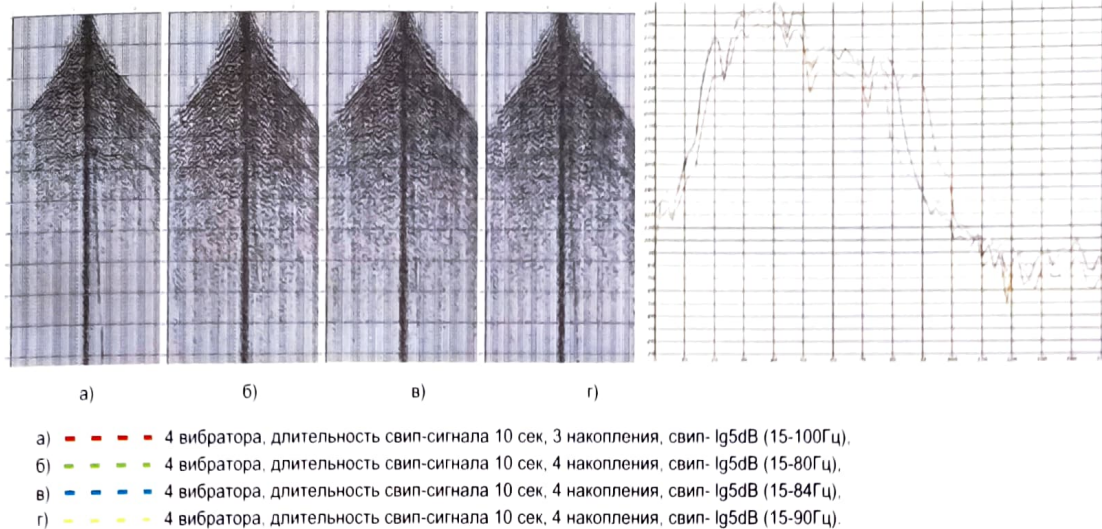


Рис. 4. Сейсмограммы и их спектральные характеристики PR9/SP914

интенсивность волн, для того чтобы более четко выделять отраженные волны. Конус свипа также не очень влияет на получаемый материал, и с годами был принят интервал от 350-1000 мс.

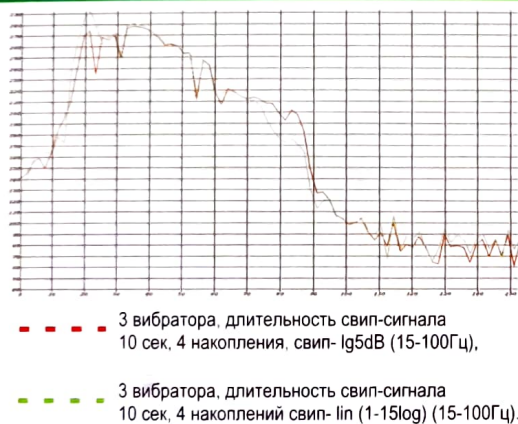


Рис. 5. Спектральные характеристики полевых сейсмограмм

Немаловажную роль играет и выбор вида свип-сигнала. На протяжении всего времени

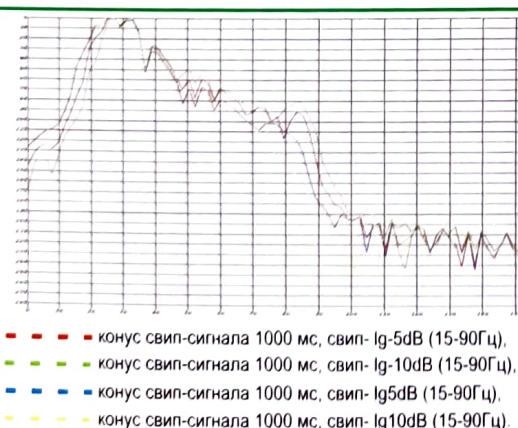


Рис. 7. Спектральные характеристики полевых сейсмограмм PR15/548

работ на территории Республики Саха проводились работы как линейным, так и логарифмическим свип-сигналом.

По результатам опытных работ на Северо-Патомской площади можно сделать следующий вывод: логарифмический свип снижает уровень низкочастотных помех и повышает отношение

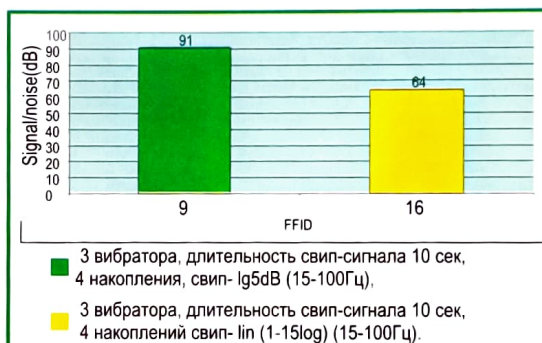


Рис. 6. Соотношение уровня записи к уровню шума

сигнал/помеха (рис. 5.6).

Но, выбирая логарифмический сигнал, следует учитывать крутизну свипа. При положительном свип-сигнале повышается уровень низких частот, что не совсем приемлемо для дальнейшей обработки (рис. 7).

При высоком отрицательном свип-сигнале (log -10,-15) запись настолько высокочастотна, что в гористой местности можно получить материал, который тяжело обрабатывать.

Анализируя опыт работы методом «Вибросейс», как в Западной, так и Восточной Сибири, сотрудники ГЭОН ОАО «Хантымансийскгеофизика» пришли к следующему мнению: подбирая параметры свип-сигнала для работы вибраторов, необходимо принимать во внимание изменчивость поверхностных сейсмогеологических и орографических условий работ, а так же проводить качественный спектральный анализ получаемых сейсмических записей как на опытных работах, так и в течение всего сезона работ.



Опыт использования вибрационных источников KZ – 23 на территории Саратовской области

В.А. Селезнев, В.В. Матвеев, филиал «Саратовская Геофизическая экспедиция» ФГУП «НВНИИГТ», г. Саратов
В.В. Циммерман, ЗАО «СейсЭл», г. Москва

В октябре 2006г. в составе филиала «Саратовская геофизическая экспедиция» ФГУП «НВНИИГТ» была организована новая сейсмическая партия на базе вибросейсмического комплекса: телеметрическая сейсморегистрирующая система Прогресс – Т 2 (разработка СКБ СП, Россия), вибрационных источников сейсмических волн KZ – 23 (производства BASV, Китай) и электронной системы управления «Мини Контроллер Плюс» (разработка ЗАО «СейсЭл» и НПО «Сейсмотехника»). Эксплуатационные качества нового вибрационного комплекса позволили сразу же дать положительные результаты, так уже в феврале 2007г. была достигнута производительность в 235 пог. км сейсмических профилей за месяц, при этом зарегистрировано более 18 тыс. физ. точек с коэффициентом качества технической обработки 0,98. К 1 июля 2007г. на территории Саратовской области было отработано с использованием вибрационных источников KZ- 23 более 950 пог. км сейсморазведкой 2D.

В табл.1 приведены основные технические данные и возможности вибрационных источников KZ-23 и электронной системы управления «Мини Контроллер Плюс».

Особенности конструкции

Вибратор выполнен на самоходном шасси 4Ч4

Таблица 1. Основные технические характеристики вибратора KZ-23

Расчетное усилие	51000 lbs (23,15 т)
Усилие прижима (HDW)	50100 lbs (22,75 т)
Диапазон частот	от 6 до 200 Гц
Шасси	4х4 гидростатика & механика
Габариты:	
длина	9300 мм
ширина	2670 мм
высота	3100 мм
Полная масса	51400 lbs (23,34 т)
Мощность двигателя	335 л.с.
Максимальная скорость	25 км/час
Радиус поворота	14м

с гидростатическим приводом. Один двигатель работает как на ходовую часть, так и на вибрационную.

Возбудитель вибрации низкопрофильный, компактный. Прижим к поверхности грунта осуществляется нетрадиционным способом: усилие веса прикладывается к верхней части стойки опорной плиты. Поперечная (горизонтальная) устойчивость обеспечивается боковыми резиновыми бамперами, расположенными на самой опорной плите внизу и на стойке сверху. Такая конструкция гарантирует полноценный прижим плиты и безопасную работу на уклонах и на грунтах со значительной неровностью поверхности.

Конструкция опорной плиты легкая и достаточно жесткая. Соотношение весов "плита-масса" составляет 1:3,2. Это гарантирует эффективность излучения высоких частот.

Возбудитель вибрации приводится в действие комплектом сервоклапанов MOOG серии 79 (распределительный каскад) и серии 760С (управляющий каскад), гарантирующие полное и



Рис. 1. Электронная система управления «Мини Контроллер Плюс»

эффективное использование первичной гидравлической мощности насосной установки.

Электронная система управления

На вибраторе установлена система управления "Мини Контроллер Плюс" рис.1, с функциями Advance II, ver.6 (Pelton Co.Inc., USA).

Эта аппаратная версия, в свое время разработанная фирмой Pelton Co., Inc. специально для Российского рынка, получила у нас довольно широкое распространение благодаря наилучшему соотношению "цена-качество". При полном сохранении основных функций стоимость ее была радикальным образом снижена за счет упрощенного компактного корпуса. Минимум органов управления упрощает эксплуатацию и защищает от неквалифицированного вмешательства.

Полная аппаратная и программная совместимость с предыдущими версиями сделали процесс ее внедрения предельно простым и безболезненным для потребителя. А широко известная марка –Advance II – не дает повода сомневаться в качестве и функциональных возможностях.

Электроника "Мини Контроллер Плюс" обеспечивает:

- формирование линейных и нелинейных свип-сигналов в диапазоне от 2 до 500Гц;
- отработанные алгоритмы контроля вибрационного усилия и фазовой коррекции;
- автоматический режим настройки электрогидравлической следящей системы;
- защиту возбудителя вибрации от перегрузок;
- непрерывный контроль качества излучения по типовому набору параметров при работе на профиле;
- использование радиоканала для программирования рабочих параметров, диагностики технического состояния, проведения сверки и получения отчетов о качестве произведенного излучения.

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ
ОБМЕН ОПЫТОМ



Рис. 2. Синхронизирующий генератор ГСТ

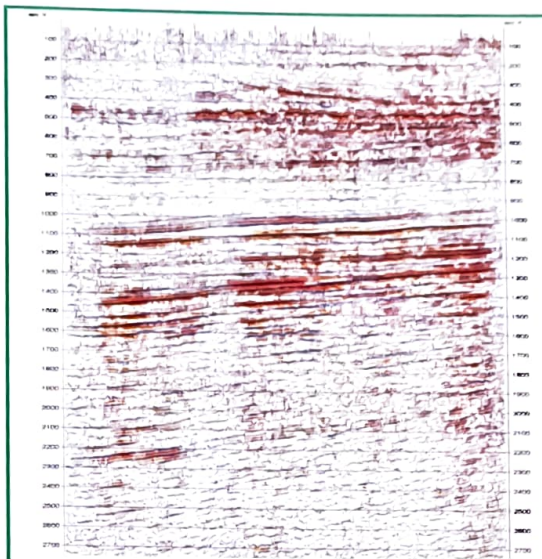


Рис.4. Пример временного разреза
(Милорадский прогиб Пугачевского свода)

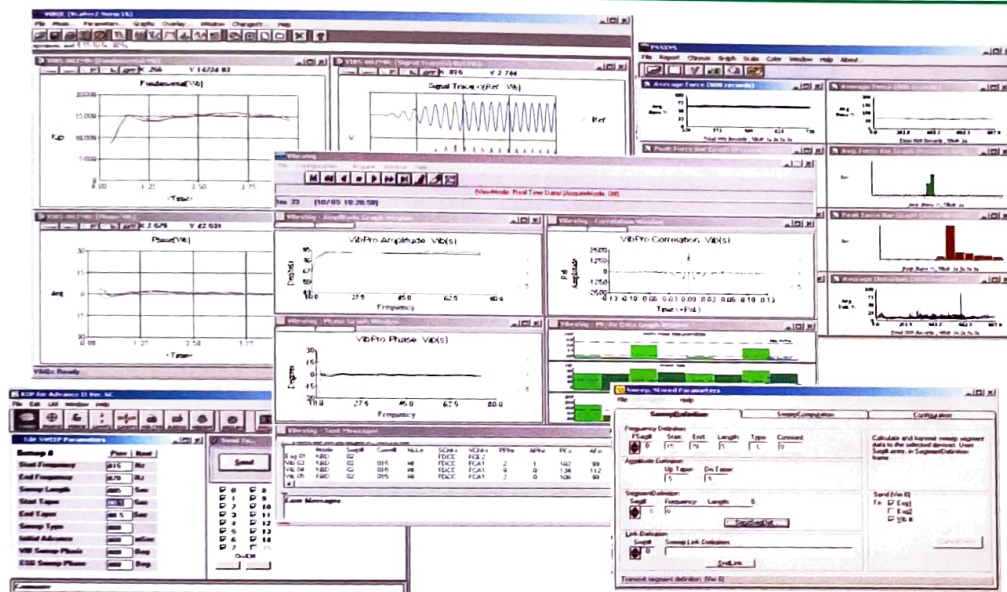


Рис.3. Графический интерфейс пользователя

Возможно дополнение GPS опцией.

Особенность данного аппаратного комплекса состоит в том, что в качестве синхронизирующего генератора использован блок ГСТ – совместная разработка ЗАО "СейсЭл" и НПО "Сейсмтехника" рис.2. Возможность управления аппаратурой Advance II, ver.6 является одной из его функций.

Аппаратура имеет возможность прямого подключения к компьютеру для управления и диагностики.

Программное обеспечение позволяет рис.3:

- редактировать значения свип-сигналов и рабочих параметров;
- диагностировать техническое состояние аппаратуры и вибратора в целом;
- получать, накапливать и проводить статистический анализ характеристик качества излучения за отчетный период работы на профиле.

Учитывая небольшой опыт использования вибрационных источников КЗ- 23 основные выводы по конструктивным недостаткам могут

быть сформулированы позднее, за исключением, пожалуй, частых поломок шестеренчатозубчатых соединений в коробке передач.

Выполнение сейсмических исследований проводилось в Балаковском районе Саратовской области по традиционной для Саратовской геофизической экспедиции технологии уплотненного сбора сейсмических данных с пунктами возбуждения через 12,5 м и кратностью профилирования 160- 240, временных разрез, полученный в сейсмогеологических условиях левобережья Саратовской области приведен на рис.4.

В целом новый вибросейсмический комплекс зарекомендовал себя достаточно надежным инструментом для проведения геофизических работ в сложных сейсмогеологических условиях на территории Саратовской области, полученные материалы характеризуются высокой степенью информативности и освещении глубинного строения для решения нефтепоисковых задач.

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ОБЪЕМН О ПЫТОМ



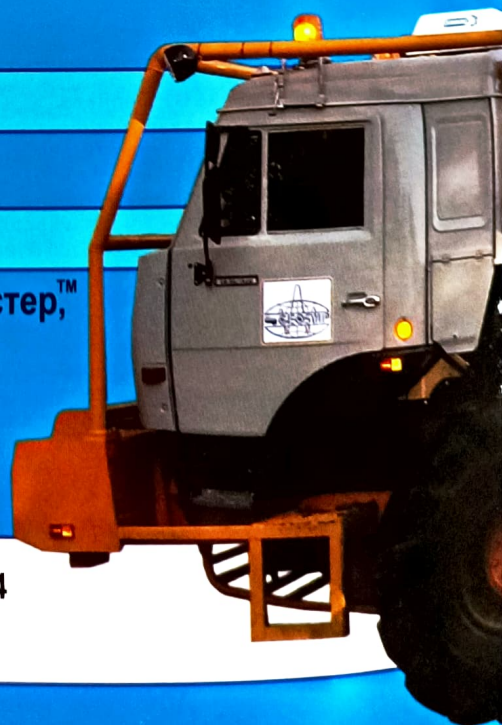
Виброисточник
сейсмических
сигналов

на просторах России! ...
И не только...

Русич



Макс. толкающее усилие, кН	300,6
Рабочий диапазон частот, Гц	5...250
Клиренс по опорной плите, мм	460
Диапазон температур, °С	-35...+40
Система управления	ВИКОНТ СвипМастер, [™] ЗАО «ГЕОСВИП», Россия



ЗАО «ГЕОСВИП», 107140, Москва, ул. Н. Красносельская. 4
Тел./Факс: (499) 264-6787 E-mail: info@geosvip.ru



ШАССИ (4 X 4) С ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННОЙ РАМОЙ



СООТВЕТСТВИЕ ДОРОЖНЫМ СТАНДАРТАМ



ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ



АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И ТРАНСМИССИИ С ОТОБРАЖЕНИЕМ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА МОНИТОРЕ В КАБИНЕ



ВИДЕОКАМЕРЫ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОЗБУДИТЕЛЕМ ВИБРАЦИИ И КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ЗАДНИМ ХОДОМ

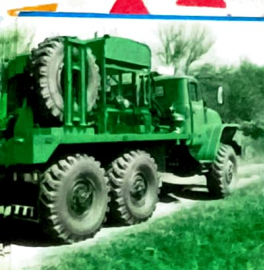


СИСТЕМЫ ВИНТЕРИЗАЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ



ОПЦИОННАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ ШАССИ ШИНАМИ 23,5-25, 28.1-25, 67X34.00-25, 66X43.00 ИЛИ 66X44.00-25





Опыт применения вибрационных источников в ОАО «Сибнефтегеофизика»

А.П. Дроздов, В.Н. Беспечный, А.И. Иванов, ОАО «Сибнефтегеофизика», г.Новосибирск

В последние годы спрос на геофизические услуги постоянно растет, и при этом растут предложения на обработку площадей, осложненных как природными и техногенными факторами, так и населенными пунктами, где работа с взрывными источниками по соображениям техники безопасности и экологии невозможна. В силу неуклонного повышения сложности объектов, геофизические компании – подрядчики переходят на невзрывные источники возбуждения сейсмических волн, одним из которых является вибрационный метод.

ОАО «Сибнефтегеофизика» имеет богатый опыт проведения исследовательских и производственных работ с вибрационным источником возбуждения сейсмических волн. Вибрационные работы выполнялись в Зайсанской впадине (Восточный Казахстан), на Верхнечонской площади (Восточная Сибирь), в Монголии, в

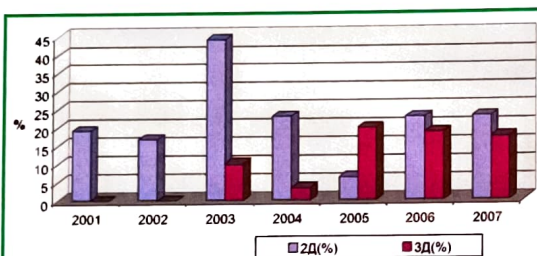


Рис.1. Вибросейсморазведка в общем объеме сейсмических исследований.

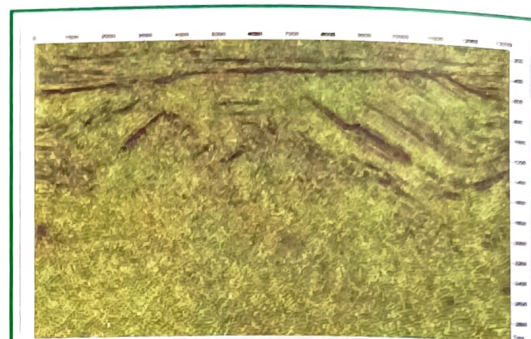


Рис.2. Работы в Монголии – один из первых проектов, выполненных с применением вибраторов.

Кемеровской области, в Тюменской области (ХМАО, ЯНАО), в Новосибирской области и Алтайском крае. Учитывая неуклонный рост объема и утяжеления методики сейсмических работ, удельный вес вибрационных исследований растет см. (рис.1).

Работы выполнялись, как в обычном варианте с разведкой осадочного чехла [2], так и в варианте сверхглубинного ОГТ с освещением всей толщи земной коры до 30-40 км [1]. Как по детальности освещения, геологического строения осадочного чехла, так и по глубинности исследований получены достаточно убедительные материалы по эффективности вибрационных источников (рис.2,3). Эта эффективность достигается за счет тщательно-

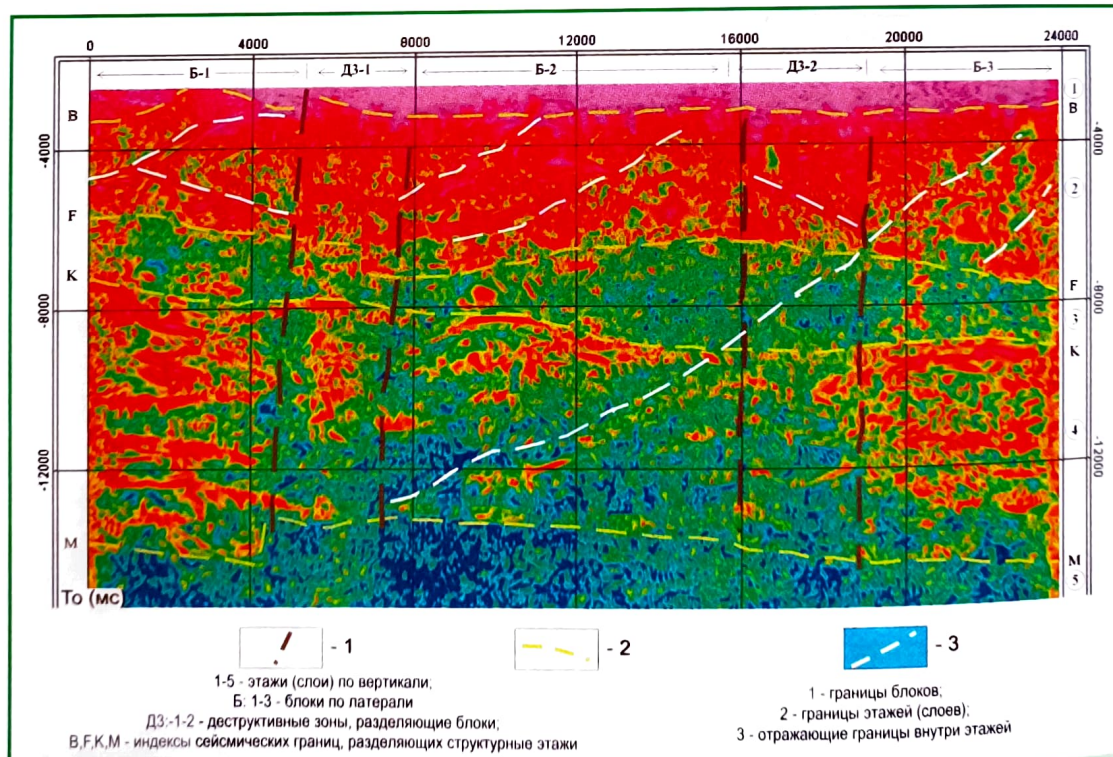


Рис.3. Схематическая модель строения земной коры по региональному профилю.

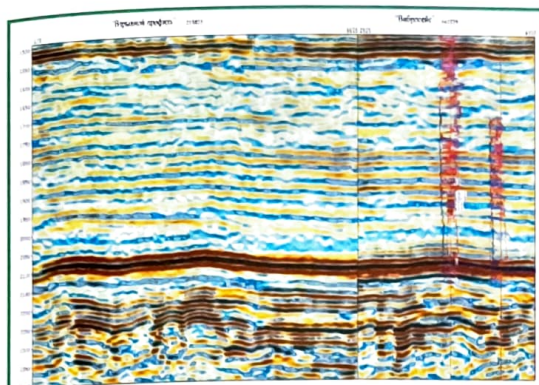


Рис.4. Составной сейсмический разрез (взрывной+вибрационный)

го соблюдения регламентов контроля вибраторов, технологии и культуры работ на профиле и детальности обработки полученных данных.

Волновые поля, полученные вибрационными и импульсными источниками, имеют высокую меру сходства, но при детальном анализе см. Рис.4, но существует ряд отличий.

При вибрационном возбуждении основная доля энергии расходуется на образование низкоскоростных поверхностных и поперечных волн. Так, например, для источника типа сосредоточенной вертикальной силы, установленного на упругой поверхности, ~68% излучаемой энергии приходится на поверхностные волны, ~25% - на поперечную и лишь ~7% - на продольную составляющую[3,4]. Такой низкий КПД можно повысить, увеличив число накоплений и длину свип-сигнала и применив группирование источников, а современные



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ОБМЕН ОПЫТОМ

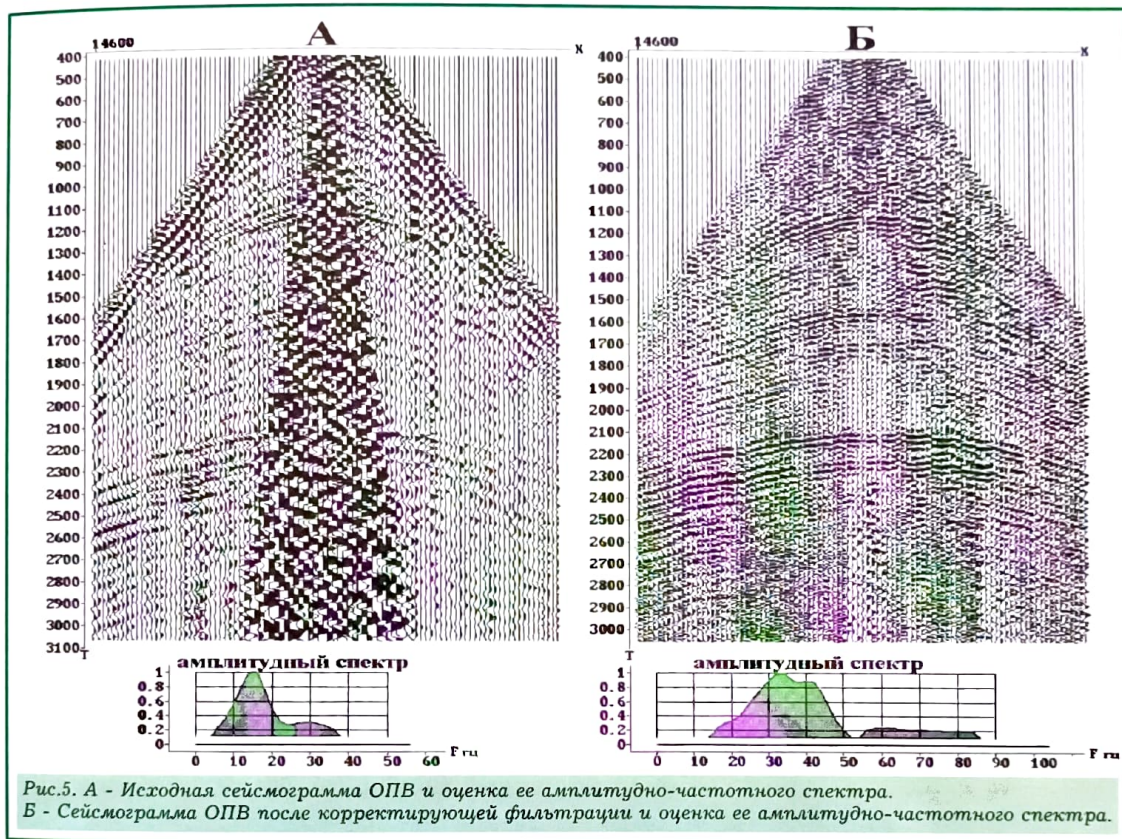


Рис.5. А - Исходная сейсмограмма ОПВ и оценка ее амплитудно-частотного спектра.

Б - Сейсмограмма ОПВ после корректирующей фильтрации и оценка ее амплитудно-частотного спектра.

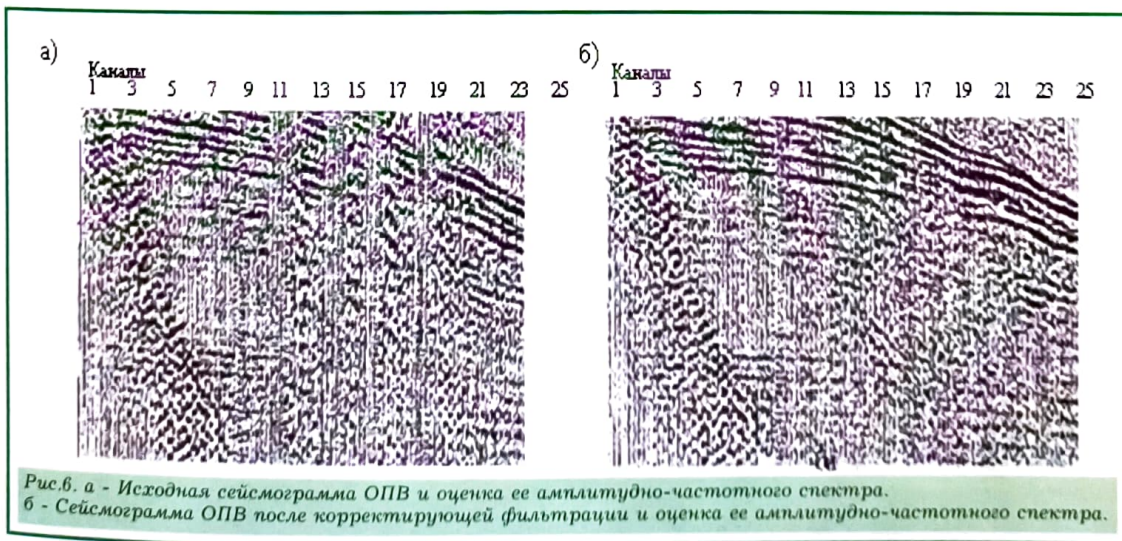


Рис.6. а - Исходная сейсмограмма ОПВ и оценка ее амплитудно-частотного спектра.

б - Сейсмограмма ОПВ после корректирующей фильтрации и оценка ее амплитудно-частотного спектра.



алгоритмы обработки эффективно борются с поверхностными и другими волнами помех (см. рис.5). Следует отметить, что уровень поверхностной волны напрямую связан с системой «вибратор – грунт». Чем ближе система «вибратор – грунт» к упругой модели, тем ниже уровень поверхностной волны и выше кажущиеся частота записи.

2. Вибрационная запись, как правило, осложнена помехами (волны – гармоники), связанные с нелинейными искажениями в системе вибратор – грунт. Данный тип помехи не оказывает существенного влияния на конечный результат обработки. Так для разверток с нарастанием частоты, волны – гармоники, образуемые на малых временах от интенсивных регулярных волн, смещаются за пределы подешовой записи, а от горизонтов на больших временах не оказывают существенного влияния и даже могут использоваться в обработке и давать дополнительную информацию [3,4]. Для разверток с убыванием частоты наблюдается обратная картина.

3. На записях от вибратора уровень микросейсм сказывается значительно меньше (эффект накопления) чем от одиночных импульсных источников. Стационарные помехи, источники которых находятся в дальней зоне, легко убираются современными средствами обработки. Нестационарные помехи (импульсные выбросы, движущийся транспорт и т.д.) успешно даются редактором шума (рис. 6). Выше перечисленные факторы, существенно расширяют возможности применения вибрационного метода в сейсморазведке.

4. По спектральному составу и энергетическому уровню вибрационная запись уступает волновому полю, полученному от взрывного источника. Эта проблема ставит перед разработчиками и методами вибросейсмического оборудования задачи

по повышению мощности и расширению частотного диапазона виброизлучателя, путем детального изучения и оптимизации характеристик системы «вибратор – грунт», а также подбором функции развертки управляющего сигнала.

Вывод

В настоящее время вибрационный метод получил широкое распространения в сейсморазведке. Увеличения объемов вибрационного метода в сейсморазведке связаны не только с его геологической эффективностью. Вибрационные источники незаменимы при выполнении сейсмических исследований в районах с существенными техническими нагрузками и экологическими ограничениями. В ряде случаев эти обстоятельства имеют решающее значение при выборе источника.

Внедрение вибрационного метода повысило технико-экономические показатели сейсморазведки, за счет исключения буровзрывных работ и, соответственно, уменьшения численного состава полевых партий.

Повышения эффективности вибрационного метода и его дальнейшее распространения в сейсморазведке связаны с эффективным расширением диапазона частот излучения, повышением КПД излучения энергии продольной составляющей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журнал «Геофизика». 2001г. Спецвыпуск к 30-летию ОАО «Сибнефтегазфизика». Ведерников Г.В., Галлямов К.К., Житов А.В. «Особенности глубинного строения Самотлорской площади»
2. Журнал «Геофизика». 2001г. Спецвыпуск к 30-летию ОАО «Сибнефтегазфизика». Беспечная Л.Ю., Борщ С.С., Ведерников Г.В. «Новые данные о геологическом строении Кузнецкого прогиба»
3. Журнал «Геофизика». 2001г. Спецвыпуск к 30-летию ОАО «Сибнефтегазфизика». Ведерников Г.В., Максимов Л.А., Жарков А.В. «Исследование кратных гармоник вибросигнала»



World Leader in Magnetotellurics PHOENIX GEOPHYSICS

- Многофункциональная и специализированная электроразведочная аппаратура для всех наземных EM методов. Высокоточная GPS синхронизация всех приборов.
- Датчики, приёмники, генераторы, мониторинговые системы, вспомогательное оборудование.
- Полный комплект аппаратурно-технических средств и программного обеспечения для выполнения полевых измерений, обработки и интерпретации. Русифицированная документация. Сдача под ключ на объекте Заказчика.
- Централизованное обучение обслуживающего персонала и курсы повышения квалификации в России. Гарантийное сервисное обслуживание в течение трех лет



Toronto

Системы в полном комплекте для поисков, разведки, мониторинга и научных исследований

Тел: +1 416 491-7340 Факс: +1 416 491-7378 www.phoenix-geophysics.com mail@nhoenix-geophysics.com

Использование данных вибросейсморазведки для прогноза емкостных свойств терригенных и карбонатных коллекторов в пределах восточного склона Приволжского мегавала

Л.В. Ячменева, В.А. Саввин, О.И. Шкрятов, С.Г. Адонычева, ООО «НПК «Геопроект», г.Саратов



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ

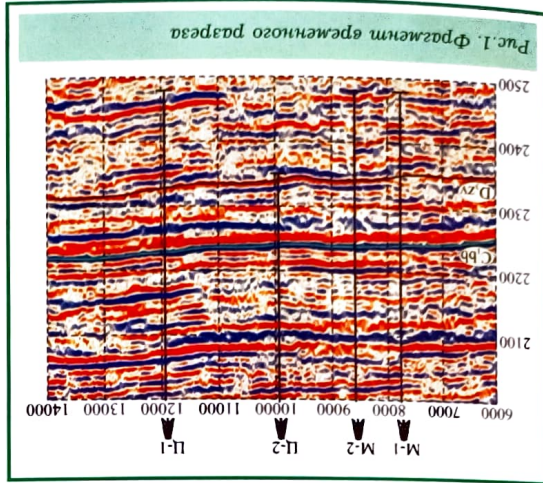
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

В последние 15-20 лет в большинстве нефтегазовых областей России сейсморазведочные работы проводятся с использованием вибросейсмических источников возбуждения. В 70-е – 80-е годы прошлого века, когда оценивались терригенные пласты бобриковского горизонта и в карбонатных отложениях турнейского яруса на глубинах свыше 4200 м. Для уточнения геологического строения разреза были проведены сейсморазведочные работы методом ОТГ: параметры свмп-сигнала – Фнач-Фкон=10-87 Гц, релаксация – 6 с, шаг дискретизации – 2 мс, кратность 70. Сейсмический материал обрабатывался по графу, направленному на последующее прогнозирование разреза. Целью обработки являлось: высокое соотношение сигнал/помеха, надежная прослеживаемость отражений, временная и динамическая разреженность записи на уровне целевых горизонтов.

Обработка сейсмограмм производилась с сохранением истинного соотношения амплитуд записи с устранением влияния неидентичности условий приема и возбуждения. Для ослабления низко- и среднечастотных волн-помех применялись полосовая и двукратная вейерштрассовская фильтрация. Особое внимание уделялось подбору параметров деconvolution для расширения спектра сейсмической записи в интервале целевых отражений, а также коррекции кинематических и поверхностно-зависимых статических поправок.

Полученные временные разрезы (рис.1 и рис.2) использовались для прогнозирования изменений коллекторских свойств продуктивной части разреза. Современная структурная интерпретация с учетом данных глубокого бурения показала, что залежи нефти в отложениях турнейского яруса и бобриковского горизонта не контролируются локальными структурами, а приурочены к валлообразному структурному носу (рис.3). На западе на юго-восток отображается валлообразная приподнятая зона субмеридиального простирания, раскрывающаяся и переходящая на севере в относительно выположенную структурную террасу.

С применением технологий прогнозирования решалась задача оценки перспектив продуктивного интервала на площади неслесалованья. По материалам ГИС определялись коллекторские свойства бобриковского горизонта и терригенных пластов) и коэффициенты эффективности (для карбонатных отложений).



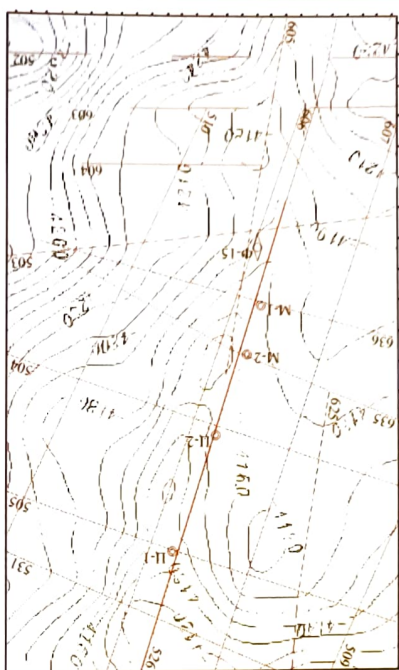
Для Нижневолжской нефтегазоносной области Волго-Уральской нефтегазоносной провинции характерен широкий диапазон промышленной нефтегазоносности – от средне-верхнедевонских до сакмарско-артинских отложений нижней перми. Большое количество залежей нефти здесь было открыто во второй половине 80-х годов. В настоящее время эти месторождения параллельно с разработкой дорабатываются. При этом по выявленным залежкам углеводородов на базе прогноза емкостных параметров коллекторов уточняются их геостратиграфические размеры и запасы, по новым объектам оцениваются локализующиеся про-

сравнительной оценкой с взрывной сейсморазведкой, как эталонном качестве. В данной статье не ставится задача сравнительного анализа результативности прогноза по данным взрывной и вибросейсмической сейсморазведки. На сегодняшний день выявлены отличия и преимущества разных источников возбуждения в силу многих причин практически невозможного. В тоже время данные прогноза веществественного состава и геологических свойств разреза по составу и геологическим характеристикам геологическим-нефтегазовым все более воспримчивы для геологических результатов используются и на поисково-разведочных этапах работ, и на стадии разработки месторождений. В данной статье мы покажем пример прогноза емкостных свойств коллекторов по данным вибросейсмической сейсморазведки.

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



Рис.3. Фрагмент стратиграфной карты по геоблокскому зонированию



но прогнозировать, переходя к тому, что нужно чesких условиях: определение того, что возмож- критериев для прогноза в конкретных геологи- ной в НПК «Геопроект», учитывающей выбор лось с использованием технологий, реализован- практичные параметры разреза выполня- в прогнозируемое преобразование инверсии в составлял 5-15 м.

колебаний, что для разреза изучаемой площади способности — 0,1-0,2 периода сейсмических алгоритмы имеют ограничения по разрешающей акустической инверсии. Используемые при этом данных в упругие свойства среды на основе ность преобразования амплитуды сейсмических Vanguard реализована возмож-

Vanguard и INTPES. В системе Vanguard реализована возмож- использованном программных комплексов реализован по сейсмическим профилям MORT с свойств в межскважинном прострэнстве был последующий прогноз коллекторских а также линейные поровые объемы.

Рис.2. Амплитудно-частотные спектры естественного разреза сейсмпрофиля: а) априорного; б) окончателъного

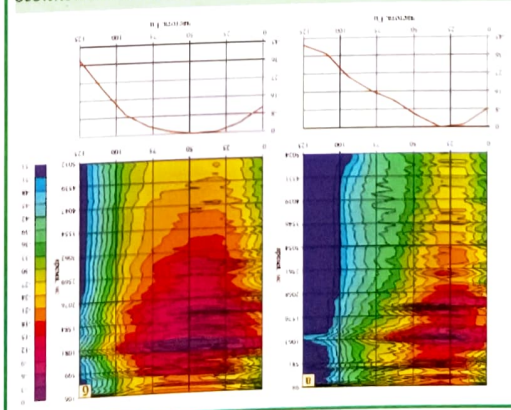
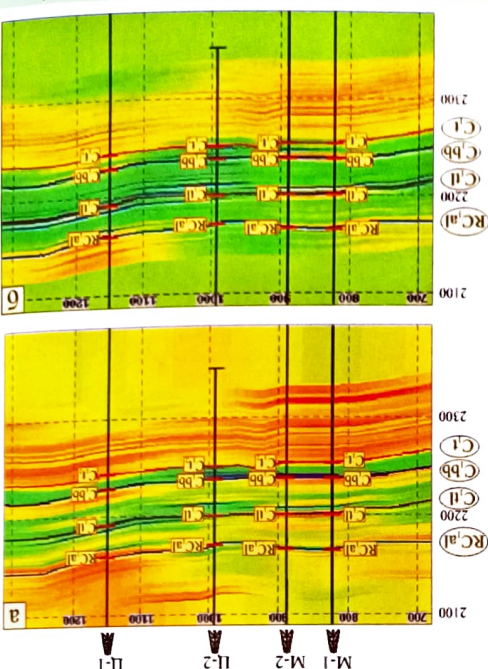


Рис.4. Фоновая модель (а) по фрагменту профиля, разрез акустического impedance (б)



ров, эффективных поровых объемов и эффектив- ны карты распределения пористости коллекто- ванием соответствующей формы были получе- для карбонатных отложений. Далее с использо- пласов; коэффициенты эффективной толщины коэффицентны песчанности для терригенных толщине коэффицентны общей пористости; эффективные толщны; среднезвешенные по были построены карты следующих параметров: ных интервалах для прогноза оценивались и ров, рассчитанных по данным ГИС. В выбор- зависимости значений импеданса от парамет- прогнозируемых пластов и максимальной ванных горизонтов с учетом средней толщины акустического импеданса вблизи прокоррелиро- итеративном режиме выделялись интервалы комплекса INTPES эмпирическим путем в Для построения карт с использованием

появилась. Наиболее важный этап в технологии проноз- рашетов прогнозируемых параметров. Это импедансов лежит в основе последующих

Следует отметить, что именно карты свойств изучаемых горизонтов (рис.5). мы увидим далее, изменением коллекторских уменьшенных значений, соответствующих, как характерную зональность увеличенных и ний импедансов на этих картах отображает турбеского подъяруса. Распределение значе- бобриковского горизонта и отложений верхне-

ны карты изменения импедансов по отложениям После инверсии по профилям были постро-

(рис.4) расчет сейсмической акустической инверсии чesкого каротажа, построение фоновой модели, сейсмической информации по данным акти- В Vanguard были выполнены калибровка



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

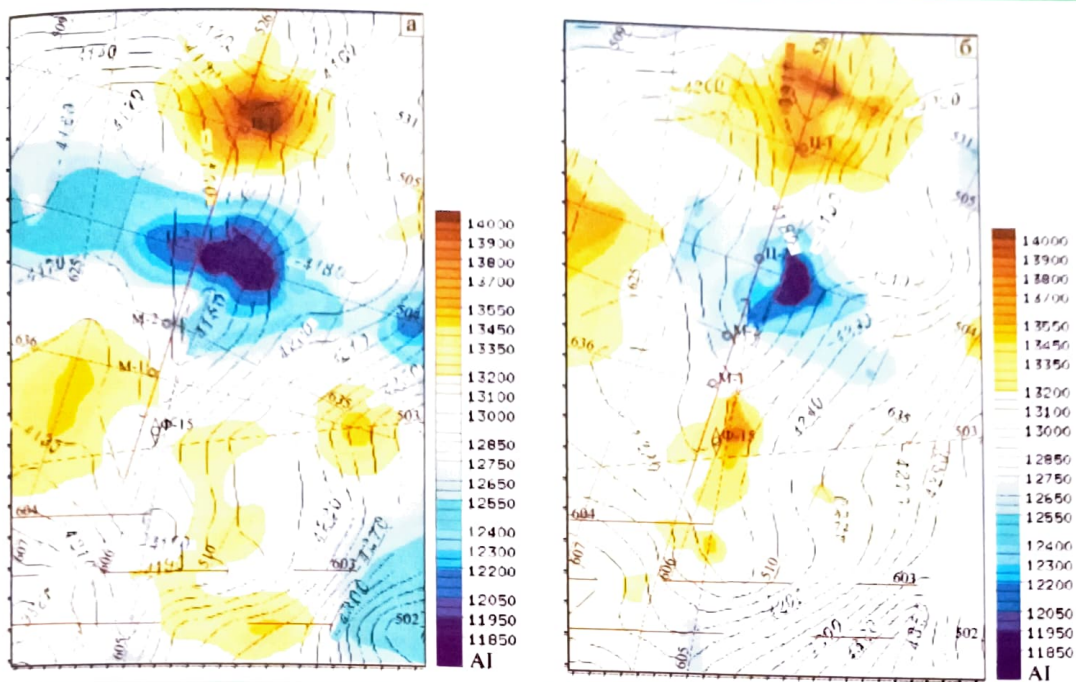


Рис.5. Фрагменты карт распределения акустического импеданса (AI) по бобриковскому горизонту (а) и верхнетурнейскому подъярису (б)

ных нефтенасыщенных поровых объемов.

В результате прогнозирования было установлено, что нефтяная залежь в бобриковском горизонте приурочена к южной периклинали структурного носа. На севере она ограничена

тате прогнозирования было выявлено, что нефтяная залежь по типу резервуара является массивно-пластовой, литологически ограниченной по периферии плотными непроницаемыми породами. На гипсометрически приподнятой в

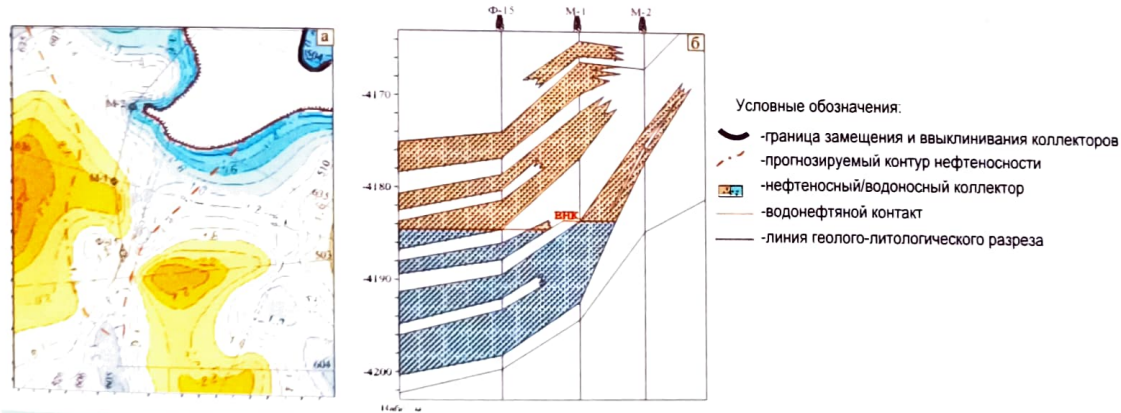


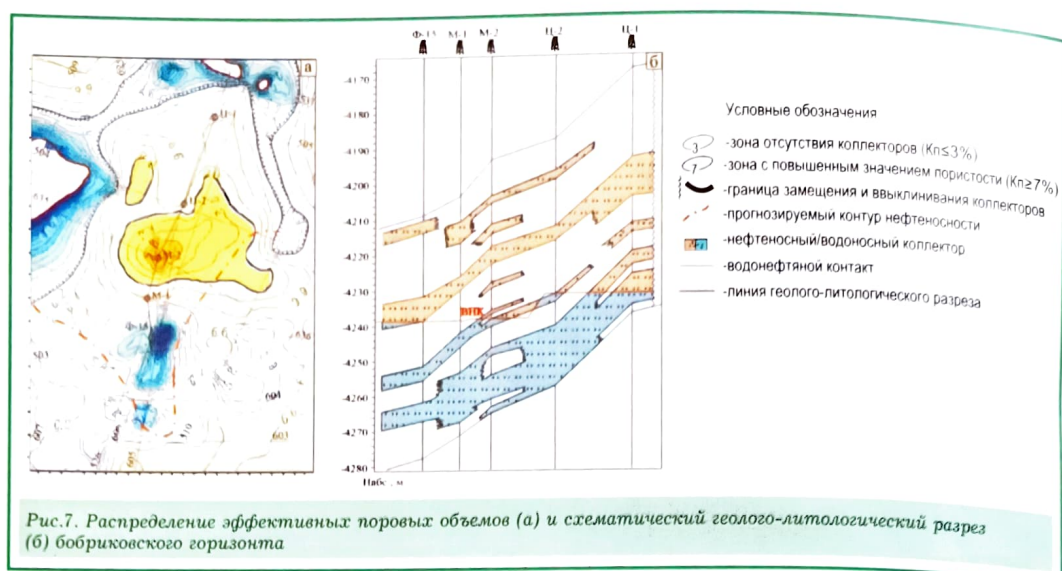
Рис.6. Распределение эффективных поровых объемов (а) и схематический геолого-литологический разрез (б) бобриковского горизонта

линией выклинивания и литологического замещения коллекторов. По типу резервуара является структурно-литологической, с литологическим замещением и выклиниванием нефтеносных пластов-коллекторов (рис.6). В пределах западного и восточного склонов южной периклинали структурного носа были спрогнозированы баровые постройки. Зонам предполагаемого развития баровых песчаных тел толщиной 12-20 м соответствуют наиболее высокие значения эффективного порового объема (1,6–2,6 м) (см. рис.6).

Для верхнетурнейского подъяруса в резуль-

палеоплане площади (включающей осевую и присклоновую части структурного носа) за счет процессов выщелачивания и перекристаллизации сформировались улучшенные коллекторские свойства. Этому участку соответствуют повышенные значения коэффициента пористости коллекторов (на рис.7 до 7,9%), а также область повышенных значений эффективных толщин - от 18,0 до 32,0 м.

Таким образом, в результате выполненного прогнозирования в пределах месторождения были получены следующие результаты.



- По бобриковскому горизонту:
 - выявлена зона выклинивания и замещения терригенных коллекторов в северном направлении;
 - спрогнозированы седиментационные ловушки барового типа;
 - по структурно-литологической залежи уточнены запасы нефти и растворенного газа категории C_1 ;
 - по баровым ловушкам оценены локализованные прогнозные ресурсы нефти и растворенного газа (категория D_0).
- По верхнетурнейскому подъярису:
 - спрогнозирована массивно-пластовая, литологически ограниченная по периферии

ловушка;

- по выявленной залежи уточнены запасы нефти и растворенного газа категорий C_1 и C_2 , при этом существенно изменились границы и запасы нефти категории C_2 .

Полученные результаты позволили выдать рекомендации на бурение разведочных и эксплуатационных скважин в пределах месторождения, а на сопредельной территории по имеющемуся вибрационному сейсмическому материалу - проведение подобных работ по прогнозированию коллекторских свойств разреза для обоснования перспектив нефтегазоносности.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ

ЦИФРОВАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДочНАЯ СТАНЦИЯ «ВОЛЖАНКА»

Цифровая сейсморазведочная станция «Волжанка» была разработана СКБ сейсмического приборостроения (г. Саратов) в 1975 г. Серийный выпуск начат в 1976 г. в опытном производстве СКБ СП. В дальнейшем данная сейсмостанция выпускалась Саратовским опытным заводом «Сейсмоаппарат». 48-ми канальная сейсмостанция «Волжанка» была первой отечественной серийно выпускаемой цифровой сейсмостанцией, предназначенной для ведения разведки МОВ в сложных сейсмогеологических и климатических условиях. Все электронные схемы сейсмостанции были выполнены с использованием отечественной элементной базы.

Технические параметры сейсмостанции соответствовали мировому уровню.

С внедрения сейсмостанций «Волжанка» в геофизическое производство начался качественно новый этап в области проведения поисковых работ на нефть и газ в стране - этап цифровой регистрации сейсмической информации.

В дальнейшем, на базе данной сейсмостанции были созданы различные модификации, предназначенные для работы с взрывными и невзрывными источниками возбуждения, включая знаменитые цифровые линейные сейсмостанции ряда «Прогресс».

ЭКСПОНАТ № 02/2007

Экспонат предоставлен в виртуальный геотехнический музей З. Никоноровой (ОАО «СКБ СП», г. Саратов)

Некоторые аспекты практического применения вибрационных источников в условиях северных широт.

С.А. Онищенко, П.В. Цыганенко, ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция», г. Новый Уренгой, ЯНАО, Тюменская обл..



Технологии XXI столетия требуют применение новых подходов к решению геологических задач и производству геологоразведочных работ. К сейсморазведочным исследованиям предъявляются новые требования, которые невыполнимы без применения современных методических и технических средств. Постепенно уходит в прошлое ранее широко используемый в сейсморазведке взрывной метод возбуждения упругих колебаний. Данный метод отягощен такими неприемлемыми в новых условиях характеристиками, как повышенная трудоемкость и опасность буровзрывных работ, экологическая опасность, разрушение и загрязнение плодородного слоя, ограниченность применения в районах с промышленными и гражданскими объектами.

Традиционно при производстве сейсморазведочных работ взрывным методом используется энергия от взрывов небольших зарядов ВВ в неглубоких скважинах. За счет развития большой мощности возбуждается исходный сейсмический импульс, близкий по форме к единичному импульсу и обогащенный высокочастотными компонентами. Однако существенная часть энергии уходит на создание неупругих деформаций, т.е. просто на разрушение пород околозарядного пространства в скважине. Увеличение мощности исходного импульса нелинейно зависит от увеличения массы заряда, поскольку после некоторого порогового значения существенно замедляется рост амплитуды исходного упругого сигнала, происходит обеднение спектра высокочастотными составляющими и спектр смещается в область низких частот. Увеличение заряда приводит к изменению его формы, источник теряет свои точечные свойства и становится линейным (при возбуждении из скважин), изменяется соотношение продольной и поперечной составляющих возбуждаемых колебаний. Рассредоточение заряда увеличивает трудоемкость дорогостоящих буровзрывных работ и не всегда приводит к желаемому результату.

Форма сейсмического импульса при взрывном способе возбуждения существенно зависит и от условий заложения заряда, поэтому практически

очень сложно добиться ее стабильности. Реальную форму импульса возможно определить только по сигналу, снятому с геофона, расположенному вблизи точки взрыва. Как свидетельствует многолетний опыт, форма исходного сейсмического импульса близка к минимально-фазовой, носит сложный характер и может быть с большим приближением аппроксимирована импульсом известного вида. Величина сдвига фаз не постоянна и зависит от целого ряда причин. Управлять формой исходного импульса при взрывном способе возбуждения упругих колебаний не представляется возможным.

В качестве альтернативы наземным взрывным источникам возбуждения наибольшее развитие в последнее время получили вибрационные источники, использующие для возбуждения упругих колебаний приложение переменных во времени динамических нагрузок непосредственно к земной поверхности.

Возбуждение упругих колебаний вибрационными источниками позволяет послать заранее сформированный и поддающийся математическому описанию импульс. Таким образом, мы можем управлять формой исходного сигнала, что очень важно для последующей расшифровки получаемых откликов среды (регистрируемого волнового поля). Оптимальный набор параметров исходного импульса (т.н. свип-сигнала), при знании параметров исследуемого геологического разреза, возможно подобрать при помощи моделирования уже на этапе проектирования работ, в то время как реальное волновое поле при взрывных работах может существенно отличаться от синтетического, поскольку реальный сейсмический импульс невозможно предугадать и точно описать математически. Важная особенность возможности генерирования свип-сигнала и управления его параметрами заключается в реальности подбора таких параметров, которые наилучшим образом и в наибольшей степени позволяют решать конкретную геологическую задачу. В частности, все больший интерес вызывают сейсморазведочные исследования в узкой полосе резонансных гармоник.

В отличие от взрывного метода возбуждение упругих колебаний вибрационными источниками создает слабое по интенсивности волновое поле. В то же время, существует много вариантов усиления энергии исходного импульса без искажения его первоначальной формы. Это группирование вибрационных источников, увеличение длины опорного свип-сигнала, увеличение числа накоплений, возможность реализации динамического и более сложных схем группирования источников. Постоянно совершенствующаяся аппаратура управления и синхронизации позволяет свести к минимуму эффекты несинового накопления.

Вибрационные источники в ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция» эксплуатируются с 2003 года. Первыми в экспедиции появились вибрационные источники KZ-23B на колесном ходу производства BPG, Special VEHICLE Manufacturing Co. Ltd (Китай). Вибраторы KZ-

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица 1. Основные технические характеристики вибраторов

Характеристики	KZ-23	NOMAD 65T
Пиковое усилие, кН	230	276
Прижимной вес, кН	223	283
Вес реактивной массы, кг	3540	4082
Вес плиты, кг	1180	1560
Общий вес вибратора, кг	23400	40000
Клиренс, мм	540	500
Изоляция плиты	4 возд. подушки	6 возд. подушек
Тип электроники	Pelton Adv.II, Adv.III, Sercel VE416,432	Pelton Adv.II, Adv.III, Sercel VE416,432
Частотный диапазон, Гц	6-250	7-250



Рис. 1. Группа вибрационных источников в работе: а) вибраторы KZ-23B на профиле; б) вибраторы NOMAD 65T на профиле

23B эксплуатировались с системой управления Pelton Advace II, затем были переведены на систему VE 432. В 2006 году приобретены вибрационные источники на гусеничном ходу NOMAD 65T производства Sersel (Франция) с системой управления VE 432. Все сейсморазведочные работы проводятся в зимний полевой сезон в условиях севера Западной Сибири (Ямало-Ненецкий АО). На сегодняшний день с применением вибрационных источников ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция» отработала более 70 тыс. ф.н., что составляет площадь около 1500 км².

Внешний вид вибрационных источников KZ-23B и NOMAD 65T показан на рис.1, а основные характеристики приведены в таблице 1.

При правильно подобранных параметрах опорного свип-сигнала зарегистрированное сейсмическое волновое поле от возбуждения вибрационными источниками практически не отличается от взрывных источников. На рис.2 приведен составной временной разрез (arbitrary line) в левой части состоящий из взрывного профиля МОГТ 2D (а), а справа — из линии куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками NOMAD 65T. Необходимо отметить, что после применения одинаковых процедур

обработки обе части составного профиля имеют достаточно высокую разрешенность сейсмической записи и полное сходство по волновой картине. Амплитудно-частотные спектры по указанным частям данного составного профиля приведены на рис. 3 и показывают для вибрационных источников даже более широкий динамический диапазон сейсмической записи.

В зимний полевой сезон 2006-2007 г.г. непродолжительное время на одной площади совместно эксплуатировались вибраторы KZ-23B и NOMAD 65T. Работы проводились двумя группами, причем группа вибрационных источников NOMAD 65T работала в более сложных, с точки зрения передвижения по профилю, ландшафтных условиях (изрезанная оврагами пойменная часть реки). Перед началом совместного использования были проведены проверки на синхронность и фазовую идентичность вибраторов разных производителей: KZ-23B и NOMAD 65T. Анализ результатов проверки не выявил никаких расхождений и позволил рекомендовать совместную работу вибраторов с одинаковыми параметрами опорного свип-сигнала. Зарегистрированное в результате этих работ волновое поле имеет абсолютно одинаковые кинематические и динамические характерис-

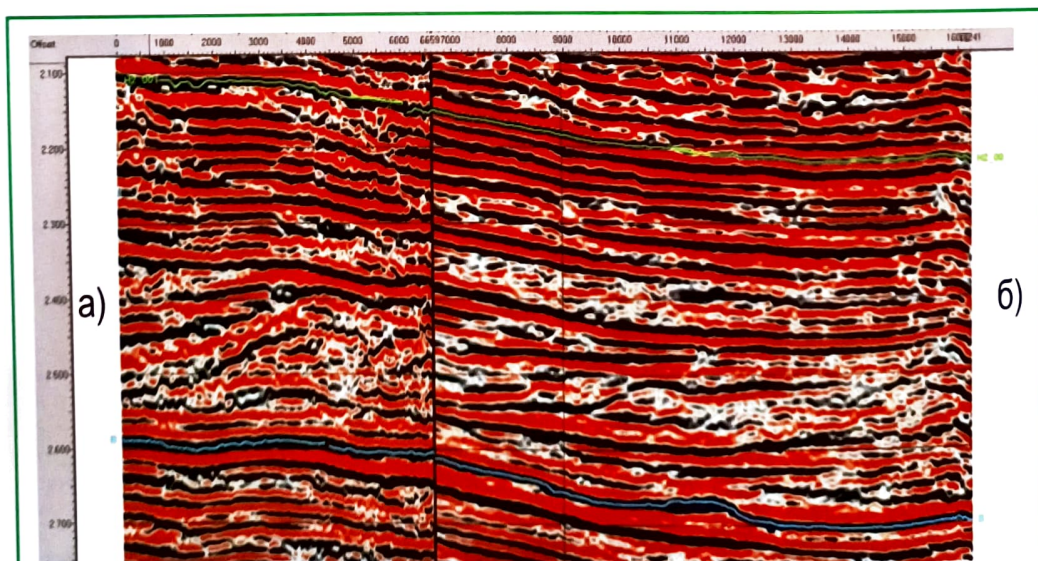


Рис. 2. Составной временной разрез (arbitrary line) из профиля МОГТ 2D, отработанного со взрывными источниками, и куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками. а) взрывные источники; б) вибраторы NOMAD 65T

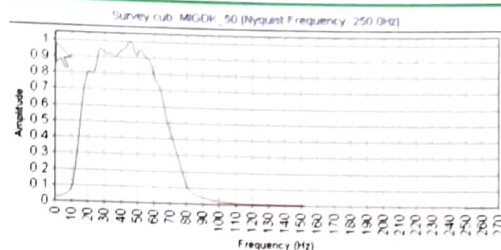
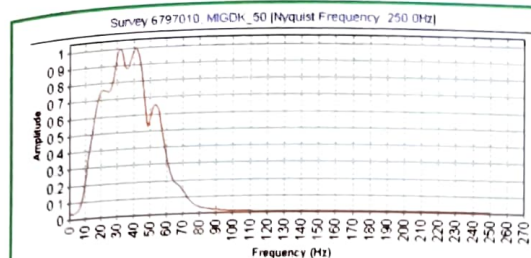
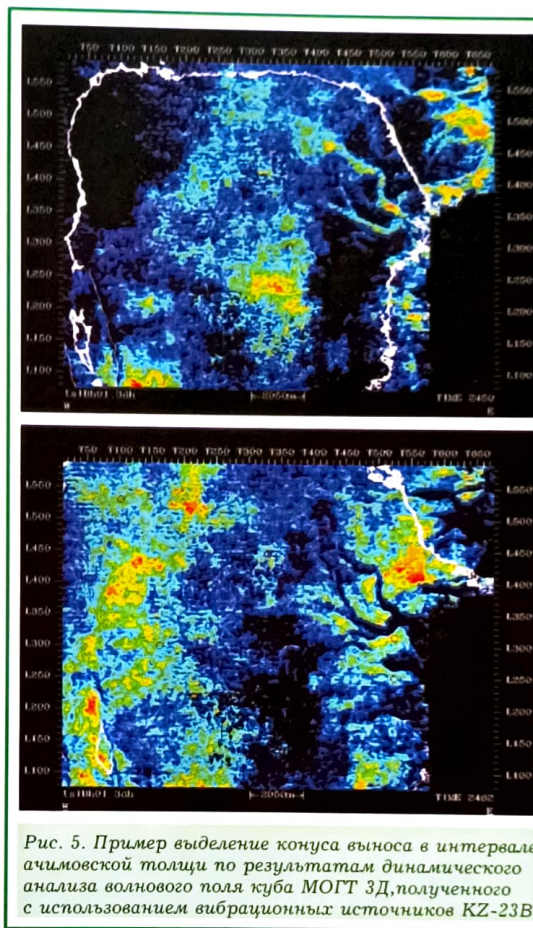


Рис. 3. Амплитудно-частотные спектры составного временного разреза (arbitrary line) по профилю МОГТ 2D, отработанного со взрывными источниками (а), и кубу МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками (б)

тики, независимо от типа используемого вибрационного источника.

Сейсморазведочные данные, полученные с использованием вибрационных источников, прекрасно сохраняют все динамические особенности волнового поля, обусловленные реальным строением исследуемого геологического разреза.



Обработка таких данных с сохранением истинного соотношения амплитуд (динамическая обработка) и последующая интерпретация доказывают наличие тесной связи аномалий сейсмической записи с изменениями параметров геологической среды (изменение литологического состава пластов, свойств коллектора, характера флюидонасыщения и т.п.).

На рис.4 приведен пример выделения в волновой картине временного динамического куба МОГТ 3D, отработанного вибрационными источниками KZ-23B, динамической аномалии типа «яркое пятно», предположительно связанного с насыщением продуктивного горизонта в интервале развития пласта ПК18 углеводородами. Последующая совместная интерпретация результатов динамического анализа, данных бурения и ГИС позволили по данной аномалии очертить известную залежь УВ.

Рис.5 также иллюстрирует один из результатов динамического анализа волнового поля куба МОГТ 3D, полученного с использованием вибрационных источников KZ-23B. На временных динамических срезах в восточной части площади хорошо прослеживается конус выноса в интервале ачимовской толщи. Такие объекты представляют несомненный интерес, поскольку с ними связаны зоны развития песчаных коллекторов и улучшения коллекторских свойств пород.

Положительный опыт использования при производстве сейсморазведочных работ МОГТ 2D и МОГТ 3D в ЗАО «Полярная геофизическая экспедиция» вибрационных источников доказывает их полную состоятельность как альтернативных взрывному способу возбуждения источников

упругих колебаний. Эффективность вибрационных источников особенно ощущается при проведении объемной сейсморазведочной съемки МОГТ 3D, так как в этом случае не требуется колоссальных затрат на предварительное бурение большого числа взрывных скважин, а оперативная переработка неудовлетворительных физических наблюдений позволяет полностью исключить пропуски в системе наблюдения и брак.

В заключение хочется отметить длительную стабильную и надежную работу вибраторов KZ-23B, которые как источники вибрационных колебаний не вызывают никаких нареканий. Единственная отрицательная сторона этих источников – колесный ход, требующий тщательной зачистки профилей даже при неглубоком снежном покрове. Но по соотношению «цена/качество» данные вибраторы составляют серьезную конкуренцию своим более дорогим аналогам других производителей.

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

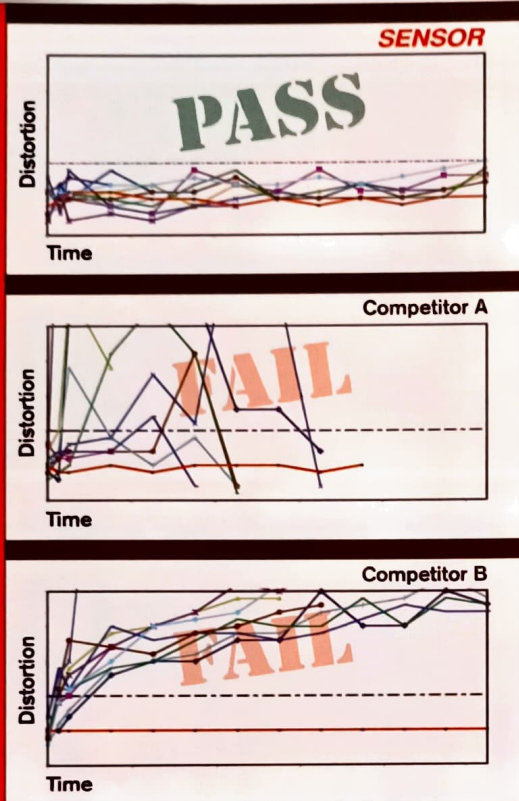




То, чему мы подвергаем геофоны, удивит Вас. Мы подвергаем геофоны конкурентов такому же суровому разрушающему испытанию, как и свои. Результат? Геофоны Сенсора сохраняют свои параметры. А наши конкуренты буквально разваливаются.

Sensor Geophones — Высокое качество сейсмоданных начинается здесь.

Более подробную информацию о результатах тестирования можно найти на сайте www.geophone.com



SENSOR
an I/O company

Rouwkooplaan 8
2251 AP Voorschoten
The Netherlands
Phone +31 (0)71 5601234
www.geophone.com

УДИВИТЕЛЬНО

Параметрический анализ характеристик датчика и их влияния на формирование сейсмического изображения

Д. Ю., Colibrys, Inc., США, Дж. Крисс, Input/Output Inc., США, К.А.М. Фейбер, Input/Output Sensor Nederland b.v., Нидерланды



Аннотация

В данной статье мы анализируем влияние разброса характеристик сейсмоприемника на качество изображения. Этот разброс характеристик может иметь место из-за производственного допуска, изменения температуры окружающей среды и т.д.

Анализ состоит из двух частей:

I) классическая замкнутая форма исследования, с использованием максимальных возможностей деконволюции обратной передаточной функции;

II) цифровой синтез сигналов путем свертки с передаточной функцией датчика и определения разности между входом и выходом.

Особое внимание уделено диапазону значений затухания и возможной необходимости более тщательного контроля за соблюдением спецификаций. Обе части, I и II, демонстрируют значительное влияние разброса параметров датчиков на достоверность сигнала -- в диапазоне от -10% до +30% в зависимости от частоты.

Введение

Датчики сигналов обычно преобразуют один вид энергии в другой. При акустических сейсмических исследованиях механические колебания преобразуются сейсмоприемниками в электрическую энергию и затем записываются. Желательно, чтобы этот процесс преобразования был линейным и, таким образом, свободным от искажений. Это создаст идеальные условия для датчика, описываемые как:

$$Y(t) = A_0 \cdot X(t - \tau_0) \quad (1)$$

Для любого заданного сигнала датчик должен зарегистрировать и преобразовать его во временной области. Другими словами, датчик должен зарегистрировать динамику сигнала с известным, неизменяемым по времени усилением A_0 и временной задержкой τ_0 . Таким образом, входной сигнал $X(t)$ можно рассчитать, используя зарегистрированный отклик $Y(t)$. Данное положение справедливо независимо от того, какой параметр колебаний измеряется: ускорение, скорость или смещение. Для преобразования этого положения в частотную область:

$$|H(\omega)| = A_0 \quad \omega \leq |\omega_c| \quad (2)$$

$$\phi(\omega) = \omega \cdot \tau_0 \quad \omega \leq |\omega_c| \quad (3)$$

Амплитуда передаточной функции H должна быть постоянной в интересующем нас диапазоне (для $\omega < \omega_c$), а фаза должна изменяться линейно вместе с частотой сигнала ω . Для определения различий между двумя группами здесь используются два набора типовых характеристик, как показано в таблице 1, и идеальные условия уравнений 1–3.

В части 2 в общей оценке учитывается температурная зависимость величины затухания.

Таблица 1. Расчетный параметр и диапазон отклонений

Тип датчика	Fн/отклонение	D/отклонение
I	10 Гц $\pm 5\%$	0,70 $\pm 5\%$
II	10 Гц $\pm 5\%$	0,68 $\pm 5\%$

Результат и обсуждение — часть I

Передаточная функция сейсмоприемника может быть записана следующим образом:

$$TF(\omega, \zeta) := \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + 2j\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)} \quad (4)$$

В обработке сейсмических данных для выполнения деконволюции общепринято использовать номинальную передаточную функцию датчика. Если мы допустим, что действительная величина затухания изменяется на $dvar\%$ (изменение затухания в %), то это эквивалентно

$$\frac{\frac{s^2}{\omega_n^2}}{\frac{s^2}{\omega_n^2} + \frac{2\zeta \cdot s}{\omega_n} + 1} \quad \text{и дает} \quad \frac{\frac{s^2}{\omega_n^2} + \frac{2\zeta \cdot (1 + dvar) \cdot s}{\omega_n} + 1}{1 + \frac{dvar}{2\zeta \cdot \omega \cdot j \cdot \omega_n}} \quad (5)$$

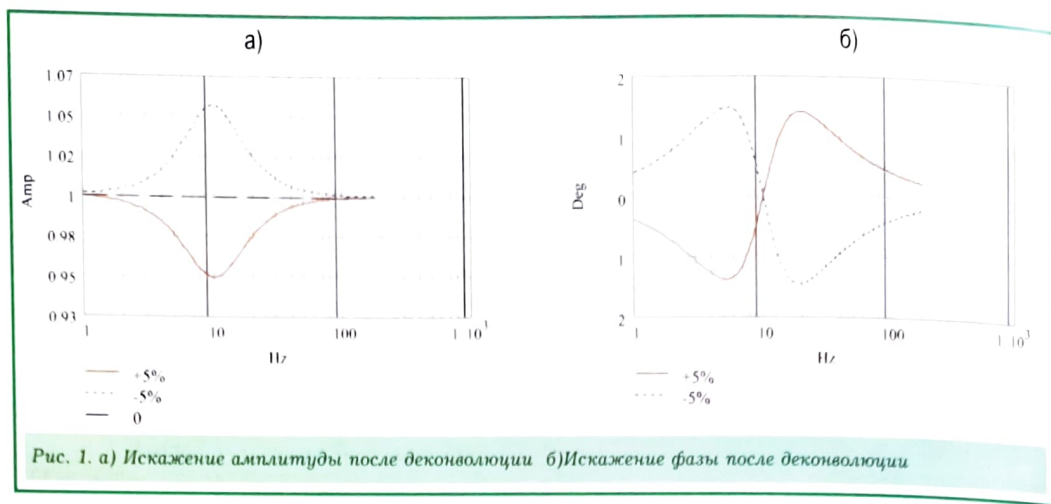
В графическом виде уравнение 5 (при $dvar = \pm 5\%$) даст диаграммы 1а и 1б. После деконволюции 5-процентное изменение значения затухания вызовет максимум 5-процентное искажение амплитуды и смещение в 1,5е по фазе. Другими словами, деконволюцию записанного сигнала можно выполнить правильно, если только записанный сигнал известен, что не всегда возможно при отклонении характеристик сейсмоприемника от своих номинальных значений.

Удвоение диапазона изменения значения затухания удвоит диапазон отгибающей искажения, находящейся в пропорциональной зависимости. С этой точки зрения, необходимо свести к минимуму допуски сейсмоприемников. Значение искажения фазы, показанного на диаграмме 2, может быть далее объяснено концепцией групповой задержки. Групповая задержка определяется как:

$$Gdelay(\omega, dvar) = -\frac{d}{d\omega} \arg(TF(\omega, dvar))$$

Групповая задержка выражается в единицах времени и на диаграмме 2а выражена в секундах. 5-процентное изменение величины затухания вызовет групповую задержку не более 1 мс даже после деконволюции. Значимость групповой задержки зависит от периода синусоидального

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

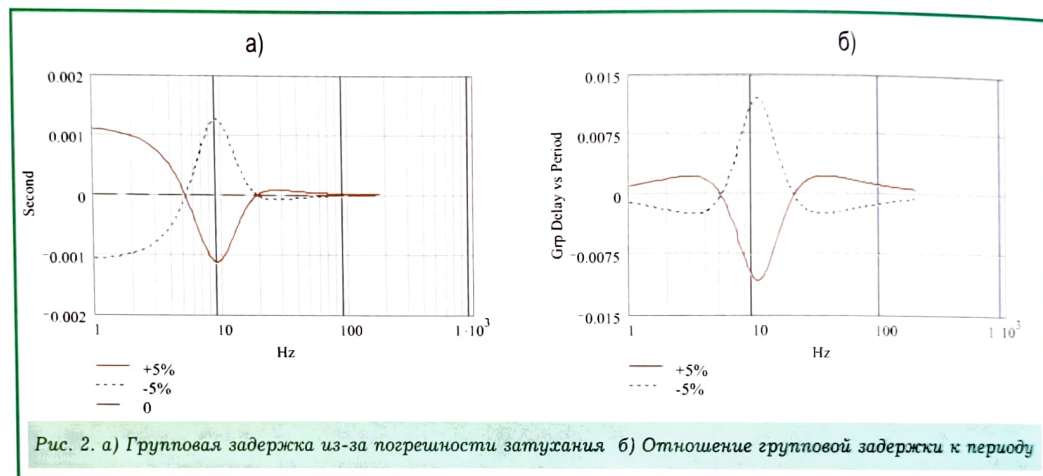


сигнала. Если период большой, то несколько миллисекунд задержки могут быть несущественными. Диаграмма 4 получена при делении групповой задержки на соответствующий период.

Она показывает, что групповая задержка наибольшее влияние оказывает на сигнал с

минимизирована деконволюцией. Следует подчеркнуть, что эту погрешность групповой задержки очень трудно исправить из-за непредсказуемости частот сигнала.

Итак, в части I нашего исследования мы использовали уравнение 1 с целью оценки и



частотой 10 Гц и вызывает 1-процентный временной сдвиг длины периода.

В общем случае сейсмические сигналы можно разложить на множество одночастотных синусоидальных и косинусоидальных сигналов с помощью БПФ. Значение диаграммы 26 для сейсмических данных можно оценить, используя простое тригонометрическое соотношение:

$$\sin a - \sin b = 2\cos(a + b)/2 \sin(a - b)/2$$

Если задержка частот сигнала, обозначенная как $d(\omega)$, будет нелинейной, то возникнет ошибка:

$$\sin(\omega(t + d(\omega))) - \sin(\omega t) = 2\cos\left(\omega t + \frac{\omega d(\omega)}{2}\right) \sin\left(\frac{1}{2}\omega d(\omega)\right)$$

$$2\cos\left(\omega t + \frac{\omega d(\omega)}{2}\right) \sin\left(\frac{1}{2}\omega d(\omega)\right)$$

Это соотношение показывает, что погрешность сигнала модулируется задержкой, деленной на период сигнала, что дополнительно объясняет диаграмму 26. 5-процентное изменение величины затухания может вызвать ошибку в 6.8% на сейсмической трассе из-за модуляции групповой задержки. Это можно легко проверить построением графика разности двух трасс. Необходимо иметь в виду, что групповая задержка уже

уравнения 2 и 3 для анализа, продемонстрировав амплитудные и фазовые различия в частотной области.

Цифровой синтез — часть II

В части II нашего анализа мы учитываем влияние температурного коэффициента на искажение передаточной функции и используем метод цифрового синтеза. Существуют три температурных коэффициента, влияющих на параметры сейсмоприемника: температурный коэффициент резонансной частоты, температурный коэффициент масштабного множителя (или чувствительности) и температурный коэффициент затухания. Последний имеет наибольшее влияние на искажение передаточной функции, и поэтому наше моделирование будет ограничено этим параметром. Для датчиков типов I и II типичные температурные коэффициенты затухания приведены в таблице 2. Значения приблизитель-

Таблица 2. Типичные температурные коэффициенты затухания

Тип датчика	Затухание T_c [AD/°C]
I	-0.0014
II	-0.0029



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

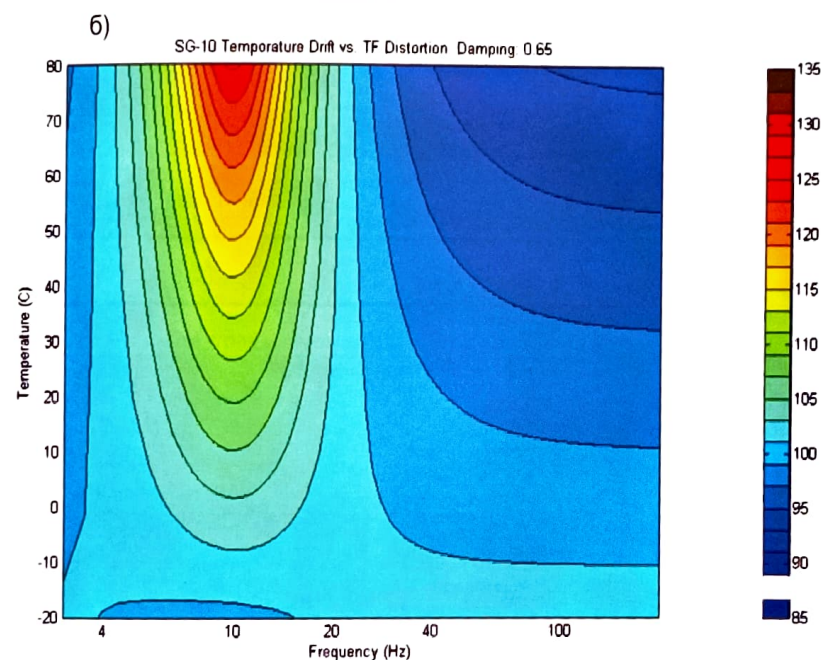
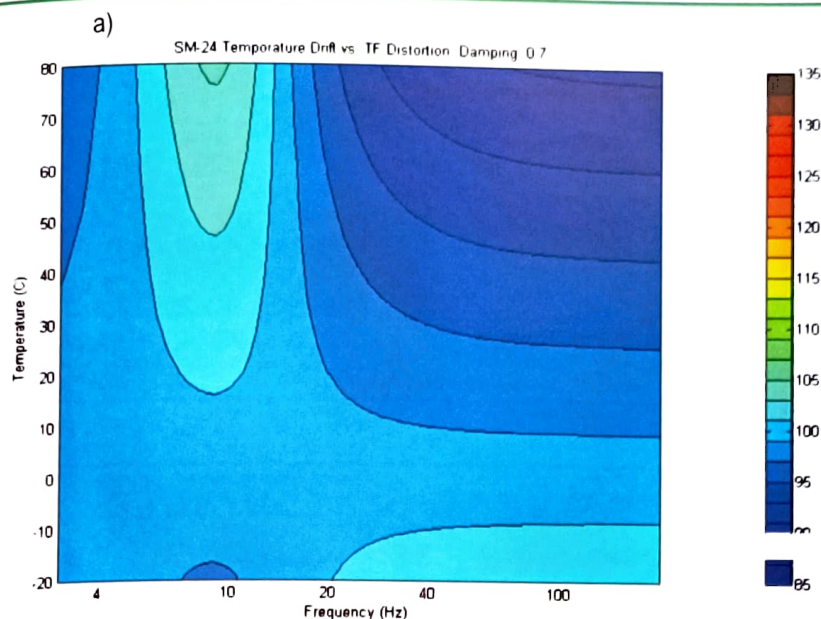


Рис. 3. а) Температурная чувствительность датчиков типа I при минимальном определенном затухании (0,70)
б) Диаграмма 5 б. Температурная чувствительность датчиков типа II при минимальном определенном затухании (0,65)

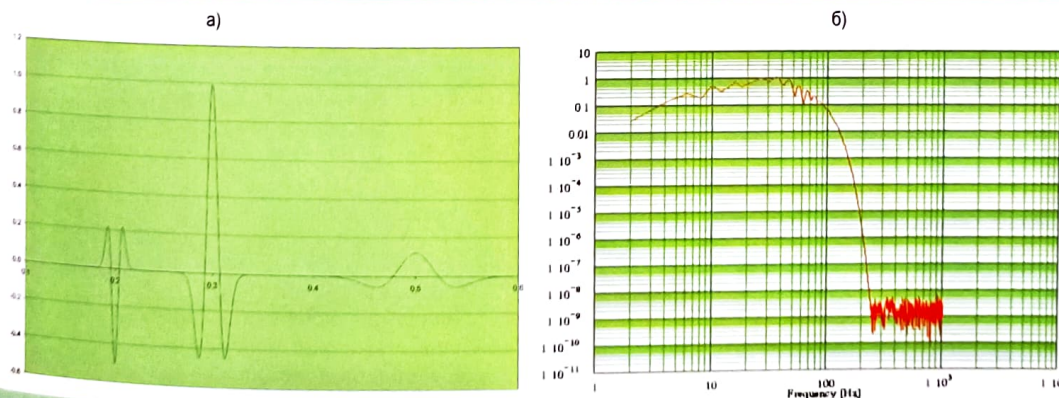
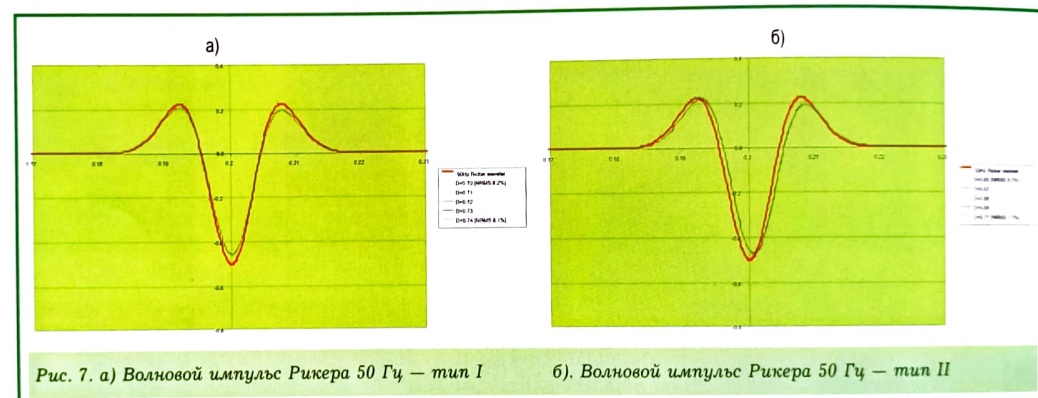
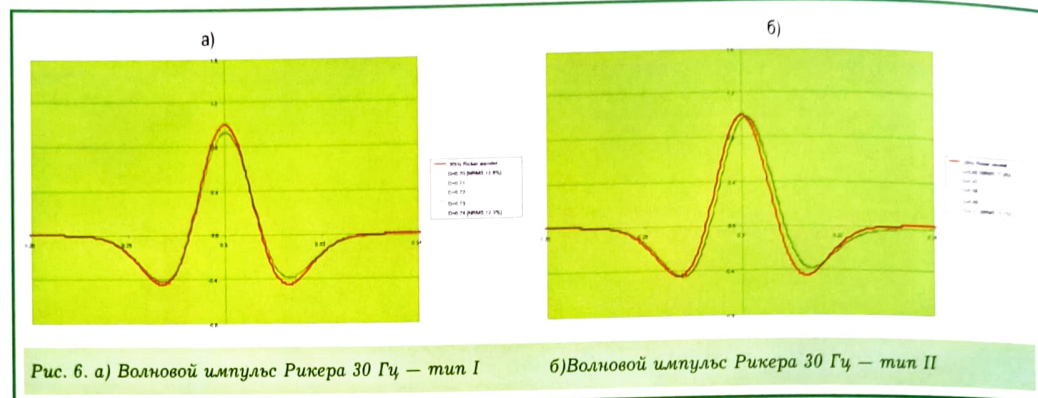
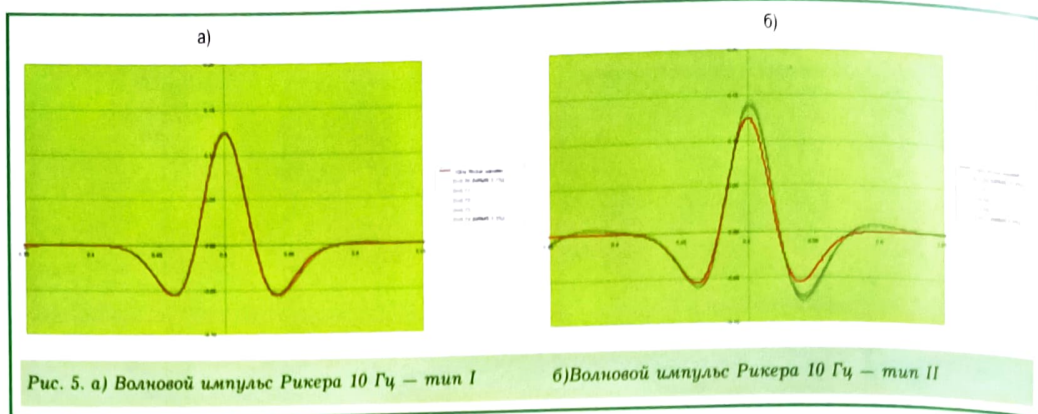
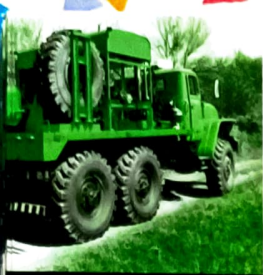


Рис. 4. а) Временные серии волновых импульсов Рикера 50/30/10 Гц б) БПФ комбинированных импульсов Рикера



но линейны и определены при 20 °С

Для иллюстрации разницы между двумя группами датчиков используется температурный диапазон (θ) от 0 °С до 100 °С. График передаточной функции, как и ранее, представлен после деконволюции. В идеале значение должно быть 100% в качестве эталона по всему спектру и во всем температурном диапазоне.

Если сравнить два изображения в изолиниях (диаграммы 3а и 3б, станет очевидным, что датчик типа II имеет большие амплитудные искажения. Каким образом они повлияют на практический результат в отношении качества изображения? Чтобы продемонстрировать разницу, используется серия импульсов Рикера. В соответствии с теоремой свертки, умножение дискретного преобразования Фурье импульсов Рикера на передаточную функцию датчика (TF) позволит получить отклик на входное

воздействие. Как следует из уравнений 2 и 3, достоверность сигнала определяется не только амплитудой, но и точностью фазы (или синхронизации), где изменения затухания играют значительную роль.

На диаграмме 4а показана временная серия из трех импульсов Рикера, представляющих упрощенную сейсмограмму, а на диаграмме 4б показано БПФ этих комбинированных импульсов. Накладывая искажение передаточной функции, вызванное повышением температуры до 80 °С, на эти импульсы Рикера и вновь сравнивая их с входным сигналом, мы получаем оценку возникших погрешностей.

Величина искажения для датчика типа II больше и пиковая продолжительность расширяется в большем диапазоне (здесь не показано). Если рассматривать основной пик, например, при временном показателе около 0,3 секунды (т.е. увеличенный 30-Герцовый импульс Рикера на

диаграммах 5а и 5б, то датчик группы I плавно затухает приблизительно на $-8,3\%$ во всем указанном диапазоне затухания, но, что более важно, нет временного смещения, поскольку все пики наблюдаются на времени 0,3 секунды. Что касается датчика типа II, то пик разницы смещен вправо на 0,307 секунды, и, что еще хуже, величина смещения непостоянна и зависит от изменения затухания в каждом датчике. Другими словами, величина искажения также зависит от величины затухания. При стабильной работе датчика это значительно легче исправить.

Поскольку и окно допуска затухания, и температурный коэффициент затухания влияют на амплитуду и фазу импульсов Рикера, при количественном определении повторяемости можно использовать нормированную среднеквадратическую оценку - NRMS (Kragh and Christie, 2002). Мы будем использовать ее как меру для оценки «искажения импульса».

При расчете нормированной среднеквадратической оценки (NRMS) для комбинированных импульсов Рикера (10 Гц, 30 Гц и 50 Гц) получаем 9,5% для датчиков типа I по сравнению с 13,5% для датчиков типа II.

Для 10-Герцового импульса Рикера различия усиливаются: 3,1% для датчиков типа I по сравнению с 10,4% для датчиков типа II.

Повторяемость 50-Герцовых импульсов Рикера для обеих групп датчиков весьма схожа: 8,2% по сравнению с 8,3%.

Заключение

Достоверность данных — цель, преследуемая во всех областях. Качество работы датчиков имеет огромное значение в условиях, когда для сейсморазведочной отрасли важна каждая крупная информация. В настоящей статье было показано значение последовательной математической базы для сопоставления работы датчиков. Сформулировав задачу и обозначив идеальную цель, мы нашли подход, чтобы продемонстрировать искажения, вызываемые разбросом пара-

метров датчиков, который может наблюдаться по ряду причин. В части II, с использованием импульсов Рикера был показан сложный характер работы датчика для более реальных случаев. Температурные коэффициенты различных групп датчиков не всегда одинаковы. В частности, было показано, что параметр затухания настолько чувствителен к температурным изменениям, что они могут влиять на качество низкочастотных данных.

Условные обозначения

ω - собственная угловая частота датчика,
 $\omega = 2\pi f$

ζ - номинальный коэффициент затухания датчика

Θ - температурный диапазон $\Theta = T - T_0 = T - 20$

Тип I — сейсмоприемник SM-24 с алико-магнитом

Тип II — сейсмоприемник, использующий редкоземельный магнит

Благодарность

Авторы выражают благодарность компании Input/Output, Inc. за разрешение исследовать данную тему и опубликовать полученные результаты.

Также благодарим компанию I/O Sensor Nederland b.v. за их поддержку и обеспечение данными для этого исследовательского проекта.

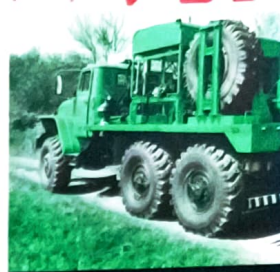
Литература

Badger, A.S., Shafer, D.L., & Maxwell, P.W. What you always wanted to know about seismic sensors but were afraid to ask. SEG Technical Program Expanded Abstracts (Что вы всегда хотели знать о сейсмических датчиках, но боялись спросить. Расширенные рефераты технической программы SEG), 1988.

Faber, C.A.M., Laroo, H.A. The Effect of Geophone Specifications on Vector Fidelity. SEG Technical Program Expanded Abstracts (Влияние технических характеристик сейсмоприемника на точность вектора. Расширенные рефераты технической программы SEG), 2001.

Kragh, E., & Christie, P. Seismic Repeatability, Normalized RMS, and Predictability. The Leading Edge, July 2002 (Сейсмическая повторяемость, нормированное среднеквадратическое значение и предсказуемость), 2002.

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



Вниманию авторов

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям.

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше) или в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунки присылаются в виде растровых файлов форматов: *TIF, с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), *JPG с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - А4. Подписные подписи представляются в виде отдельного списка. Математические уравнения должны быть выделены четким и ясным шрифтом. Все математические символы скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, необходимо указать Ф.И.О., город, место работы, и должность.

Отредколлегии:

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.



Seismic Source Tester – инструмент супервайзера

Ю.Ш. Закариев, А.К. Казаков, ЗАО НПЦ "ГеоСейсКонтроль", г. Москва
В.В. Циммерман, ЗАО "СейсЭл", г. Москва

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ МЕТРОЛОГИЯ

Анонсируемый продукт представляет собой программно-аппаратурно-методический комплекс, задуманный как инструмент супервайзера для получения объективного представления об источниках сейсмических сигналов, с которыми предстоит вести профильные работы. Его назначение несколько шире, чем тривиальный контроль технического состояния источников в ходе работы их на профиле.

Сосредоточенный в нем многолетний опыт исследовательских работ предоставляет возможность получить наиболее полное представление о конкретной модели источника сейсмических сигналов, его возможностях и характерных особенностях. Предполагается, что это может быть полезным при выборе наиболее эффективного исполнителя геофизических работ под конкретные сейсмогеологические, климатические и поверхностные условия профиля.

В первую очередь с его помощью можно определить предельные характеристики излучения, достигаемые конкретной моделью источника в условиях заданного профиля и выявить реально действующие ограничивающие факторы. На этой основе могут быть выработаны рекомендации по оптимальным параметрам излучения, основанные на существующих объективных предпосылках и гарантирующие требуемое качество излучения.

В случае непредвиденного снижения заданного уровня качества излучения данный инструмент

предоставит возможность определить, вызвано оно объективными причинами на профиле или же является следствием ухудшения технического состояния источников.

Инструмент предоставляет возможность проведения диагностики технического состояния вызывающего сомнения источника с выявлением проблемного узла.

Гибкая многофункциональная исследовательская часть инструмента гармонично дополнена жесткой формализованной частью, обеспечивающей единообразие методик контроля и форм представления отчетной документации. Тем самым обеспечена возможность для однозначной интерпретации и объективного сопоставления результатов испытаний, полученных в разное время и от разных источников.

Аппаратурная часть

Штатной аппаратурой комплекса является 6-канальный цифровой регистратор "TestMaster" (СейсЭл), обеспечивающий синхронную регистрацию с интервалом квантования от 2,0 до 0,25 мс с 16-разрядным представлением данных. Шесть каналов необходимы для реализации новых диагностических режимов и оценки группового источника.

С целью обеспечения преемственности, реализована возможность использования регистрирующей аппаратуры "Notebook VCA"



Рис. 1. Аппаратная часть комплекса

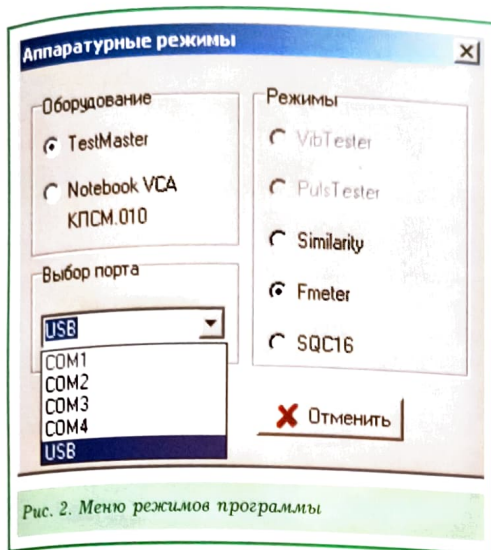


Рис. 2. Меню режимов программы

(Pelton) и "Компьютерной системы контроля вибраторов" (КПСМ.010.00.00, СейсЭл), получивших широкое распространение на нашем геофизическом рынке. Возможности комплекса при этом ограничиваются только двумя режимами: Fmeter и SQC.

Аппаратурная часть представляет собой малогабаритный блок цифрового регистратора, снабженный двумя акселерометрами рис.1.

Цифровой регистратор работает под управлением портативного компьютера. Питание и обмен данными осуществляется через порт USB.

Элементная база акселерометров позволяет реализовывать рабочие диапазоны от 2g до 500g. Нулевая низкочастотная граница предоставляет возможность неискаженной регистрации импульсных сигналов.

Рабочие режимы

Fmeter и SQC – это традиционно используемые режимы контроля характеристик вибраторов. Включены в состав комплекса с целью обеспечения преемственности с существующими методами и аппаратурой.

Режим VibTester включает в себя функции Fmeter и дополнен функциями диагностики технического состояния вибрационного источника.

PulsTester – режим, предназначенный для контроля и диагностики импульсных источников.

Similarity – режим, предназначенный для контроля группового источника (сверка).

Программная часть

Программа реализована для ОС Windows XP. Каждый из пяти рабочих режимов программы рис.2 имеет свой набор графиков для представления результатов измерений. Традиционный набор графиков дополнен рядом новых.

Стиль оформления графиков оставлен близким к традиционному, но интерфейсные возможности значительно расширены. Необходимость и целесообразность нововведений обусловлена накопленным опытом работы в полевых условиях.

Пользователь имеет возможность:

- открыть неограниченное количество окон для графиков и упорядочить расположение их на экране;
- разместить в каждом окне от одного до нескольких однотипных графиков с индивидуальным масштабом и размерностью для каждого;
- реализовать накопление до 8 однотипных графиков в одном окне, представить их в одном общем поле или в нескольких индивидуальных полях;



МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ

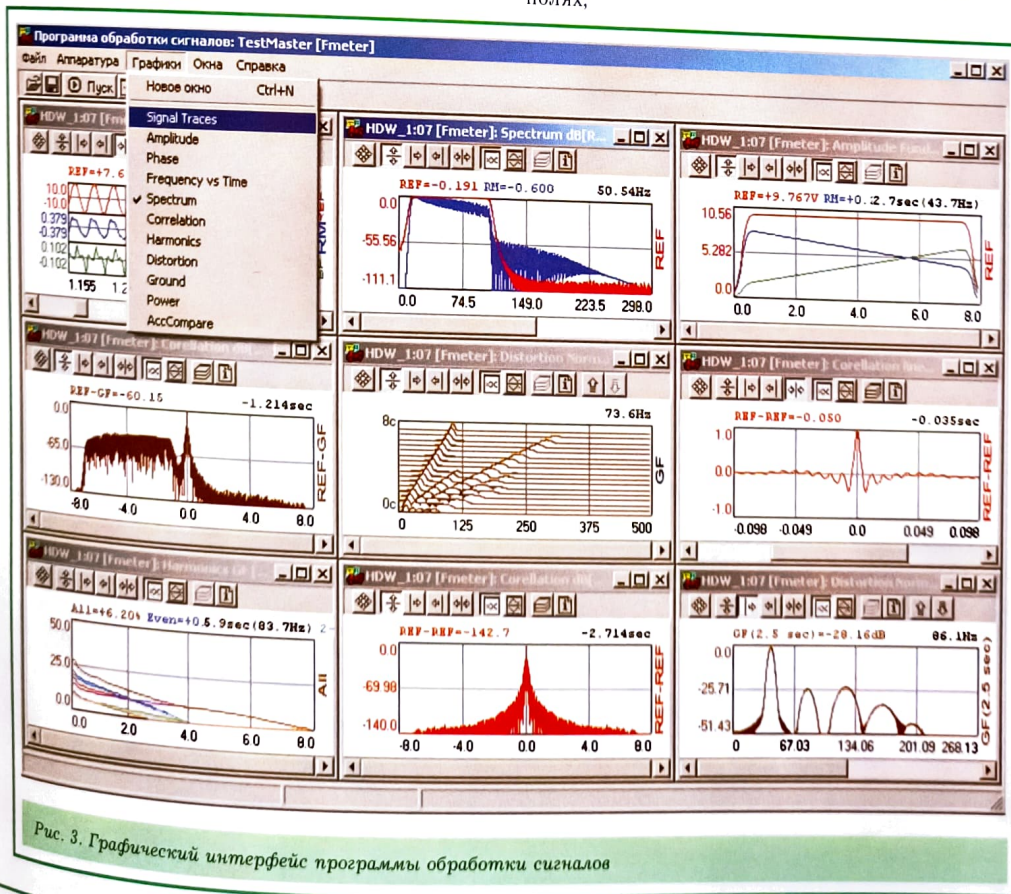


Рис. 3. Графический интерфейс программы обработки сигналов



- плавно изменять или точно задавать масштабы вертикальной и горизонтальной осей, устанавливать рекомендуемый (оптимальный) масштаб просмотра, устанавливать для всех графиков единый временной диапазон просмотра;

- сохранить текущую конфигурацию графиков до следующего сеанса или сохранить ее в виде отдельного профиля для каждого вида выполняемых работ;

- распечатать отчет в виде копии экрана или в виде типовой формы отчета с фиксированным набором графиков и справочной информации.

Программа работает как с цифровыми данными, поступающими от регистратора, так и с ранее сохраненными файлами данных. При этом имеется возможность обрабатывать файлы с расширением *fmr*, формируемые аппаратурой Notebook VCA (Pelton), а также сохранять собственные файлы с этим расширением.

Параметры источника и регистрирующей аппаратуры, необходимые для расчета графиков, вводятся в программу автоматически. Для этого достаточно выбрать из имеющихся списков нужный тип вибратора, тип установленной на нем электронной системы управления и акселерометров. Списки могут быть дополнены новыми моделями.

Параметры источника и регистрирующей аппаратуры, необходимые для расчета графиков, вводятся в программу автоматически. Для этого достаточно выбрать из имеющихся списков нужный тип вибратора, тип установленной на нем электронной системы управления и акселерометров. Списки могут быть дополнены новыми моделями.

Методическая часть

Именно наличием методической поддержки отличается данный комплекс от своих предшественников. Методическая часть охватывает широкий перечень работ, связанных с подготовкой источников и эксплуатацией их на профиле, описывает способы их выполнения и оформления отчетных материалов. В перечень включены работы, начиная от исследования новых моделей источников до тривиальных периодических отчетов об их техническом состоянии в ходе выполнения профильных работ.

Исполнителю работ будут полезны указания по подготовке источников к профильным работам: проведению диагностики технического состояния, наладке и ремонту, а также по настройке группового источника.

В числе методических нововведений следует отметить:

- оценку предельных характеристик излучения и факторов, их ограничивающих;
- оценку инвариантности источника к изменению поверхностных условий на профиле;
- оценку характеристик опорной (излучающей) плиты источника;
- изучение резонансных характеристик, прогнозирование гармонического состава и шумов.

Заключение

Авторы выражают надежду, что данный инструмент будет способствовать проведению объективной оценки источников сейсмических сигналов, не взирая на их производителя, возраст и рекламу.

ООО "ФИРМА"ГЕОСЕЙС"

**Разработка,
производство,
продажа,
импульсных
источников
"ГЕОТОН".**

G

**Предоставление в
аренду
телеметрического
сейсморегирующего
оборудования.**

NE

E

N

S

**ШТАБ
ОПЕРАТИВНОЙ
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ПОМОЩИ**

O

**Продажа, сервисное
обслуживание
и предоставление
в аренду сейсмических
вибраторов.**

Адрес: 123104, г. Москва, Сытинский тупик, д. 3, оф. 2

Тел./факс: (495) 202 32 17, 202 32 27

e-mail: geoseis@col.ru, geoton@geoton.ru, <http://www.geoton.ru>

Назначение и область применения

Тестер геофонов SGD-TG

- Контроль параметров геофонов и их групп в любой конфигурации в лабораторных и полевых условиях
- Отображение результатов тестирования на экране встроенного графического индикатора.
- Запись и хранение результатов тестирования геофонов или групп геофонов во внутреннем ЗУ
- Перезапись данных из ЗУ тестера на компьютер типа IBM PC через интерфейс USB
- Формирование и распечатка мини-отчёта (паспорта) каждого геофона или группы геофонов
- Диапазон рабочих температур окружающей среды от минус 20 до + 60 С



Проверяемые параметры

- полярность
- уровень шумов
- сопротивление утечки геофона от 1 до 100 МОм
- электрическое сопротивление катушки геофона по постоянному току от 0 до 65535 Ом
- собственная частота геофона от 1, 5 до 100 Гц
- коэффициент затухания колебаний геофона от 0,1 до 0,85
- коэффициент преобразования геофона от 0 до 65535 мВ/(см/сек)
- коэффициента нелинейных искажений геофона от 0 до 30%
- импеданс электрической цепи геофона от 0 до 65535 Ом

Основные технические данные

- диапазон частот тестового генератора от 1 до 100 Гц
- относительная погрешность определения значений параметров - не более 1%
- встроенная библиотека проверяемых геофонов – до 99 типов
- возможность создания пользовательской библиотеки проверяемых геофонов – до 30 типов
- объем памяти для хранения результатов проверки геофонов – не менее 20000 записей
- время проверки одного геофона не более 15 сек
- встроенный и выносной датчик температуры
- Продолжительность непрерывной работы без подзарядки батареи не менее 8 часов.
- габаритные размеры не более 240х150х58(64) мм.
- масса не более 2,5 кг.



Не так сидим! (о некоторых проблемах высшего образования в сфере наук о Земле).

М.И. Рыскин, Саратовский Государственный Университет им. Н.Г. Чернышевского, г.Саратов

Многие еще помнят как в 1999 году первый президент России начал пересаживать своих выживших, в частности С.В.Степашина, на более почетное место, дабы подчеркнуть его значимость в чиновничьей иерархии. Эта суета со стульями, как известно, не привела к решению острых проблем, стоявших перед страной, а только лишний раз оживила в памяти мораль известной басни дедушки Крылова: «Но как, друзья, вы не садитесь, все в музыканты не годитесь». С тех пор острых проблем не убавилось, а необходимость глубокого реформирования всех сторон российской жизни многократно умножилась. Поскольку все «сразу» и «сейчас» сделать невозможно, руководство страны выделило первоочередные направления преобразований, оформив их как «национальные проекты» и бросив на этот фронт недавнего главу администрации президента и нынешнего первого вице-премьера Дмитрия Медведева. Одним из этих национальных проектов является «Образовательный». Образовательный проект — очень тяжелое дело, но архиважное. И все это прекрасно понимают. Недаром первым декретом того же первого президента России был образовательный, но дело, как обычно, дальше слов не пошло. И на заре Горбачевской перестройки тоже много говорилось об образовании и в 1996 году на кануне перевыборов президента. Вспоминается, как в одном из своих тогдашних выступлений академик Е.П. Велюхов рассказал байку: когда-то римский император, после одной из войн, пожалел евреев в Палестине, встретился с их руководителями и спросил: «Что вы хотите? Помощи, денег?». Они ответили: «Открой нам школу». И в том же своем выступлении мудрый, выдавший виды Евгений Павлович жестко сформулировал такой тезис «Образование — наш единственный козырь. И с точки зрения экономики, и с точки зрения создания открытого демократического общества». И вот именно сейчас, спустя 10 лет, от слов переходят к делу — ведомство доктора физико-математических наук Андрея Фурсенко, министра образования и науки, приступило к реформам. Реформируется и общеобразовательная школа, и Российская академия наук, и Высшая школа. Идет острая полемика, всех сторон которой автор этих заметок не может затрагивать в силу своей недостаточной компетенции. Но представление об этой полемике читатель может получить из аналитических изданий, обычных СМИ, телевизионных ток-шоу и специальных источников. Применительно к высшей школе самыми «горячими» вопросами являются: введение единых компьютерных экзаменов, целесообразность присоединения России к Болонской конвенции (что уже произошло), с тем, чтобы сделать «конвертируемыми» Российские дипломы и переход на двухступенчатую систему бакалавр-магистр с отказом от традиционного пятилетнего образования (с получением статуса «специалиста») и ряд других проблем. В этих заметках автор собирается коснуться лишь некоторых конкретных моментов, характеризующих современное состояние высшего образования в сфере наук о Земле и наметить, что надо сделать, чтобы создавшееся тяжелое положение как-то поправить.

Сразу придется предупредить, что все рассуждения и предлагаемые мероприятия будут относиться к провинциальным ВУЗам, но никак не к столичным. Столица это вообще другая планета, и жизнь там не обнаруживает какого-либо сходства с остальной Россией. Поэтому автор, сообразуясь со своим

личным опытом 50-летнего пребывания в Саратовском университете, способен со знанием дела судить лишь об этой самой остальной России.

Возрастная структура преподавательского корпуса высшей школы

Итак, обратимся к некоторым типовым чертам, характеризующим бытие Высшей школы. Обычно в первую очередь акцентируется неудовлетворительная возрастная структура преподавательского корпуса. Ведь средний возраст преподавательского состава составляет 60 лет! Это при том, что аспирантура функционирует нормально. Так, на геологическом факультете при общей численности преподавателей ~40 человек каждый год в аспирантуру поступает от 3 до 10 выпускников. Как правило, они защищают диссертации в срок или с небольшим запаздыванием. Но они не пополняют ряды преподавателей, а в основном уходят в производственные или научно-исследовательские организации, где получают приемлемую зарплату. В аспирантуру способные молодые люди поступают с тем, чтобы «закосячить» от призыва в армию. В итоге в возрастной структуре преподавательского корпуса нахисто отсутствует горизонталь 30-40 лет, сравнительно небольшую часть составляют 40-50 летние, а основной костяк — пенсионеры. Так, на кафедре геофизики Саратовского университета из 10 преподавателей двое старше 70-ти, четверо старше 60-ти, двое старше 50-ти и двое старше 40 лет. Моложе лишь один, и тот работает на 0,5 ставки. На кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых из 6 человек основного состава двое старше 70-ти, один старше 60-ти, трое — старше 50 лет. А ведь это же основные профилирующие кафедры геологического факультета.

Чем опасно подобное положение? Расскажу для начала одну историю. В 80-х годах ушедшего двадцатого столетия в университет прибыл с визитом замечательный советский ученый — математик академик Андрей Николаевич Тихонов, глава крупнейшей научной школы по решению некорректных задач, основатель и декан факультета ВМК (вычислительной математики и кибернетики) Московского университета. На встречу с академиком пригласили всех желающих. Аудитория была забита до отказа. Престарелого академика ввели в аудиторию, ректор и секретарь парткома, поддерживая с двух сторон. Академик был страшно похож на «добраго дедушку», убежавшего с одноименной картины художника Касаткина, выставленной в Радищевском музее — знаменитой Саратовской «Третьяковки». Такой же маленький, белоголовый, бородатенький. Вот его почтительно «воздвигают» на трибуну и оставляют там одного. Академик молча стоит и только «жует» губами. Повисла неловкая тишина. Никто не понимает в чем дело. И вдруг Андрей Николаевич произносит внишительную, я бы сказал, чеканную фразу. Безукоризненную по форме и значительную по содержанию. И вновь замолкает. Потом опять следует великолепная фраза и опять томительная пауза минутной длительности. И в таком темпоритме проходит все выступление. Очевидно, в таком же темпоритме проходила и его мыслительная деятельность.

Придя домой, я бросился к энциклопедии и прочитал статью «Тихонов А.Н.», из которой уяснил.



карт на бумажных носителях и т.п. Реальной компьютеризации этих занятий пока не произошло, она заменена групповым компьютерным показом вместо выполнения индивидуальных заданий. В СГУ это происходит из-за малого числа специализированных компьютерных классов и из-за недостаточного числа компьютеров в таких классах, если они имеются. В целом компьютерные занятия на геологическом факультете составляют не более 10% от общего объема часов, а возможности самостоятельного компьютерного тренинга для студентов более чем скромны.

Еще одна негативная сторона сложившейся начитнической модели обучения состоит в том, что и курсовые по специальности, и даже дипломные работы примерно на 4/5 складываются из переписанного откуда-то текста (отчеты, другие дипломные, учебные пособия). Творческая самостоятельная часть зачастую представляется 2-3 мя страницами текста и 2-3-мя рисунками. Больше того, во многом унифицирован и сам перечень тем дипломных работ (на нефтяной специальности, например, это на 70% «доразведка такого-то месторождения»), что провоцирует бесконечное заимствование материала из работ прошлых лет.

О практиках.

В конце концов, единственным по существу эффективным элементом действующей модели геолого-геофизического образования становятся учебные и, в особенности, производственные практики. Учебные полевые практики всегда играли в структуре геологического образования центральную системообразующую роль. Именно здесь, в совмещении всех элементов, всех особенностей полевой жизни — содержательных и бытовых — происходило преобразование обычного студента в геолога, становление личности профессионального исследователя природы. Эта сторона во многих вузах нашего профиля до сих пор (возможно, по инерции) сохранила свое значение и предназначение, хотя достается все это нелегко: проведению практик, в особенности с выездом (на Урал, на Кавказ) предшествует мучительная борьба с администрацией ВУЗа за достойное финансирование, поиски спонсоров и пр. Но учебные практики дают только достаточную геологическую, картировочную базу, а все аспекты, к примеру, геофизического или иного сугубо специального образования развертываются в ходе двух производственных практик после третьего и четвертого годов обучения.

Если студенту повезет и он окажется на 2-3 месяца в хорошем центре по компьютерной обработке или интерпретации геолого-геофизических данных, он имеет шанс для настоящего прорыва в поле своей дальнейшей деятельности, для освоения реальных, востребованных практикой технологий, приобретения необходимых навыков, а, может быть, и закрепления на месте будущей работы. А если не повезет и придется заниматься только перестановкой сейсмоприемников на косе, упущенный шанс уже ничем компенсировать не удастся, так как возможности вузовских лабораторий не сопоставимы с производственными. В итоге недостатки обучения неминуемо обнаруживаются уже на начальном этапе производственной деятельности, и это вызывает очевидную неудовлетворенность качеством подготовки выпускников со стороны понимающих.

Так, в 2006 году на кафедре геофизики СГУ возникла коллизия с ОАО «Саратовнефтегеофизика», куда традиционно направляется несколько человек на практику и где устраиваются на работу некоторые наши выпускники. Было собрано внеочередное заседание кафедры совместно с ведущими специалистами ОАО, на котором обсуждались программы учебных курсов и проект проведения в их рамках

целевых занятий по современным методам обработки и интерпретации сейсмоданных и материалов ГИС на площадях ОАО и под руководством сотрудников ОАО.

В давние времена, когда кафедрой руководил ее основатель А.С.Грицаенко, он числил контроль за производственной практикой студентов одной из главных своих обязанностей, ежегодно объезжал места этой практики, где встречался и со студентами-практикантами и с их руководителями. Тем самым, он имел полное представление о содержании практики и ее соответствии своему предназначению, а в случае необходимости тут же вносил необходимые коррективы. Надо сказать, что и в наше время кое-где наблюдаются проявления заботы о будущих специалистах со стороны предприятий нефтегазовой сферы. Помимо ОАО «Саратовнефтегеофизика» здесь можно было бы назвать корпорацию «ЮКОС», которая еще до «Ходоркостя» разработала и финансировала мощную систему мероприятий в образовательной сфере, включающую, к примеру, этап завершения обучения отобранных по конкурсу студентов за границей. Однако все это скорее исключение, чем правило.

О научной работе студентов.

Наконец еще два малоприятных черта сегодняшнего облика Высшей школы в рассматриваемой сфере это — снижение уровня научной работы студентов, как по широте охвата проблем, так и по качеству исследований. Студенческие публикации в виде полновесных статей в научных журналах стали еще большей редкостью, чем прежде. За последние 5 лет автор с таковыми вообще не встречался ни разу. Если судить об уровне научной работы по количеству докладов на студенческих конференциях, то здесь дело обстоит лучше. Так в Саратовском университете вот уже несколько лет проводится научная конференция Российского уровня — «Геологи XXI века» с выпуском сборника лучших докладов. Однако, представительство на ней студентов даже самого ВУЗа — организатора оставляет желать лучшего: обычно это от 5 до 10 студентов от каждой кафедры (из общей численности от 100 до 200 человек). Причем, это главным образом, студенты-дипломники, которые выполняют свои исследования не на кафедрах, а в организациях, где они проходили преддипломную практику. То есть эти работы базируются на «чужом» материале. Какой-то процент студентов участвует в выполнении бюджетных и хоздоговорных работ, но это далеко не всегда самостоятельное творчество, да и сам процент очень невелик.

Какова же причина столь явного спада? По мнению автора, она коренится в том, что существенно снизился количественный и качественный уровень научной работы самих преподавателей. Отчасти это объясняется насущной необходимостью совмещать работу в ВУЗе с параллельным преподаванием в лицеях, гимназиях, техникумах, с тем, чтобы общий заработок обеспечивал приемлемые условия жизни. Для научной работы просто не хватает времени, за нее практически не платят! Другая причина — преклонный возраст значительной части преподавательского корпуса, о чем уже говорилось выше. В итоге большинству преподавателей нечем озадачить студента, а отсюда — бесконечное дублирование тематики дипломных и курсовых проектов.

Наконец, за последнее время сильно возрос объем всякого рода бумаг и никчемных бумажных заданий (анкет, опросов), которые спускаются преподавателям администрацией, сильно озабоченной улучшением какого-то «документооборота». Этот шедевр бюрократической мысли, совершенно несовместимый с наукой и естественно-научным образованием, теперь уже прочно обосновался в университетских стенах.

Что делать?

Все перечисленные здесь негативные стороны бытия российской Высшей школы безусловно требуют адекватной реакции государства. Без реформ вполне реальной становится утрата национальной системы образования, хорошо приспособленной к Российским условиям, эффективно работавшей многие десятилетия, а главное вполне конкурентно способной. Конвертируемость Российских дипломов, конечно, хорошее дело, но осуществление его ценой уничтожения Высшей школы, которая, оказалась чуть ли не единственным институтом общегосударственного масштаба, избежавшим тотального перестроенного разрушения, — слишком большая роскошь. Школу эту, конечно, — слишком сохранить, но от преобразований уйти не следует. В чем же они должны заключаться?

Не претендуя на исчерпывающий ответ, риском все же предложить хотя бы несколько очевидных мероприятий.

1. Прежде всего, конечно, следует перейти к более адекватному способу обучения — резко сократить объем лекционных занятий, оставив только обзорные, по узловым темам. Причем лекции эти должны читаться после того, как студенты самостоятельно проработают подготовленный профессором компьютерный вариант курса, и его обсуждение пройдет на семинарах. Оптимальный объем лекционных занятий в часах — не более 1/4 от всего их количества, обозначенного в учебном плане на весь курс. Компьютерный вариант курса должен быть представлен заблаговременно и утвержден на заседании кафедры.

2. Научную работу следует организовать и направлять через научно-производственные лаборатории, имеющие общефакультетский или общевузовский статус.

Образец подобной лаборатории существует и успешно функционирует на геологическом факультете СГУ. Она создана в 2003 году усилиями того же молодого профессора А.Ю.Гужикова, специалиста в области палеомагнетизма, и получила название лаборатории петрофизики. Вместе с ним руководящее ядро лаборатории составляют профессор О.П.Гончаренко, минералог и петрограф, и доцент Ю.Г. Шигаев, геофизик. В настоящее время при лаборатории работают два молодых кандидата наук — О.Б.Ямпольская и В.А.Фомин, аспиранты Пименов М.В., Маникин А.Г., Рузляева Н.С., лаборант Михайлов А.М. и др. Сотрудники лаборатории опубликовали за 4 года ее фактического существования (официальный статус лаборатория получила в 2006 году) более 30 работ в журналах и сборниках разного уровня (включая академический), участвовали в работе международной школы-семинара (2006г.) и Всероссийского совещания (2006г.), имеют гранты РФФИ и пр.

А самое главное — в лаборатории в атмосфере по-настоящему творческой стажировались студенты факультета!

3. Необходимо активно работать над изменением возрастной структуры преподавательского корпуса. Эта работа может на первых порах состоять в приглашении в ВУЗ молодых и, одновременно, опытных специалистов научно-исследовательских и производственных организаций для проведения занятий по новым актуальным технологиям и научным проблемам. Занятия по таким направлениям целесообразно проводить непосредственно на производстве или в НИИ через создание в них филиалов кафедр, а преподаватели филиалов должны получать на своих предприятиях достойную оплату. Со временем вошедшие во вкус молодые преподаватели могут естественным путем занять

место ветеранов, вышедших на пенсию. Само собой и ВУЗовские преподаватели, активно работающие со студентами в науке также должны иметь за это материальное вознаграждение.

4. Самым значимым преобразованием, которому необходимо подвергнуть учебный процесс в ВУЗе — это его резкая интенсификация. Наиболее весомым элементом такой интенсификации должны стать серьезные домашние задания по всем основным дисциплинам, для выполнения которых придется работать с литературой, проводить вычислительные эксперименты и т.д. Студентам надо задавать много!

В свое время автор провел ориентировочный подсчет, согласно которому обнаружилось, что геологический факультет в СГУ один из самых легких — в среднем, студенту после окончания аудиторных занятий, необходимо работать всего 1 час в день. Оказалось, что домашние задания предлагают студентам регулярно только преподаватели высшей математики и иностранного языка. Геологи и геофизики таких заданий вообще не дают, а физики и химики ограничиваются требованием выполнения лабораторных работ на специально развернутых практикумах. Для сравнения приведем объем ежедневной дополнительной нагрузки студентов двух других естественнонаучных факультетов — физического (2,5-3 часа) и химического (3,5 часа).

Все разговоры о перегрузках студентов можно без всякой натяжки назвать беспочвенными. Мозг, мыслительные способности человека развиваются только при значительной нагрузке. Академик Д.С.Лихачев справедливо замечает в своей выдающейся работе «Заметки о Русском», что мозг человека рассчитан на 3 Оксфорда, а при недогрузке он деградирует и отмирает как ненужный рудимент. Обратный процесс превращения человека в обезьяну происходит в отличие от прямого катастрофически быстро!

Конечно, и преподавателю придется при таком режиме работать много больше, так как выполнение домашних заданий придется контролировать. И вот именно тогда со всей остротой встанет вопрос о существенном (в разы!) повышении заработной платы преподавателей, может быть за счет заинтересованных организаций-спонсоров. Жесткий контроль повлечет за собой, наконец, необходимость бескомпромиссного отчисления неуспевающих студентов и отказ от упоминавшейся привязки числа преподавателей к числу студентов. Все эти меры коснутся, конечно, и проблем внебюджетного (коммерческого) и заочного образования.

С последним вообще дело обстоит самым постыдным образом: среди студентов заочников порой до 20-25% составляют люди, не имеющие, как уже отмечалось, никакого касательства к выбранной профессии. Это, при том объеме занятий и системе обучения, которая выработалась совсем в другие, нерыночные времена, приводит к полной профанации заочного образования. Все преподаватели это видят, но работать продолжают, так как идут «часы», растет нагрузка, а значит и заработок. Пусть на копейки, но растет. Иногда при встрече с коллегами-геофизиками приходится слышать вопрос: «и вы за такие деньги?...». Ответ, понятное дело, один: «... а где взять другие?».

Поднятые в этой статье проблемы — возможно только верхушка айсберга. Вопрос заслуживает более компетентного и широкого обсуждения, крутых реформ. Чисто организационными (не так сидим!) бюрократическими мероприятиями не обойтись. А пафос нашего выступления вполне очевиден. Надо гораздо больше и лучше работать, надо контролировать работу и спрашивать за нее с исполнителя, и надо этому исполнителю гораздо больше платить!

В этом весь секрет!

МИФЫ И ПАРАДОКСЫ ВИБРОСЕЙСМОРАЗВЕДКИ



ГЕОТЕХ 2007



СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



САРАТОВНЕФТЕГЕОФИЗИКА
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

Научно-техническая конференция
«Современные технологии регистрации геолого-геофизических данных
при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ»

ОАО «СКБ сейсмического приборостроения», ОАО «Саратовнефтегеофизика», Саратовское региональное отделение Межрегиональной общественной организации «Евро-Азиатское геофизическое общество» приглашает профессионалов, посвятивших себя данной проблеме, на традиционные «Встречи на Волге» для участия в десятой ежегодной научно-технической конференции «ГЕОТЕХ-2007».

Юбилейная конференция будет проведена 4-6 сентября 2007 г.

Программа конференции включает научные выступления, обмен мнениями на секционных заседаниях, выставку геофизической аппаратуры. Участникам конференции будут вручены комплекты рекламно-информационных материалов. Предусмотрена также культурная программа и спортивные мероприятия.

Целевой взнос на проведение конференции составляет 2000-00 руб. за одного участника от Российских организаций и 10000-00 руб. за участие зарубежных фирм и их представительств и покрывает расходы на организацию научной программы и выставки, трансфер. Оплата за участие в конференции производится по выставленным счетам безналичным перечислением по банковским реквизитам Саратовского регионального отделения МОО «ЕАО».

Реквизиты для перечисления:
Получатель: Саратовское региональное отделение Межрегиональной общественной организации «Евро-Азиатское геофизическое общество» (название в платежном поручении печатается полностью).

ИНН 6452051820/КПП 645201001
р/с 40703810856070101637 в
Саратовском ОСЮ №8622 г.
Саратова, БИК 046311649
корр. счет 30101810500000000649

Назначение платежа: Целевой сбор на проведение конференции.
НДС не облагается

Заявки на участие просим направлять в оргкомитет конференции по факсу (8452) 64-14-52, 27-21-01 или электронной почте в свободной форме на бланке предприятия с обязательным указанием: Ф.И.О., должности, темы сообщения участников и требуемой площади на выставке оборудования, тип номера в гостинице для бронирования (1-местный, 2х-местный, п/люкс, люкс), необходимость встречи на вокзале и аэропорту.

*Ждем наших старых друзей и новых
участников на Волжских берегах!*

*Встречи на
Волге*

ОРГКОМИТЕТ

Контактные телефоны:
Тел. (8452) 64-14-32,
Факс (8452) 64-14-52, 27-21-01
e-mail: turlov@skbsp.ru

Саратов
4-6 сентября 2007

Адаптированный к зимним
условиям гусеничный NOMAD 65T
на работах в Сибири



Ahead of the CurveSM

www.intromarin.ru



МОРЕ

ТРАНЗИТНАЯ
ЗОНА

СУША

...работают везде...



СИ Технологии
www.intromarin.ru

353477 Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Ручейная, 6
тел.: (86141) 26615, 26511, факс: (86141) 26601, e-mail: office@intromarin.ru