

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ОКТЯБРЬ-ДЕКАБРЬ

02/2002

ТЕМА НОМЕРА:

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Высокоразрешающая сейсморазведка - новые решения
Интеллектуальная собственность в геофизическом приборостроении
Техническое обеспечение исследований ГСЗ-МОВЗ-МОГТ-МПВ

**ЛИДЕР НА РОССИЙСКОМ
РЫНКЕ СЕЙСМОПРИЕМНИКОВ**



**ОЙО-ГЕО
ИМПУЛЬС
ИНТЕРНЕШНЛ**

OYO-GEO IMPULSE INTERNATIONAL

Учредители:
завод "Геофизприбор", Россия (г. Уфа)
корпорация "ОЙО Геоспейс", США (г. Хьюстон)
фирма "Чори", Япония (г. Токио)

Россия, г. Уфа, ул. Кировоградская, 36.
Тел.: (3472) 24-73-44, 25-39-73. Факс: (3472) 24-73-44.

<http://geoimp.on.ufanet.ru>
E-mail: geoimp@ufanet.ru

■ Приборы и системы

• СЕЙСМОПРИЕМНИКИ

• Теория

- Теория и цифровая модель сейсмоприемника с точки зрения геофизика-инженера 5

• Разработка и производство

- Новый электродинамический сейсмоприемник ускорений 11
- Универсальный двухкомпонентный датчик для сейсморазведки в условиях мелководья, транзитных зон и прилегающей к ним суше 14
- Приемные системы для многоволновой сейсморазведки в России. К вопросу о приоритетах 16
- «ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл»: перспективы деятельности на отечественном геофизическом рынке 19
- Пьезоэлектрические преобразователи от инфразвука до ультразвука 21

• Стандартизация

- Стандартизация показателей и методов испытаний электродинамических сейсмоприемников 22

• Контроль и диагностика

- Аппаратурно-программный комплекс «ТЕСТ-СП» 28

■ Геофизические технологии

- Высокоразрешающая сейсморазведка в Нижнем Поволжье РФ и во впадине Талиму в Китае 32
- Результаты применения импульсного сейсмического источника «Енисей-КЭМ» в Саратовской области 37
- Техническое обеспечение комбинированных сейсмических исследований ГСЗ-МОВЗ-МОГТ-МПВ для геологоразведочных работ 39

■ Экономика приборостроения

- Интеллектуальная собственность в геофизическом приборостроении 41

■ Образование-инвестиции в будущее

- Уральской государственной горно-геологической академии 85 лет 49

СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор:
Турлов Г.А.

Выпускающий редактор:
Минеев Д.С.

Менеджер проекта:
Голубев Р.А.

Дизайн, верстка:
Мокрусов Д.В.

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

E-mail: ikorp@sat.ru

Тел.: (8452) 64-14-32
Факс: (8452) 64-14-52

Тираж отпечатан:
ООО «Полиграф-Дело»
г. Саратов, ул. Челюскинцев, 59
т.: 26-39-85

Тираж: 500 экз.

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

От редколлегии:
Ответственность за подбор и изло-
жение фактов в статьях несут авторы.
Редколлегия может публиковать статьи
не разделяя точки зрения авторов.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Прошли напряженные дни рассылки первого номера нашего журнала. Утомительная работа по созданию адресной базы наших потенциальных читателей, трудности общения с почтовыми работниками, - все позади...

В памяти останется только радость, общения с читателями: уже получены первые заявки на редакционную подписку - ура! Получены первые позитивные оценки журнала. И это радует - у молодого журнала уже появляются друзья! Первоначальный скепсис хоть и частично, но преодолен.

Однако глубина обратной связи журнал-читатель все-таки будет определяться не только читательскими эмоциями, но и, главным образом, тем материалом, который принесут. Если такой информационный поток, пусть не очень объемный на первых порах, будет иметь место - журналу жить, журнал нужен!

Если же потока не будет - это будет худо: ведь придется организовывать материал...

Мы лелеем надежду на выполнение первого сценария. И потому с нетерпением ожидаем каждое новое почтовое или электронное послание - не будущий ли это постоянный автор?

Ждем от Вас статьи, краткую информацию, корреспонденции о прошедших событиях и готовящихся произойти!

Все, что может быть интересным для вас и ваших коллег, должно найти отражение в журнале! Не ленитесь, активно общайтесь с нами, мы поможем сделать из вашей информации востребованный читателем материал!

Теперь немного о втором номере. Его тема - сейсмоприемники. Как мы и ожидали интерес к ней высок, авторская активность велика. Любопытно, что авторы вновь и вновь обращаются к дифференциальному уравнению движения классического сейсмографа. Вероятно долгое отсутствие трибуны для общения заставляет авторов начинать "от печки".

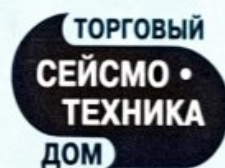
Главный редактор

П.А.Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



ВНИГЕОФИЗИКА



Хотя теория сейсμοприемника давно является достоянием географий, справочников и учебников [1, 2], некоторые ее следствия, полезные для геофизиков, имеющих дело с цифровой обработкой данных, практически не освещены в доступной литературе. Это касается, прежде всего, аналитических выражений реакции сейсμοприемника на импульсные воздействия, которые раньше, по-видимому, просто не были востребованы практикой. Кроме того, современная высоко-точная цифровая запись позволяет по-новому подойти к проблеме тестирования сейсμοприемников и анализу их нелинейностей. Наконец, еще один важный аспект теории связан с проблемой цифрового моделирования работы сейсμοприемника - решением прямой задачи (нахождения выходного сигнала по входному) непосредственно во временной области, не прибегая к преобразованию Фурье или интегралу свертки. Последняя задача представляется особенно полезной в учебных целях.

Всякий сейсμοприемник инерционного типа можно рассматривать как устройство, позволяющее наблюдать (измерять) колебания почвы из относительно неподвижной точки пространства. В качестве такой опорной точки используется упруго подвешенный внутри жесткого корпуса на пружине массивный груз (маятник). Для измерения относительного движения корпуса и маятника служит чувствительный элемент, представляющий собой катушку, которая одновременно выполняет конструктивную роль маятника, и постоянный магнит как составная часть корпуса. Перемещаясь в кольцевом зазоре магнита, катушка вырабатывает электрическое напряжение, пропорциональное скорости взаимного смещения. Кроме того, металлический каркас катушки, являясь короткозамкнутым витком, оказывает тормозящее (демпфирующее) действие на движение маятника, пропорциональное скорости. Это демпфирование необходимо, чтобы маятник оставался "как можно более неподвижным" при любом колебательном движении корпуса. Демпфирование можно еще усилить, если разрешить протекание тока в катушке, для чего достаточно зашунтировать выход сейсμοприемника резистором.

Хотя, как видно уже из этого описания, механические и электрические характеристики сейсμοприемника тесно связаны, для анализа целесообразно рассмотреть их отдельно. Механическую часть сейсμοприемника будем характеризовать тремя конструктивными параметрами: массой маятника M , кг, жесткостью пружины K , Ньютон/м, и коэффициентом скоростного сопротивления H , Ньютон·секунда/м. К электрической части отнесем только коэффициент скоростного механоэлек-

трического преобразования K_e , В·с/м паспортный параметр, характеризующий чувствительность приемника.

Дифференциальное уравнение механического сейсμοприемника Предположим, что корпус и маятник имеют только по одной степени свободы вдоль одной и той же оси. Предположим далее, что движение корпуса жестко задано извне перемещением грунта $x(t)$ в абсолютной (инерциальной) системе координат. При этом маятник вынужден перемещаться в той же системе координат под действием упомянутых механических связей его с корпусом по закону $u(t)$. Это движение в любой момент времени и при любом законе движения корпуса $x(t)$ полностью определяется равновесием трех сил, действующих на маятник: силой инерции маятника, направленной встречно его ускорению в инерциальной системе, силой сопротивления демпфера, встречно-пропорциональной относительной скорости движения маятника относительно корпуса, и силой пружины, встречно-пропорциональной смещению маятника относительно корпуса. Условие равновесия этих сил можно записать как:

$$-Mu'' - H(u' - x') - K(u - x) = 0 \quad (1)$$

Теперь предположим, что воображаемый "наблюдатель" размещен на маятнике, и, стало быть, может измерять только величину смещения $y(t)$ корпуса относительно маятника:

$$y = x - u \quad (2)$$

Эту величину мы и будем рассматривать как выходную величину механического сейсμοприемника. Избавляясь в уравнении (1) с помощью соотношения (2) от практически недоступной измерению величины $u(t)$ и ее производных, получим дифференциальное уравнение, связывающее входную $x(t)$ и выходную $y(t)$ величины сейсμοприемника¹:

$$My'' + Hy' + Ky = Mx'' \quad (3)$$

Коэффициенты M , H и K являются конструктивными параметрами. Для пользователя удобнее другие параметры, называемые динамическими, а именно:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (4)$$

собственная угловая частота свободных колебаний маятника при отсутствии демпфирования,

$$\zeta = \frac{H}{2\sqrt{KM}} \quad (5)$$

безразмерный коэффициент демпфирования,

$$\varepsilon = \zeta \omega_0 \quad (6)$$

затухание, или абсолютный коэффициент демпфирования.

Переходя к символической форме записи операции дифференцирования $p = \frac{d}{dt}$, перепишем

¹ В большинстве известных литературных источников, например [1], это уравнение приводится со знаком минус в правой части. Это справедливо, если в качестве выходной величины вместо (2) принять $y = u - x$, то есть, разместить "наблюдателя" не на маятнике, а на корпусе. Дискуссию по этому поводу см. в работах А.В.Рыжова [4, 6] и В.И.Юшина [5]. Точку зрения А.В.Рыжова на некорректность варианта записи уравнения (3) со знаком минус в правой части мы по-прежнему считаем ошибочной.

уравнение (3), связывающее закон перемещения корпуса $y(t)$ во времени и выходной сигнал $x(t)$, в виде:

$$(p^2 + 2\epsilon p + \omega_0^2)y = p^2 x. \quad (7)$$

Передаточная функция механического сейсмоприемника. Применяя к обеим частям уравнения (7) преобразование Лапласа, получим

$$(p^2 + 2\epsilon p + \omega_0^2)Y(p) = p^2 X(p). \quad (8)$$

где p теперь играет роль комплексной переменной, имеющей вид $p = \alpha + j\omega$, а $X(p)$ и $Y(p)$ представляют собой изображения Лапласа, соответственно, входного и выходного сигналов датчика. Отношение изображений Лапласа выходной и входной величин называется **передаточной функцией** линейной системы [7]. Передаточная функция механического сейсмоприемника, исходя из (8), определяется как

$$D(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{p^2}{p^2 + 2\epsilon p + \omega_0^2} \quad (9)$$

Передаточная функция является исчерпывающей характеристикой линейной системы, поскольку позволяет выразить реакцию системы на сигнал любой формы. Однако, обращаясь к передаточной функции сейсмоприемника, надо оговаривать, какая именно характеристика движения корпуса имеется в виду: смещение, скорость или ускорение. Так, выражение (9) есть **передаточная функция по отношению к смещению корпуса**. Она безразмерна, поскольку преобразует абсолютное смещение корпуса в относительное смещение корпуса и маятника. Но этим же самым датчиком можно измерять, например, ускорение корпуса. В этом случае мы говорим о передаточной функции того же самого механического сейсмоприемника **по ускорению**², которая будет иметь вид:

$$D_A(p) = \frac{Y(p)}{p^2 X(p)} = \frac{1}{p^2 + 2\epsilon p + \omega_0^2} \quad (10)$$

и размерность времени в квадрате. Однако для всех передаточных функций сейсмоприемника инвариантом остается знаменатель рациональной дроби (9, 10), называемый в теории автоматического управления [7] **характеристическим полиномом**, который принято отображать одной из следующих форм записи:

$$Q(p) = p^2 + 2\epsilon p + \omega_0^2 = (p + \epsilon)^2 + \omega_1^2 = (p - p_1)(p - p_2), \quad (11)$$

где

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \epsilon^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \zeta^2}, \quad (12)$$

представляет собой частоту свободных колебаний демпфированного маятника, p_1 и p_2 являются корнями **характеристического уравнения** датчика, определяемого как $Q(p) = 0$:

$$p_{1,2} = -\epsilon \pm j\omega_1 = \omega_0 (\zeta \pm j\sqrt{1 - \zeta^2}). \quad (13)$$

Таким образом, несмотря на многообразие представлений динамических параметров сейсмоприемника, базовыми его параметрами можно считать только два: ω_0 и ζ . Остальные вспомогательные, производные от базовых. Необходимость же их разнообразия обусловлена удобством или краткостью записи при решении различных задач теоретического и экспериментального характера. Так, например, вторая форма записи характеристического полинома (11) соответствует табличной

² Здесь и далее индексы при символах передаточных функций будут означать: S - по смещению корпуса, V - по скорости, A - по ускорению.

форме преобразования Лапласа и позволяет сразу получить аналитический вид реакции датчика на скачок смещения. Частота ω_0 это реально существующая угловая частота собственных колебаний, а ζ - затухание, здесь ее период по осциллограмме, а также как частоту ω_0 можно измерить, только лишь датчик затухания, что в случае сейсмоприемника невозможно. Корни p_1 и p_2 характеристического уравнения (они же - полюсы передаточной функции) часто используются в качестве паспортных параметров вместо собственных частот и затухания, особенно, в зарубежной литературе.

Частотная характеристика и импульсная переходная функция. Если в выражении передаточной функции $D(p)$ заменить комплексную переменную p на чисто мнимую $p = j\omega$, то передаточная функция становится комплексной функцией $D(j\omega)$ угловой частоты ω и называется **частотной передаточной функцией**, или **комплексной частотной характеристикой** (КЧХ). Хотя КЧХ также не зависит от входного сигнала, из соображений прояснения физического смысла ее можно определить как реакцию системы на гармоническое воздействие вида $\exp(j\omega t) = \cos(\omega t) + j \sin(\omega t)$, отнесенную к этому воздействию. Как всякая комплексная функция она может быть представлена либо модулем и аргументом, либо вещественной и мнимой частями:

$$D(j\omega) = |D(j\omega)| \exp(\arg D(j\omega)) = \operatorname{Re}[D(j\omega)] + j \operatorname{Im}[D(j\omega)] \quad (14)$$

Модуль частотной характеристики называется **амплитудно-частотной характеристикой** (АЧХ), аргумент **фазо-частотной характеристикой** (ФЧХ).

Функция времени, полученная с помощью обратного преобразования Фурье частотной характеристики, называется **импульсной переходной функцией**

$$d(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} D(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (15)$$

Импульсная переходная функция пропорциональна реакции системы во времени на импульсное воздействие в виде дельта-функции, но в отличие от самой реакции, имеющей размерность сигнала, характеризуется размерностью, обратной времени (если, конечно, передаточная функция безразмерна). Также как передаточная функция и как частотная характеристика, импульсная переходная функция является исчерпывающей характеристикой линейной системы. В частности, ее преобразование Фурье дает комплексную частотную характеристику:

$$D(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} d(t) e^{-j\omega t} dt \quad (16)$$

При практических расчетах, связанных с экспериментом, пользуются не угловыми (рад/с), а циклическими частотами $f = \omega/2\pi$, измеряемыми в Гц. Выполняя замену $p = j2\pi f$ в выражении (9), получаем следующие выражения для частотных характеристик механического сейсмоприемника:

Комплексная частотная характеристика:

$$D(jf) = \frac{-(f_0^2 - f^2)}{\sqrt{(f_0^2 - f^2)^2 + (2\zeta f_0 f)^2}} + j \frac{2\zeta f_0 f}{\sqrt{(f_0^2 - f^2)^2 + (2\zeta f_0 f)^2}}, \quad (17)$$

Амплитудно-частотная характеристика

$$D(f) = |D(f)| \sqrt{\frac{1}{(1 - \zeta^2)^2 + (2\zeta f/f_0)^2}} \quad (18)$$

Фазо-частотная характеристика³

$$\varphi(f) = \arg(1 - \zeta^2 + i 2\zeta f/f_0) \quad (19)$$

Иногда используется еще одна форма представления. Введя безразмерную частоту $v = f/f_0$, можем выразить амплитудную и фазовую характеристики механического сейсмоприемника в удобной реальной форме:

$$D(v) = |D(v)| = \frac{v}{\sqrt{(1 - v^2)^2 + (2\zeta v)^2}} \quad (20)$$

$$\varphi(v) = \arg(v^2 - 1 + i 2\zeta v) \quad (21)$$

Семейство нормированных амплитудных и фазовых характеристик в зависимости от относительной частоты v при различных коэффициентах демпфирования ζ приведено на рис.1. Из рис.1а хорошо видно, что амплитудные характеристики, построенные в билогарифмическом масштабе, носят асимптотический характер. В частности, в данном случае налицо две асимптоты, так же отображенные на рис.1а, выражения для которых можно получить из (20) с помощью предельных переходов, устремляя переменную v к 0 и к ∞ :

$$\lim_{v \rightarrow 0} D(v) = v^2; \quad \lim_{v \rightarrow \infty} D(v) = 1. \quad (22)$$

Обе асимптоты АЧХ пересекаются при $v = 1$, то есть, точно на частоте собственных не демпфированных колебаний сейсмоприемника, которая по этой причине иногда называется частотой первого излома асимптот. В билогарифмическом масштабе левая асимптота, или левая ветвь, имеет наклон 40 дБ/дек, а правая 0 дБ/дек. Это означает, что в области частот левее частоты излома маятник механического сейсмоприемника смещается относительно корпуса на величину, примерно пропорциональную ускорению, то есть, является акселерометром. Правее частоты излома он работает как сейсмометр, выдавая сигнал, пропорциональный смещению корпуса. Эта ветвь обычно считается рабочей в отличие от левой, которая называется низкочастотным завалом. ФЧХ на левой ветви показывает опережение по фазе на величину π , на частоте излома опережение на $\pi/2$ независимо от затухания, а правее излома асимптотически стремится к нулю.

Полезно обратить внимание на один, кажущийся парадокс. Согласно формуле (12) частота демпфированных свободных колебаний ω_d всегда ниже частоты не демпфированных колебаний ω_0 . Между тем, из графиков частотных характеристик на рис.1а видно, что с увеличением демпфирования их экстремум смещается вверх по частоте. Отсюда следует, что видимый период свободных колебаний на записи переходного процесса, точно отображающий частоту ω_d , нельзя отождествлять с положением экстремума соответствующей частотной характеристики.

Сейсморазведочный - приемник велосиметр - геофон. Как упоминалось выше, реаль-

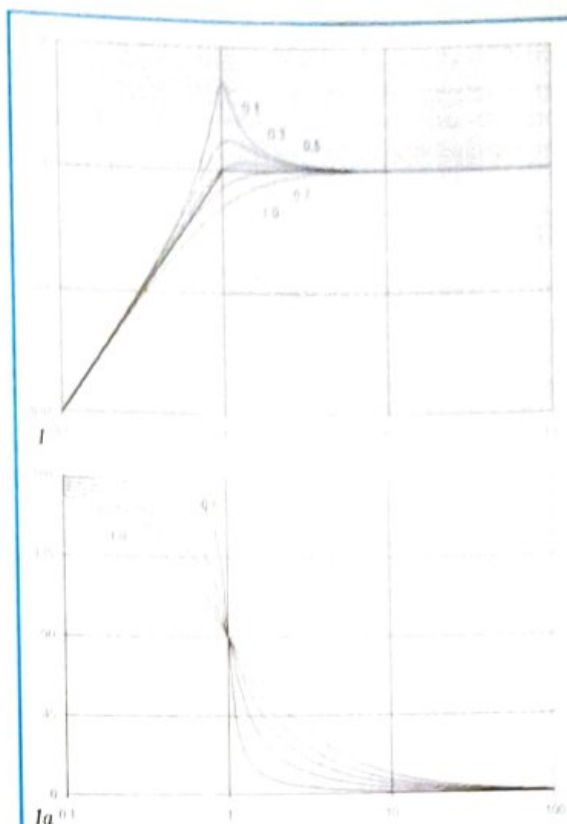


Рис.1. Нормированные амплитудные и фазовые характеристики механического сейсмоприемника по смещению и индукционного сейсмоприемника по скорости при различных коэффициентах демпфирования.

ный сейсмоприемник отличается от механического наличием индукционного преобразователя смещения маятника в электрический сигнал, пропорциональный скорости этого смещения. Датчик такого типа в сейсмометрии принято называть велосиметром, а в сейсморазведке - геофоном. Его передаточная функция по смещению корпуса имеет вид

$$V_s(p) = K_v p D(p), \quad (23)$$

где K_v коэффициент механоэлектрического преобразования чувствительного элемента по относительной скорости перемещения маятника и корпуса (размерность В с/м). Нетрудно заметить, что передаточная функция велосиметра по скорости пропорциональна передаточной функции (9) механического сейсмоприемника по смещению

$$V_v(p) = \frac{Y(p)}{p X(p)} = K_v D(p). \quad (24)$$

Эта характеристика, представленная в форме АЧХ и ФЧХ, обычно приводится в качестве паспортной для современных индукционных сейсморазведочных приемников. Надо только помнить, что чувствительность K_v и затухание ζ геофона зависят не только от конструктивных параметров датчика, но и от входного сопротивления последующего аппаратурного тракта, включая внешний шунтирующий резистор, снижающий реальную чувствительность. Эти зависимости обычно отображаются в паспорте датчика.

Все вышеприведенные выражения для частотных характеристик не содержат ограничений по верхней частоте. Реальные сейсмоприемники всегда имеют такие ограничения. В одних

³ В литературе ФЧХ обычно приводится в виде функции арктангенса отношения мнимой и реальной части. Для систем 2-го порядка и выше такое представление страдает неоднозначностью [5]. Учитывая, что все математические программные пакеты в настоящее время снабжены функциями вычисления аргумента комплексных чисел, предлагаемая запись более удобна. Для этой же цели может быть использована функция табулированного арктангенса, обозначаемая в математических пакетах как ATAN2

случаях это паразитные резонансы электромагнитной части датчика, неидеальность чувствительного элемента измерителя смещения, но, чаще всего, на первый план выступает аппаратный тракт цифрового регистратора с его обязательным антиаллисинг-фильтром. При этом оказывается, что передаточная функция и, соответственно, АЧХ имеет еще один излом в области высоких частот, но теперь уже с отрицательным наклоном. Таким образом, сейсмоприемник вместе с аппаратным трактом всегда имеет ограниченную полосу пропускания не только со стороны низких, но и со стороны высоких частот. Часть АЧХ правее второго излома будем называть правой ветвью АЧХ, или ее высокочастотным завалом. В общем случае, можно представить полную частотно-ограниченную передаточную функцию сейсмоприемника как произведение передаточной функции (24) и некоторой обобщенной передаточной функции типа фильтра низких частот $G(p)$.

Представим $G(p)$ в виде произведения постоянного коэффициента передачи K и нормированной безразмерной функции $G_0(p)$

$$G(p) = K \cdot G_0(p) \quad (25)$$

Коэффициент K может быть либо безразмерным, если рассматривается выходное напряжение на выходе датчика, либо имеет размерность коэф. В (в аналогичной литературе count/V), если выходным сигналом является цифровая запись. Полагая, что входным сигналом является смещение корпуса, можем выразить передаточную функцию сквозного канала "велосиметр-аппаратурный тракт" по смещению как

$$W_s(p) = K_s \cdot K_c \cdot p \cdot D(p) \cdot G_0(p) = K_s \cdot K_c \cdot p \cdot \left(\frac{p^2}{(p+\varepsilon)^2 + \omega_1^2} \right) \cdot G_0(p) \quad (26)$$

Найдем реакцию такой системы на воздействие в форме ступенчатого смещения корпуса на высоту x_0 . Такое воздействие можно выразить произведением $x_0 l(t)$, где

$$l(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases} \quad (27)$$

есть единичная ступенчатая функция Хевисайда, имеющая изображение Лапласа $1/p$.

Очевидно, изображением Лапласа реакции велосиметра на скачок смещения корпуса величиной x_0 будет произведение передаточной функции велосиметра по смещению (26) на изображение Лапласа ступенчатой функции (27) и на ее фактическую высоту x_0 :

$$U(p) = W_s(p) \cdot \frac{x_0}{p} = x_0 K_s K_c \cdot p \cdot \left(\frac{p^2}{(p+\varepsilon)^2 + \omega_1^2} \right) \cdot G_0(p) \quad (28)$$

Обратим внимание на то, что это выражение с точностью до постоянной x_0 совпадает с передаточной функцией велосиметра по скорости, а так же может быть также представлено как

$$U(p) = x_0 W_v(p) = x_0 K_c K_i \cdot p \cdot \left(\frac{p}{(p+\varepsilon)^2 + \omega_1^2} \right) \cdot G_0(p) \quad (29)$$

В последнем выражении дробь в круглых скобках можно интерпретировать как изображение Лапласа реакции механического сейсмоприемника (9) на единичную функцию (27). Для такой дроби известно ее обратное преобразование Лапласа [9]:

$$u(t) = e^{-\varepsilon t} \left(\cos \omega_1 t - \frac{\varepsilon}{\omega_1} \sin \omega_1 t \right) l(t) \quad (30)$$

Следовательно, формулу (30) можно рассматривать как единичную реакцию механического сейсмоприемника (переходный процесс во времени) на единичный ступенчатый смещение с его корпусом. На единицу рассматриваемого смещения.

Теперь, чтобы получить аналитическое выражение реакции велосиметра на скачок с амплитудой x_0 во времени, необходимо преобразовать единичную реакцию механического датчика (9) в соответствии с выражением (29) и применимыми свойствами оригиналов и их изображений по Лапласу, а именно, продифференцировать выражение (30), добавить все необходимые коэффициенты из формулы (29) и выполнить свертку с импульсной переходной функцией $q(t)$ фильтра $G_0(p)$

$$v(t) = x_0 K_s K_c \int_0^t q(t-\tau) * u(\tau) d\tau \quad (31)$$

где знак $*$ означает операцию свертки. Опуская временно свертку, что означает игнорирование высокочастотного завала, получим идеализированную реакцию велосиметра на скачок x_0 :

$$v(t) = x_0 K_s K_c \left[\delta(t) - 2\varepsilon e^{-\varepsilon t} \cdot \left(\cos \omega_1 t + \frac{\omega_1^2 - \varepsilon^2}{2\omega_1 \varepsilon} \sin \omega_1 t \right) \right] l(t) \quad (32)$$

где $\delta(t)$ дельта-функция Дирака, полученная как производная от функции Хевисайда.

Формула (32) и ее интегралы могут служить аналитическими трафаретами при анализе цифровой записи отклика реального датчика с точки зрения оценки его динамических параметров, а также возможных нелинейностей. Обратим внимание на важный факт: первые два интеграла от (32) на полубесконечном интервале должны быть равны нулю, поскольку содержат в качестве множителя затухающую экспоненту. Это легко показать прямым интегрированием выражения (32) с учетом свойства интеграла от дельта-функции:

$$z(t) = \int_0^t v(\tau) d\tau = x_0 K_s K_c \cdot e^{-\varepsilon t} \cdot \left(\cos \omega_1 t - \frac{\varepsilon}{\omega_1} \sin \omega_1 t \right) l(t) \quad (33)$$

$$a(t) = \int_0^t z(\tau) d\tau = \frac{x_0 K_c K_i}{\omega_1} e^{-\varepsilon t} (\sin \omega_1 t) l(t) \quad (34)$$

Выражение (33) представляет собой реакцию велосиметра на скачок скорости корпуса амплитудой x_0 м/с и отражает тот факт, что по окончании переходного процесса, вызванного этим скачком, маятник сейсмоприемника возвращается в исходное (нулевое) положение относительно корпуса и останавливается. С точностью до коэффициента $x_0 K_s K_c$ оно совпадает с единичной реакцией (30) механического сейсмоприемника. Выражение (34) описывает реакцию велосиметра на скачок ускорения, а наличие в нем экспоненциально стремящегося к нулю множителя означает, что маятник, в конце концов, останавливается, хотя и новом (ненулевом) положении относительно корпуса.

Еще одно замечательное свойство импульсного отклика (32) и его интегралов (33) и (34) состоит в том, что их взвешенная сумма сворачивается в дельта-функцию:

$$v(t) + 2\varepsilon z(t) + \omega_0^2 a(t) = x_0 K_c K_i \delta(t) \quad (35)$$

а интеграл от этой суммы дает на нулевом времени ступеньку высотой $x_0 K_c K_i$.

Отмеченные асимптотические свойства отклика и его интегралов полностью сохраняются, если учесть ранее отброшенную операцию свертки с импульсной переходной функцией $g_0(t)$ аппаратного тракта, т.е. учесть высокочастотный завал. В этом случае отклик датчика на скачок смещения выражается как

$$v(t) = v_0 K_0 K_1 \left[g_0(t) - \left(2\epsilon_1 + \frac{\omega_0^2 - \epsilon_1^2}{2\omega_1 \epsilon_1} \sin \omega_1 t \right) * g_0(t) \right] \text{ (36)}$$

В отличие от (32) первое слагаемое этого выражения вместо дельта-функции воспроизводит в чистом виде импульсную переходную функцию аппаратного тракта вместе с высшими "паразитными" резонансами датчика, которые не были учтены в его идеализированной модели (32). Оно имеет вид относительно узкого импульса, который в начальный момент на порядки превосходит второе слагаемое, но быстро затухает (см. рис.2а, где показан экспериментальный отклик на скачок смещения). Второе слагаемое (показано на рис.2б в виде увеличенного фрагмента рисунка 2а вместе с его теоретическим видом) отображает важнейшую низко- и среднечастотную часть переходного процесса датчика, зависящую от основных параметров датчика. Экспоненциально-гармоническая форма второго слагаемого также осложнена сверткой с функцией тракта, но это влияние заметно только на относительно малых временах после воздействия.

Важно отметить, что теоретические свойства импульсных откликов сейсмоприемника дают новый ключ к анализу нелинейностей датчика. Дело в том, что по традиционной методике степень нелинейности оценивается с помощью спектрального анализа гармонических искажений. При этом датчик возбуждается искусственными механическими гармоническими колебаниями, которые сами по себе могут уже содержать такие искажения. При ступенчатом возбуждении форма и даже крутизна такой ступени (с точки зрения наличия в ней нелинейности) не имеют значения. Нелинейность датчика проявляется в процессе его свободных колебаний, когда вынуждающий сигнал уже закончился, и выражается в отсутствии теоретически требуемой сходимости интегралов к нулю, не устранимой никаким подбором начальных условий. На рис.2в и 2г проиллюстрирован эффект интегрирования реального отклика на скачок сейсмоприемника с нелинейностью. Хотя в области дельта-функции различие между экспериментальным и теоретическим откликами весьма существенно (см. рис.2б), первое интегрирование (рис.2в) к моменту окончания вынуждающего импульса полностью его устраняет. Затем, несмотря на то, что этих различий на первичном сигнале (рис.2б) в области свободных колебаний уже почти не заметно, расхождение первых интегралов начинает накапливаться, ослабевая по мере затухания переходного процесса, но уже накопленное смещение сохраняется. Второе интегрирование (рис.2г) выявляет этот эффект еще ярче, вызывая расхожимость интеграла.

Цифровая модель сейсмоприемника. В заключение приведем без вывода цифровую рекурсивную модель механического сейсмоприемника по отношению к смещению корпуса, или, что то же самое, нормированную модель

индукционного сейсмоприемника по отношению к виброскорости корпуса. Модель представлена в виде рекуррентной формулы, связывающей три последних входных x_i и три выходных y_i дискретных отсчета

$$y_i = A y_{i-1} - B y_{i-2} + C (x_i - 2x_{i-1} + x_{i-2}), \quad (37)$$

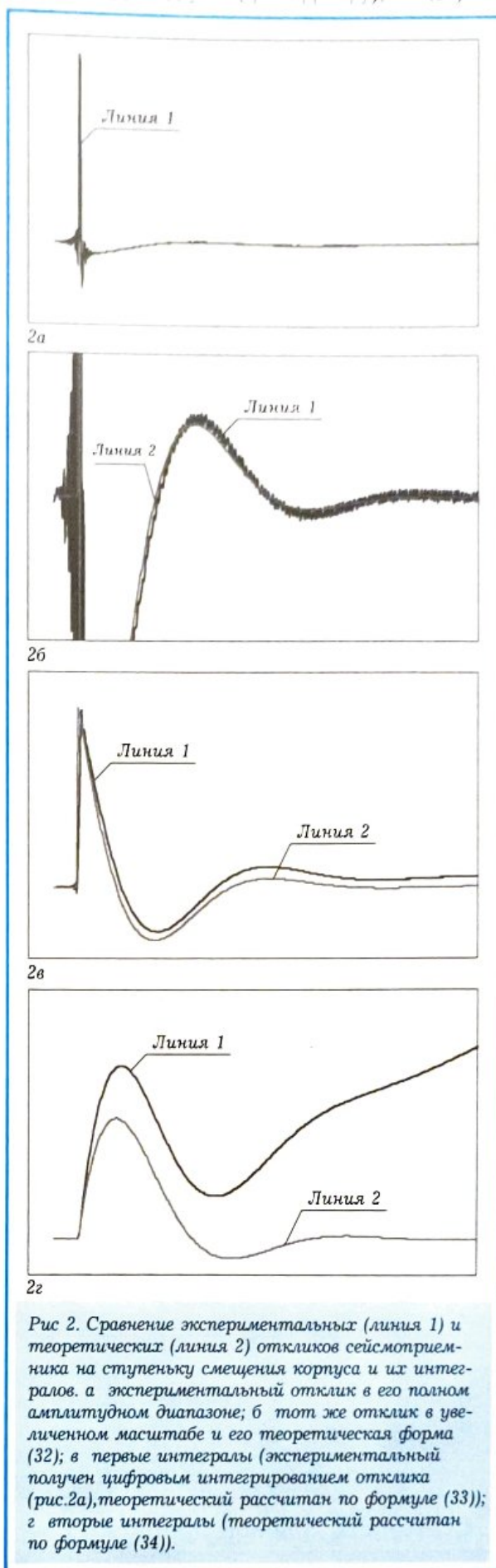


Рис 2. Сравнение экспериментальных (линия 1) и теоретических (линия 2) откликов сейсмоприемника на ступеньку смещения корпуса и их интегралов. а экспериментальный отклик в его полном амплитудном диапазоне; б тот же отклик в увеличенном масштабе и его теоретическая форма (32); в первые интегралы (экспериментальный получен цифровым интегрированием отклика (рис.2а), теоретический рассчитан по формуле (33)); г вторые интегралы (теоретический рассчитан по формуле (34)).

где используются три константы A , B и C , зависящие от динамических параметров ζ и f_0 моделируемого сейсмоприемника и частоты дискретизации f_0 :

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям. Статья представляется в электронном виде 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), либо 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 формата: *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 город, место работы и должность, научную степень.

$$y = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} y_k \quad (38)$$

$$R = R_0 \exp \left(-\frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) \quad (39)$$

$$f = \frac{1}{T} \left(1 + \frac{v^2}{c^2} \right) \quad (40)$$

С помощью рекуррентной формулы (37) можно вычислять значения y_k (38-40) модели. Моделировать на компьютере реакцию механической сейсмоприемника с заданными динамическими параметрами на смещение системы заданной формы и непрерывной протекания во времени. При этом размерность выходного колебания y будет такой же, как и входного x .

Чтобы найти реакцию инфузионного сейсмоприемника на смещение, необходимо выполнить операцию (37) с механическим сейсмоприемником, подвергнуть полученный сигнал y операции цифрового дифференцирования в обратных размерностях (с учетом частоты дискретизации) и умножить на коэффициенты K_1 и K_2 в их истинной размерности:

$$z = (1 - \alpha) y / K_1 K_2 \quad (41)$$

С учетом того, что последовательности x и y выражены в единицах длины, будет получена последовательность отсчетов z , выраженных в вольтках или кодах (в зависимости от размерности K_1 и K_2), что и требуется для решения прямой задачи.

Используя эту модель, можно также вычислять и частотные характеристики сейсмоприемников, применяя дискретное преобразование Фурье к отклику импульсного тестирования модели. В частности, можно задавать типовые воздействия такие, как дельта-функция, функция Хевисайда и синусоидальные колебания различных частот, в том числе свип-сигнал. В дискретной форме дельта-функция смещения задается одним ненулевым отсчетом с амплитудой, численно равной частоте дискретизации в Гц, на фоне всех остальных нулевых. Чтобы вычислить реакцию на дельта-функцию скорости, следует взять входную последовательность в виде единичного скачка: 0, 1, 1, 1, ..., поскольку такая форма смещения эквивалентна дельта-функции

гидравлической (или другой) системы, реакция на которую Фурье-образ будет дельта-функцией. Если же использовать частотный анализ, то можно получить частотный ответ в виде спектра, который можно пропустить через фильтр, эквивалентный фильтру сейсмоприемника, и получить спектральный ответ рекуррентной формулой (37).

$$Z_k = \frac{1}{K_1 K_2} \sum_{n=0}^{N-1} Y_n \exp(-j 2 \pi f_n t_n) \quad (42)$$

где Y_n — значения y в t_n , выраженные формулами (38) и (39) с той же частотой дискретизации, что и параметры f_n и t_n . Можно также использовать частотный анализ для нахождения частотной характеристики фильтра. Как и для таких фильтров, варьируя их параметры, можно получить самые различные дискретизированные ФНЧ, включая фильтры Баттерворта в том числе высокого порядка.

Литература

1. Гамбургцев Г.А. Основы сейсморазведки. Гостехиздат М. 1959. 253 с.
2. Гик Л.Д. Измерение вибрации. Изд-во "Наука". Сибирское отделение. Новосибирск. 1972. 291 с.
3. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. М. Недра. 1980. 551 с.
4. Рыжов А.В. Теоретические исследования сейсмоприемников. Геофизика. 1997. №3. с. 41-48.
5. Юшин В.И. О передаточной функции и фазовой характеристике сейсмоприемника. Геофизика. 2000. №5. с. 13-15.
6. Рыжов А.В. Ответы на замечания к статьям по теории сейсмоприемника. Геофизика. 2001. №2. с. 67-68.
7. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Наука. М., 1972. 767 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., Наука. 1986. 544 с.
9. Смит Дж.М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров-исследователей. М., Машиностроение. 1980. 271 с.

ПОДПИШИСЬ

Персональная информация о подписчике/Почтовый адрес организации

ФАМИЛИЯ		ИМЯ		ОТЧЕСТВО	
ПОЛНОЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ					
ОТДЕЛ/ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ				ДОЛЖНОСТЬ	
ИНДЕКС	СТРАНА	ГОРОД	ОБЛАСТЬ/РАЙОН		
АДРЕС					
КОД ГОРОДА	ТЕЛЕФОН	ФАКС	E-MAIL		

Россия, 410019, г.Саратов, ул. Крайняя 129, СО «ЕАГО» -- в редакцию «Приборы и системы разведочной геофизики»

Стоимость годовой подписки (с почтовой пересылкой и НДС - 10%)

Наименование издания	1 комплект	2 комплекта	3 комплекта	4 комплекта
Журнал "Приборы и системы разведочной геофизики"	1200 руб.	2300 руб.	3350 руб.	4400 руб.

Новый электродинамический сейсмоприемник ускорений

Рыжов А.В., ГФУП ВНИИГеофизика, г. Москва

Разработками сейсмоприемников ускорений во ВНИИГеофизике с начала 90-х годов было открыто новое направление в развитии электродинамических сейсмоприемников. Сейсмоприемник вертикальных ускорений СВУ, созданный в 1992 году [1, 2, 4], отличался от известных конструкций электродинамических сейсмоприемников скорости тем, что каждый из двух воздушных зазоров магнитной системы образован между полюсным наконечником, установленным на постоянном магните, и полюсным наконечником, установленным в магнитопроводе. Такая конструкция магнитной системы позволяла сконцентрировать магнитный поток в воздушных зазорах и увеличить в них магнитную индукцию. Создание необходимой высокой степени затухания потребовало увеличения доли объема каждого воздушного зазора, предназначенного для размещения короткозамкнутого каркаса катушки, и применения алюминиевого сплава, имеющего удельное сопротивление 2810^{-8} Ом·м, для изготовления этого каркаса СВУ имел параметры: частотный диапазон от 2,8 до 225 Гц, динамический диапазон 166 Дб, коэффициент преобразования по ускорению $0,045 \text{ Всм}^{-1}$, КНИ 0,1%, предельный угол наклона 90° , сопротивление обмотки катушки 880 Ом, масса преобразовательного блока 130 г.

Как видим, в СВУ не удалось получить уровень КНИ сравнимый с супер- и ультрафонами, предназначенными для работы в составе современных телеметрических полевых систем, поэтому нами был разработан новый электродинамический сейсмоприемник ускорений [3] с низким (менее 0,01 %) уровнем КНИ.

Магнитная система сейсмоприемника ускорений (см. рис. 1) состоит из постоянного магнита 1, двух полюсных наконечников 2 и 3, магнитопровода 4 и двух одинаковых полюсных наконечников 5, установленных в магнитопроводе. Полюсные наконечники 2 и 5, 3 и 5 образуют в магнитной системе два воздушных зазора. Фланцы 6 и 7 обеспечивают соосное расположение полюсных наконечников 2 и 3 с полюсными наконечниками 5 магнитопровода.

Механическое колебательное звено состоит из инерционного тела - катушки 8, двух одинаковых пружин 9, соединяющих катушку с магнитной системой, и двух одинаковых электромагнитных демпферов - проводящих каркасов 10 катушки, размещенных в воздушных зазорах магнитной системы. Две одинаковые катушки и размещенные на проводящих каркасах катушки и размещенные в воздушных зазорах магнитной системы, являются электродинамическими преобразователями.

Распределение магнитной индукции в воздушном зазоре и за его пределами изображено графиком 12.

Конструктивные параметры сейсмоприемника ускорений имеют обозначения μ и μ_0 - зазоры между полюсными наконечниками и катушкой, D и L_0 - диаметр и длина постоянного магнита, L_1 - глубина паза для размещения обмотки, L_2 - длина паза для размещения обмотки, $L_{\mu 0}$ - длина полюсного наконечника, L_{μ} - расстояние от края полюсного наконечника до точки пересечения прямых, аппроксимирующих распределение магнитной индукции в воздушном зазоре, L_3 - толщина стенки полюсного наконечника, Δ - длина воздушного зазора. Максимальное значение магнитной индукции в воздушном зазоре обозначено через B_m .

Проведенные экспериментальные исследования распределения магнитной индукции в

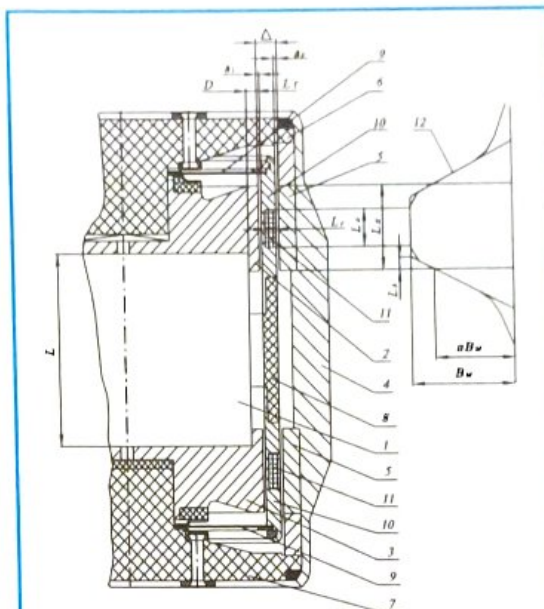


Рис. 1. Конструкция преобразовательного блока сейсмоприемника с графиком распределения магнитной индукции в воздушном зазоре магнитной системы

воздушных зазорах магнитных систем с полюсными наконечниками на постоянном магните и магнитопроводе показали: магнитная индукция имеет максимальное и постоянное значение, равное B_m , начиная с точки, расположенной на расстоянии Δ от одного края полюсного наконечника, и, заканчиваясь в точке, расположенной на расстоянии Δ , до другого края полюсного наконечника на длине, равной $L_{\mu}-2\Delta$.

Если обмотки не будут выходить за эти пределы при максимальном сигнале и максимальном угле наклона корпуса, то сейсмоприемник ускорений будет иметь малый КНИ.

Для вертикального сейсмоприемника ускорений возможно более рациональное использование длины, равной $L_{\mu}-2\Delta$. Расположив катушку в

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ РАВНОВЕШИЯ ЭКОЛОГИИ № 02/02/2002

В формулах (10) и (14) для расчета D и L остался не известным коэффициент усреднения квадрата магнитной индукции q . В соответствии с [4] значение q получим, вычислив отношение квадрата распределения магнитной индукции на длине L_M к B_M^2 .

$$q = \frac{\int_0^{L_M} B_x^2 dx}{B_M^2 L_M} \quad (15)$$

где B_x — текущее значение магнитной индукции

Непосредственно из рисунка найдем

$$\frac{\int_0^{L_M} B_x^2 dx}{B_M^2 L_M} = \frac{B_M^2 (L_M - 2L_N)}{B_M^2 L_M} + \frac{2 \int_0^{L_N} [nB_M + (B_M - nB_M)x/L_N]^2 dx}{B_M^2 L_M} \quad (16)$$

Подставив (16) в (17), после вычислений получим

$$q = \sqrt{1 - \frac{2L_N}{L_M} \left[1 - \frac{1+n(1+n)}{3} \right]} \quad (17)$$

Полученные формулы (10) и (14), связывающие D и L с выбранными параметрами сейсμοприемника, постоянного магнита и значениями коэффициентов, позволяя, задавшись размерами воздушного зазора, вычислить размеры постоянного магнита. По этому способу были рассчитаны параметры электродинамического сейсμοприемника вертикальных ускорений СВУ-3.

Изготовленный и испытанный СВУ-3 имеет следующие параметры: частотный диапазон от 2,6 до 260 Гц; динамический диапазон 160 дБ; коэффициент преобразования по ускорению 0,12 Всм; КНИ 0,01%; предельный угол наклона 90°; сопротивление обмотки катушки 2000 Ом; масса преобразовательного блока 160 г.

Расчетные размеры преобразовательного блока СВУ-3 превышают аналогичные размеры электродинамических сейсμοприемников скорости, широко применяемых в сейсморазведке. Частотный диапазон СВУ-3 соответствует частотному диапазону сейсмического сигнала. Динамический диапазон СВУ-3 соответствует известным оценкам динамического диапазона сейсмического сигнала и намного превышает динамический диапазон сейсмического канала записи современных телеметрических сейсморазведочных станций. СВУ-3 преобразует сейсмические сигналы с амплитудами на верхнем пределе динамического диапазона станций при КНИ не более 0,01%. Эффективное значение напряжения, создаваемого тепловым шумом обмотки СВУ-3 меньше эффективного значения напряжения, создаваемого собственным шумом сейсмического канала записи на его выходе и приведенного к его входу.

Литература

1. Рыжов А.В., 1997, Сейсμοприёмник ускорений: Патент РФ 2098844: Б. И., 34.
2. Рыжов А.В., 1992, Электродинамический преобразовательный блок сейсμοприёмника ускорений: Патент РФ 1720037: Б. И., 10.
3. Рыжов А.В., 2000, Электродинамический сейсμοприёмник ускорений с наименьшим коэффициентом нелинейных искажений: Патент РФ 2155358: Б. И., 24.
4. Рыжов А.В. Электродинамический сейсμοприёмник ускорений / Прикладная геофизика. - М.: Недра. 1994. Вып. 131.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

СПИСОК ВЫСТАВОК ЭКСПОЦЕНТРА НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

АПРЕЛЬ 22-23

Выставка КОМТЕК-2003

СВЯЗЬ-ЭКСПОКОММ 2003

15-я международная выставка систем и средств связи, компьютеров и оргтехники

ИЮНЬ 24-27

Выставка МНОГ (Нефть и Газ) 2003

СЕНТЯБРЬ 8-12

ИНФОКОМ 2003 ИНФОКОММУНИКАЦИИ РОССИИ XXI ВЕК

3-я международная выставка-форум по телекоммуникациям, новым инфокоммуникационным технологиям и приложениям

ОКТАБРЬ 20-24

НАУКА. НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ-2003

7-я международная выставка приборов и научных исследований

ОКТАБРЬ 20-24

СПЕКТРАНСПОРТ-2003

8-я международная выставка специальных и специализированных средств транспорта

СПИСОК ВЫСТАВОК ITE (INTERNATIONAL TRADE and EXHIBITION)

МАРТ 25-28

MINTEK 2003

7-я Московская международная выставка "Горное дело и горное оборудование"

АПРЕЛЬ 3-5

TURKIOG 2003

3-я Турецкая международная выставка и Конгресс "Нефть и газ", г. Стамбул

МАЙ 5-7

OGU 2003

7-я Узбекская международная выставка и конференция "Нефть и газ", г. Ташкент

ИЮНЬ 24-26

Petroleum & Gas Congress 2003

1-ый Российский нефтегазовый Конгресс, г. Москва

ИЮНЬ 24-27

MIOGE 2003

7-я Московская международная выставка "Нефть и газ"

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Универсальный двухкомпонентный датчик для сейсморазведки в условиях мелководья, транзитных зон и прилегающей к ним суше

Запорожец Б.В., Киреев В.Л., Лисунов О.М., Крутов А.Л., ООО «СиТехноЛогик», г. Геленджик

Многие нефтегазовые районы находятся в мелководных частях шельфа, в дельтах рек и в прибрежных зонах. Успешная разведка обширных месторождений углеводородов, расположенных в таких зонах, возможна только в случае применения универсальных датчиков.

Проведение качественных сейсморазведочных исследований в этих труднодоступных, экологически ранимых местах требует особых затрат.

Переходные зона прибрежные полосы от моря до суши во всем мире является одновременно и даром, и тяжелым бременем для нефтяной промышленности [1]. Однако, месторождения мелководных углеводородов, прилегающих к суше, наиболее доступны для поисково-разведочного бурения и эксплуатации разрабатываемых месторождений нефти и газа, не требуют протяженных морских трубопроводов. Эти факторы делают рентабельной разработку даже сравнительно мелких месторождений [2]. Рассматриваемые зоны наименее всего изучены методами сейсморазведки.

Сложные условия требуют использования многообразной и непростой техники, дорогого оборудования. Стоимость исследований в этих условиях приблизительно на порядок выше стоимости морских сейсморазведочных работ. Поэтому необходимо стремиться получить максимально возможную информацию. В связи с тем, что перечисленные выше участки это перемежающиеся вода и суша целесообразно иметь два типа датчиков: гидрофоны, работающие в воде, и геофоны, работающие в сцеплении с грунтом.

Многие производители сейсморазведочной техники так и поступают. Например, фирма InputOutput изготавливает совмещенный датчик BCS-2 (рис. 1).

Внутри прочного корпуса располагается геофон модели SM-4 в карданном подвесе (КП). С одного конца корпуса крепится гидрофон (Preseis 2520), а с другой выходит кабель с 6-ти штырьковым герморазъемом. Фирма GeoSpace наряду с аналогичным датчиком GS-PV1-S (рис. 2), выпускает датчик GS-PV1-Full Wave с тремя



Рис. 1 Сдвоенный датчик BCS-2 фирмы InputOutput

ортогонально направленными (два горизонтальных и один вертикальный) геофонами в карданных подвесах и одним гидрофоном (рис. 3).

Технические характеристики датчиков приведены в таблице 1.

Аналогичные двухкомпонентные датчики выпускает фирма Sercel.

Помимо увеличения объема получаемой информации при использовании двойного



Рис. 2 Датчик GS-PV1-S фирмы GeoSpace

датчика, кроме данных от гидрофона и геофона, позволяет получать данные о сигналах [3] и также разделять данные геофона на P- и S- волны [4]. В [5] отмечено, что одновременные измерения скорости и давления (геофоном и гидрофоном) вносит усовершенствования в методы обработки, использующие такие приемы как инверсия и деконволюция.



Рис. 3 Датчик GS-PV1-Full Wave фирмы GeoSpace с тремя ортогональными геофонами и гидрофоном

Все вышесказанное в пользу двухкомпонентных датчиков привело к тому, что в «СиТехноЛогик» была разработана конструкция двухкомпонентного датчика, совмещающего в одном корпусе гидрофон и геофон. Датчик разрабатывался для буксируемой цифровой телеметрической системы, способной работать на мелководье, в транзитных зонах и прилегающей к ним суше. В связи с тем, что геофон работает только при хорошем сцеплении с грунтом, корпус датчика выполнялся достаточно тяжелым, для обеспечения необходимого сцепления. Необходимость буксирования системы по грунту требовала отбитаемости датчика (отсутствия выступающих частей), определенной прочности корпуса. Датчики нельзя было крепить на отрезках кабеля, как это делается в существующих системах, где датчики (геофоны или гидрофоны, а также двухкомпонентные датчики) подсоединяются к передающему модулю телеметрической косы с помощью специальных кабелей. Обычно к одному телеметрическому модулю подключается от 3 до 8 датчиков, с помощью кабелей отходящих или от самого модуля (рис. 4 а), или кабеля, соединяющего эти модули (рис. 4 б).

Обе схемы соединений, как это очевидно, не позволяют буксировать телеметрическую систему без риска потерять приемные датчики.

Для решения проблемы буксировки или перетаскивания сейсμοприемной косы вдоль профиля между местами раскладки, было предложено разместить датчики в отбитаемом, не создающем препятствия движению, прочном, герметичном корпусе. Для возможности последовательного соединения датчиков в приемную линию, корпуса были снабжены симметричными, герметичными вводами, одновременно являющимися силовыми заделками кабеля. При необходимости соединения датчиков в приемную гирлянду (увеличение базы группирования, подключение к донной станции и т.п.) один из концов корпуса может быть закрыт специальной заглушкой.

В связи с тем, что при перемещении корпуса с датчиками, его (корпуса) повороты вокруг продольной оси неизбежны, геофон, традиционно, был размещен в карданном подвесе. В качестве чувствительного элемента был выбран геофон GX20 Super.

Табл. 1. Технические характеристики многокомпонентных датчиков

Наименование параметра	ПЧ-3.2 (Input/Output)	GS-PV1-S (GeoSpace)	GS-PV1-Full Wave (GeoSpace)
Длина, мм	140	362	362
Диаметр, мм	77	63,5	63,5
Вес в воздухе, кг	1,8	2,04	2,04
Рабочая глубина, м	До 200	До 200	До 200
Максимальный угол наклона КП, град	30	Нет данных	Нет данных
Угол поворота КП в вертикальной плоскости, град	360	360	360
Геофон			
- собственная частота, Гц	10±5%	10±2%	10±2%
- чувствительность, В/мс	20,9±5%	100,5±2%	
Гидрофон			
- чувствительность, мВ/Па	45,8	67,6±1,5 dB	73,0±1,5 dB

Разрабатываемая система конструировалась для работы в режиме «старт-стоп». При этом приемная система с датчиками перемещается по профилю на интервал отсчета (25, 50 м), а в данный момент находится на буксирующем устройстве. Для уменьшения времени готовности системы, геофон, расположенный в КП, было необходимо демпфировать. С этой целью КП с геофоном поместили в герметичный стакан,

цифровой телеметрической системы XZone "Marsh Line" в транзитных зонах Каспийского моря. Система была укомплектована двухкомпонентными датчиками конструкции описанной выше. О результатах, полученных во время испытаний, будет рассказано в выпусках журнала, посвященных телеметрическим системам.

Таким образом, можно отметить, что

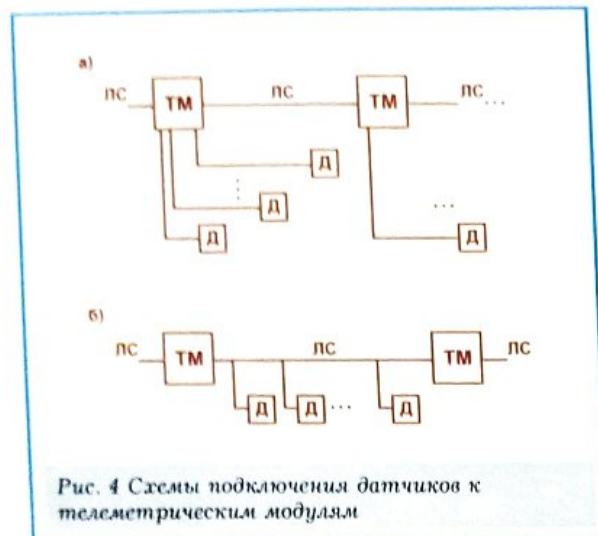


Рис. 4. Схемы подключения датчиков к телеметрическим модулям

заполненный демпфирующей жидкостью. Была выбрана не токопроводящая, инертная жидкость, сохраняющая свои характеристики в широком диапазоне температур. В табл. 2 приведены характеристики демпфирующей жидкости.

Для передачи давления к гидрофону в корпусе предусмотрены специальные протоочки, однако сам датчик имеет гидроизоляцию и не пропускает воду в прочный корпус.

Сам корпус датчиков, выполненный в виде трубы (рис. 3), позволяет, при необходимости, встроить внутрь электронику для сбора данных от датчиков и передачи их сейсморегистрирующей станции. На двух концах корпуса нарезана внутренняя резьба для возможности соединения с кабелем при помощи специальных конусов или, при необходимости, установки специальной заглушки. Резьба на трубе корпуса выполнена левая и правая, что дает возможность соединить и отсоединить корпус с датчиками в длинной линии, не разбирая всю линию. Технические характеристики двухкомпонентного датчика приведены в табл. 3.

В ноябре 2002 года были проведены испытания

Табл. 2. Характеристики демпфирующей жидкости

Вязкость, при 20 °С, сСт	20
Вязкость, при минус 40 °С, сСт	200
Плотность, при 20 °С, г/см³	0,965
Температура застывания, °С	минус 60
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	2·10 ¹⁴

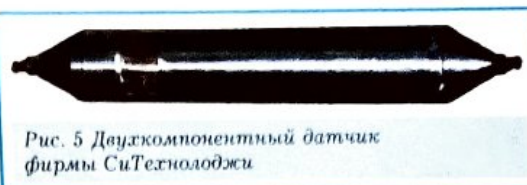


Рис. 5. Двухкомпонентный датчик фирмы СиТехнолоджи

появился российский двухкомпонентный датчик, который можно использовать в различных приемных системах. При необходимости в КП может быть установлено три геофона, расположенные ортогонально, при небольшом удлинении корпуса не увеличивая его диаметр.

Табл. 3. Технические характеристики двухкомпонентного датчика СиТехнолоджи

Длина, мм	310
Диаметр, мм	68
Вес в воздухе, кг	3,5
Рабочая глубина, м	До 200
Продольное разрывное усилие, кН	100
Максимальный угол наклона КП, град	30
Угол поворота КП в вертикальной плоскости, град	360
Геофон	
- собственная частота, Гц	10±2,5%
- чувствительность, В/мс	27,6±5%
Гидрофон	
- чувствительность, мВ/Па	120

Литература:

1. Michelson F.D., Huff D.W. Transition zones: difficult to explore, hard to ignore. Offshore, June 1988, pp. 22-25.
2. Hoff B.J., Chmelik F.B. Better shallow water seismic data. Ocean Industry, June 1982, pp. 19-23.
3. Plane Wave Deghosting of Hydrophone and geophone OBC Data, Richard Bale, 1998, SEG
4. Multiple attenuation and P/S splitting of multicomponent OBC data at a heterogeneous sea floor. Lasse Amundsen, Luc T. Ikelle and James Martin, 1998, SEG
5. Seismic Inversion and Deconvolution by Enders A. Robinson, 348 p., (October 1, 1999)

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Приемные системы для морской многоволновой сейсморазведки в России. К вопросу о приоритетах

Архипов А.А., НПП «Геошельф», г. Геленджик

В России первые морские многокомпонентные сейсмические наблюдения (МНС) были начаты нами в 1987 году под научным руководством проф. Е.И. Гальперина. Тогда было разработано и изготовлено донное призмическое устройство, содержащее в себе симметричную установку геофонов, обеспечивающее регистрацию упругих волн всех возможных векторов поляризации. Важно отметить, что эта установка не была снабжена штыками, и контакт "геофон-грунт" определялся весом приборного модуля. Морские испытания установки были проведены на Бамберском рейде Черного моря (Грузия) 23-28 января 1988 года по фланговой системе наблюдений.

Полученные сейсмограммы ОПП продольных и обменных волн X-поляризации и Y-поляризации приведены на рис. 1.

цельных экспериментов, направленных на оптимизацию контактов "геофон-грунт". В результате этих исследований был определен диапазон допустимых весов приборных модулей (рис. 4) и времен экспозиции модуля на грунте до начала лавины (рис. 5). Получено также, что плотность модулей должна быть в пределах 1,9-2,1 г/см³, а удельное давление отдельного модуля на донный грунт от 9 до 11 г/см².

Работа с многокомпонентными системами приема отраженных волн в 1989-1990 годах продолжалась на акваториях Северного Каспия и Азовского моря. На рис. 6 приведены сейсмограммы продольных и обменных (P/SV) волн, полученные по центральной системе наблюдений. На X-компоненте можно видеть инверсию фаз отражений в точке нулевого выноса источника упругих волн — характерный признак обменной

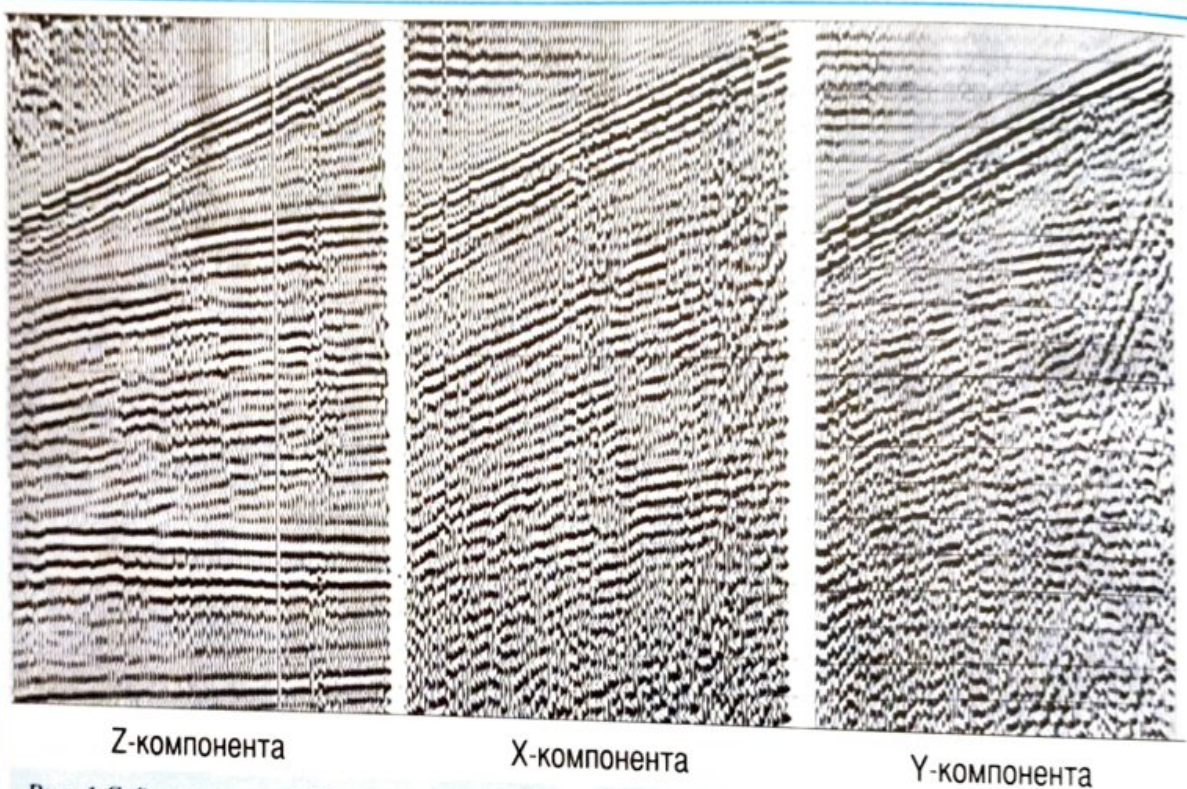


Рис. 1 Сейсмограммы ОПП продольных и обменных волн

Основной вывод, который был сделан на основании результатов выполненного эксперимента, заключался в том, что регистрация обменных отраженных волн в морских условиях с применением донных систем возможна. Были также определены основные черты конструкции будущих приемных систем и сформулирована задача детальных исследований гравитационного контакта "геофон-грунт".

В течение 1989 года было разработано и изготовлено несколько типов многокомпонентных донных приемных систем, в частности, кабельно-модульные косы, каналы которых состояли из симметричных (рис. 2) и азимутальных геофонных установок, внешний вид которых показан на рис. 3.

Как отмечалось выше, разрабатываемые нами донные приемные системы лишены штыков, поэтому параллельно с рассмотрением различных конструктивных решений был выполнен большой объем лабораторных и

волны радиальной поляризации.

В итоге выполненных экспериментов наиболее перспективным было признано производство многоволновых профильных наблюдений по

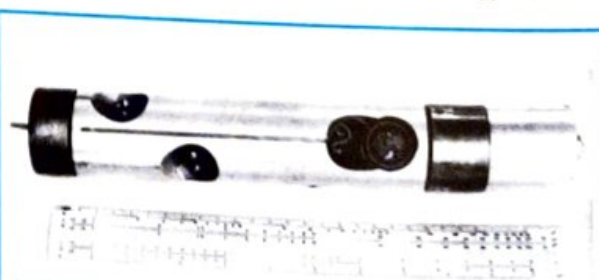


Рис. 2 Симметричная геофонная установка с арретиром

двухволновой (Z-X) схеме, некоторые результаты которых показаны на рис. 7 и 8.

К 1990 году был разработан и введен в эксплуатацию в производственных целях комплекс из нескольких приемных многокомпонентных кабелей, позволяющих вести морские наблюдения в непрерывном

основанием для предложенной Болгарской Академией Наук по проведению экспериментальных исследований по одной из разработанных технологий в прибрежной части болгар-



Рис. 2 Кабельно-модульные многокомпонентные приемные системы



движении судна вдоль профиля (так называемый старт-стопный режим, при котором приемная система, отставая от судна, укладывается на донный грунт и после цикла "варив-записей" догоняет его при помощи скоростной подмоточной

ского шельфа. Эти предложения были переданы в Россию в конце 1989 года.

В дальнейшем (с 1991 года по настоящее время) наши работы по МВС продолжались на акваториях Черного, Азовского, Каспийского и Северного морей. Параллельно шла разработка и испытание на полигонных материалах технологии специальной обработки и интерпретации данных МВС. Соответствующий программный пакет получил название "ЛИТОСКАН" (литологическое сканирование), и дает возможность осуществлять прогнозирование литологического состава геологического разреза, плотности и пористости осадочных пород и типа флюида, насыщающего поровое пространство коллекторов. Нельзя сказать, что мы делали "большой секрет" из наших исследований. Получаемые результаты докладывались нами на рабочих встречах специалистов в Хьюстоне (США, 1990 год), на Русском геофизическом семинаре в Малайзии (Куала-Лумпур, 1992 год), на конференциях AAPG в Канаде (Калгари, 1992 год) и США (Новый Орлеан, 1993 год), на выставке ASCOPE-93 в Таиланде (Бангкок, 1993 год). В 1992 году нами был получен патент Российской Федерации № 2072534 на "Способ морской поляризационной сейсморазведки и устройство для его осуществления" с приоритетом от 16 апреля 1992 года. В 1995 году специальная комиссия Евро-Азиатского геофизического общества рекомендовала разработанную нами технологию морской двухволновой сейсморазведки к широкому внедрению в производственных организациях при нефтегазовых и разведочных работах. С 1996 года по лицензии НПП "Геонельф" концерн Schlumberger выпускает многокомпонентное приемное устройство Nessie-4C, прототипом которой является русская система ZX. В настоящее время развитие работ по МВС в России осуществляется нами в партнерстве с АООТ "Калининградгеофизика" и фирмой "Петро-Альпис" по заказам нефтяных компаний, главным образом, "ЛУКОЙЛа".

Любопытно, в связи со сказанным выше что в периодическом издании "The Leading Edge" за октябрь 1999 года была опубликована информация о присуждении золотых медалей Virgil Kauffman норвежскому специалисту Eivind

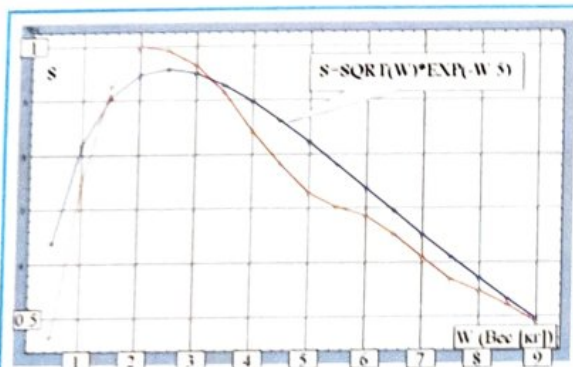


Рис. 4 Экспериментальная и теоретическая зависимости чувствительности приборных модулей от веса

лебедки), так и с применением двухсудового варианта (судно-источник и судно-приемник), при котором наблюдения осуществляются по обращен-

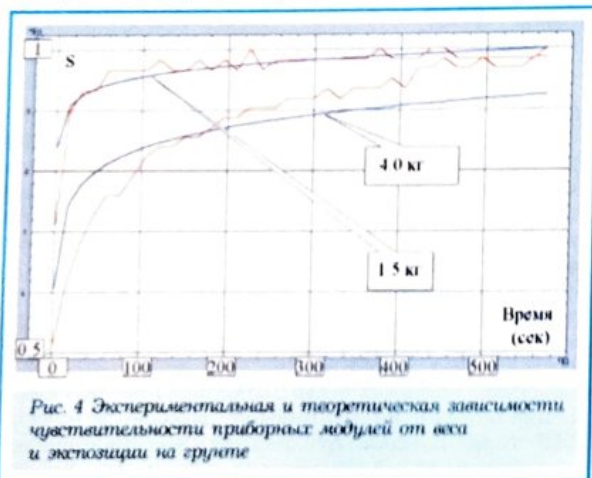
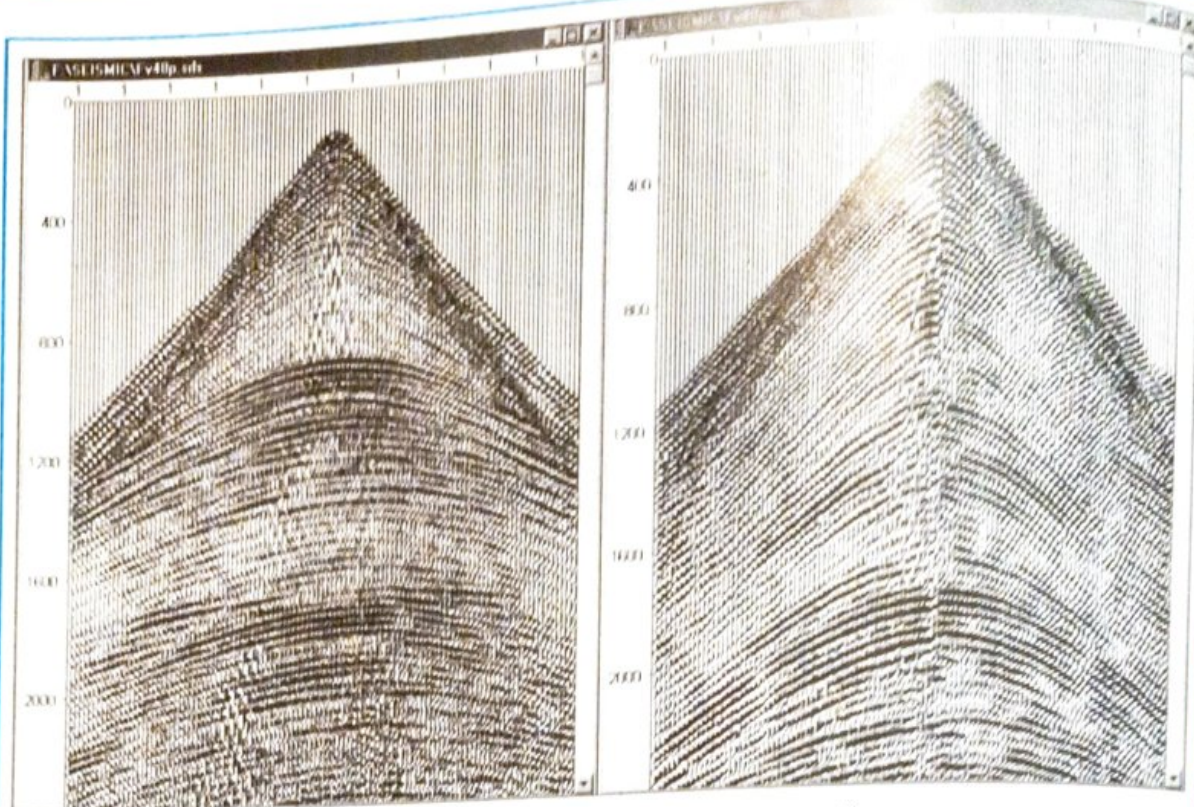


Рис. 4 Экспериментальная и теоретическая зависимости чувствительности приборных модулей от веса и экспозиции на грунте

ной системе. Полученные к этому времени результаты многоволнового профилирования послужили

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ПРИБОРОВ И СИСТЕМ



Z-компонента

X-компонента

Рис. 6 Сейсмограммы продольных и обменных (P/SV) волн

Berg и английскому специалисту James E. Martin. В частности, упоминается, что 11 лет назад (т.е. в 1988 году) один из них, а именно Eivind Berg, задумался о возможности регистрации продольных и поперечных сейсмических волн на

(Северное море), были представлены Научно-исследовательским центром компании "Staton" в Ставангере 4 октября 1994 года.

Приведенная нами хронология новейшей истории морской многоволновой сейсморазведки

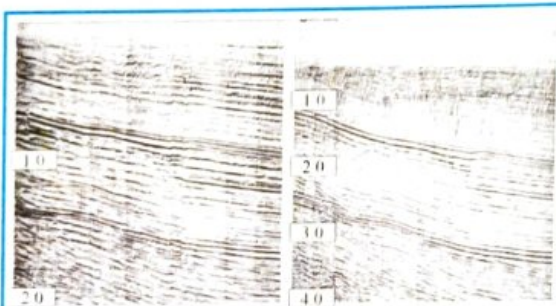


Рис. 7 Временные срезы МОГТ, полученные в PP- и PS-волнах. Северный Каспий, 1989 год

дне моря. Эта идея получила развитие в виде разработки и реализации донного многокомпонентного приемного устройства, первые испытания которого были проведены в 1991 году. В дальнейшем оно было усовершенствовано и под названием "система SUMIC" передано в промышленное использование.

Следует заметить, что одной из характерных особенностей приемных модулей, входящих в состав системы SUMIC, является наличие штырей, посредством которых осуществляется надежный контакт "геофон-грунт" - необходимость такого контакта несомненна. Установка трехкомпонентных модулей на донный грунт осуществляется при помощи пилотируемого с борта судна-приемника подводного робота (что существенно повышает стоимость работ). Затем судно-излучатель производит отстрел по обращенной схеме и вся система переходит на следующий пункт наблюдений. Результаты первых работ по системе SUMIC, преследующих конкретные геологические цели в пределах акватории газонефтяного месторождения Томмелиттен

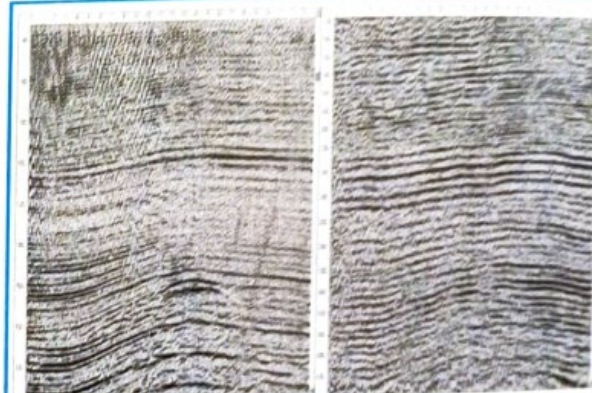


Рис. 8 «Яркое пятно», соответствующее газовой залежи на акватории Азовского моря, отсутствует на временном разрезе, полученном в обменных отраженных волнах. К диагностике природы динамических аномалий

по нашему мнению, определенно свидетельствует о том, что приоритет в этом направлении геофизических методов поисков и разведки месторождений углеводородов принадлежит России. К настоящему времени известно множество приемных многокомпонентных систем разработанных компаниями Schlumberger, PGS, Input/Output, Mark Products и другими, успешно применяемых при морских сейсмических наблюдениях. Но международной геофизической общественности следует признать, что первые исследования в морских условиях были выполнены российскими специалистами на грузинском шельфе в начале 1988 года. Данная публикация восстанавливает справедливость в этом вопросе

«ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл»: перспективы деятельности на отечественном геофизическом рынке

Козловский Н.К., Песков А.И., «ОЙО-Гео Импульс Интернэшнл», г. Уфа



Предприятие создано в декабре 1990г. в городе Уфа. За один год был освоен выпуск сейсмоприемников типа GS-20DX (геофонов). Конструкция и технология по выпуску данного сейсмоприемника была предоставлена корпорацией "ОЙО Геоспейс" (США). Сегодня предприятие оснащено современным технологическим, контрольно-тестирующим оборудованием, большая часть из которого была поставлена из США. В июне 1992 года получены сертификаты качества и право на серийное производство сейсмоприемников GS-20DX от корпорации "ОЙО Геоспейс". За 10 лет производственной деятельности реализовано более 1,2 млн. сейсмоприемников - геофизикам России и СНГ. Сейчас предприятие производит свыше 40 тыс. штук GS-20DX в месяц. В ближайшие 2-3 месяца планируется удвоить объем выпуска. Это обусловлено повышением спроса на внутреннем российском рынке и выходом предприятия на международный рынок. Качество и цена это главные составляющие успеха продвижения любого товара на рынке. Сейсмоприемники из Уфы вполне конкурентоспособны.

На предприятии внедрена комплексная система контроля качества. На всех этапах производства, начиная с входного контроля, сейсмоприемники в процессе сборки проходят многократный контроль всех параметров. Тестирование происходит на тестирующих комплексах, поставленных из США.

Кроме электронного контроля за параметрами, сейсмоприемники подвергаются испытаниям на герметичность, на повышение температуры и холод. Существует обязательное тестирование после испытаний в барабане. 1% от каждой партии сейсмоприемников подвергается механическим воздействиям, вращаясь в барабане. Это имитирует реальные нагрузки, которые предстоит испытать сейсмоприемникам на протяжении всего срока службы. Столь тщательный контроль качества позволяет давать 3-х летнюю гарантию на преобразовательный блок сейсмоприемник GS-20DX. Обычный срок службы составляет 10 лет. Нам приходилось тестировать при проведении многократных сервисных работ сейсмоприемники и после 10 лет эксплуатации в поле. Процент отхода по 1-2 параметрам был не более 12%.

Качество изделий обеспечивается, прежде

всего, людьми. Сегодня на предприятии работают свыше 326 человек. Все ведущие инженерно-технические работники прошли подготовку в фирме "ОЙО Геоспейс" (США). На этой же фирме проходит регулярное обучение рабочие основных специальностей. Кроме того, ведущие специалисты фирмы "ОЙО Геоспейс" постоянно выезжают в Уфу для координации совместной деятельности и решения технических вопросов.

Высокий уровень подготовки кадров и наличие соответствующего оборудования позволили начать освоение новых сейсмоприемников типа GS-32CT и GS-30CT. Это высокотехнологичные изделия, соответствующие лучшим мировым образцам. Ниже мы приводим характеристики этих сейсмоприемников. Это геофоны высочайшего качества. И мы рады уже в скором будущем предложить GS-32CT и GS-30CT геофизикам России. Сейчас первые партии этих геофонов проходят процесс сертификации в "ОЙО Геоспейс" (США). В то же время, признавая ЕАГО (Россия) авторитетным органом, выполняющим важные функции по объединению геофизиков, информационно-аналитическому обеспечению геофизических компаний, считаем обязательным и почетным иметь сертификаты ЕАГО на всю продукцию. Сегодня мы имеем Сертификаты Соответствия ЕАГО на сейсмоприемник GS-20DX, секции телеметрического кабеля для систем сбора данных I/O и Sercel. Процесс сертификации в ЕАГО будет продолжен по сейсмоприемникам GS-32CT и GS-30CT.

Сегодня ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл" изготавливает и реализует геофизикам России и СНГ:

1. Сейсмоприемники различных модификаций:
 - для работы в полевых условиях;
 - для работы в болотах и на мелководье;
 - для работы в скважинах (до +200°С);
 - с улучшенными характеристиками.
2. Разъемы для подключения групп сейсмоприемников к косам; разъемы для телеметрического кабеля (концевые).
3. Секции телеметрического кабеля для различных систем сбора данных:
 - для систем I/O и II;
 - для систем SN 388;
 - для систем Прогресс Т.
- Секции из многожильного кабеля для линейных систем. Число жил при этом может быть от 6 до 256. По требованию заказчика кабель может изготавливаться с дополнительной внутренней герметизацией.
4. Блоки питания для систем I/O.
5. Оснащение и ремкомплекты для ремонта телеметрического кабеля и групп сейсмоприемников в полевых условиях.
6. Тестеры для групп геофонов и кабеля.
7. Производит все виды сервисных работ по ремонту телеметрического кабеля с заменой всех типов разъемов, ремонт и тестирование групп сейсмоприемников.

Новое направление в работе предприятия сотрудничество в программах корпорации "ОЙО Геоспейс", посвященных сейсмическим исследованиям в скважинах и под водой. В начале декабря в г. Уфа собрались представители ведущих геофизи-

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ческих компаний, занимающихся ВСП. Ведущие специалисты компании "ОЙО Геоспейс" (США) представили вниманию российских геофизиков свои новейшие разработки сейсмическую систему с высокой разрешающей способностью HD Seis™, предназначенную для осуществления

- многоскважинных исследований,
- одновременного проведения 3D ВСП и наземных сейсмических исследований,
- многоскважинной межскважинной HD-томографии, мониторинга и визуализации месторождений.

Система представляет собой комплекс новейших методик и оборудования для микроскопического мониторинга и ВСП. В данном проекте задействованы и специалисты ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернашнл".

Мы открыты для сотрудничества и с удовольствием принимаем предложения от геофизических компаний по улучшению наших изделий, расширению ассортимента и освоению новых изделий.

GS-30CT

Технические характеристики геофона с жесткими допусками параметров

Параметры замерены при 25°C. Все характеристики верны для положения геофона от вертикального до наклона в 20°. Исключение: Гармоническое искажение при 12 Гц (только в вертикальном положении).

Частота

Собственная частота (Fn) 10 Гц ± 2%

Верхний предел частоты пропускания > 160 Гц

Сопротивление

Сопротивление постоянному току (DCR) 395 Ом ± 2%

Искажение

Гармонические искажения, замеренные при скорости катушки относительно каркаса 1,8 см/сек и смещении катушки относительно каркаса на 0,0236 см, межпиковые, при частоте 12 Гц < 0,08 %

Со смещением катушки относительно каркаса на 0,0236 см межпиковые при 10 Гц < 0,12%

Чувствительность

Чувствительность напряжения внутренней цепи (G) 0,275 В/см/с

Чувствительность при степени затухания 70% 0,197 В/см/с ± 2%

Нормализованная передаточная постоянная 0,0138 √DCR В/см/с

Затухание

Степень затухания в открытой цепи (Vo) 0,316

Шунтовое сопротивление для калибровки затухания (для катушки с сопротивлением 395 Ом)

степень затухания 60% ± 2%: 1470 Ом
степень затухания 70% ± 2%: 1000 Ом
536

Постоянная затухания

GS-32CT

Технические характеристики геофона с жесткими допусками параметров

Технические условия при 25°C.

* Все характеристики верны для положения геофона от вертикального до наклона в 20°.

Исключение: Гармоническое искажение при 12 Гц (от вертикального до 10° наклона).

* Возможно изготовление катушки сопротивлением в 635 Ом.

Частота

395 Ом

635 Ом

Собственная частота (Fn)

10 Гц ± 2,5%

10 Гц ± 2,5%

Верхний предел частоты пропускания

> 250 Гц

> 250 Гц

Сопротивление

Сопротивление постоянному току (DCR)

395 Ом ± 2,5%

635 Ом ± 2,5%

Искажение

Гармонические искажения, замеренные

< 0,10 %

< 0,10 %

при частоте 12 Гц; скорость катушки

относительно каркаса 1,8 см/сек, межпиковые

В группе, 12 послед., степень затухания 70%

< 0,03% (типичное)

< 0,03% (типичное)

В группе, 12 послед., степень затухания 68,3%

Со смещением катушки относительно каркаса

< 0,20%

< 0,20%

на 0,0236 см межпиковые при 10 Гц

Чувствительность

Чувствительность напряжения внутренней цепи (G)

0,275 В/см/с

0,346 В/см/с

Чувствительность при степени затухания 70%

0,197 В/см/с ± 2,5%

Чувствительность при степени затухания 68,3%

0,252 В/см/с ± 2,5%

0,252 В/см/с ± 2,5%

Нормализованная передаточная постоянная

0,0138 √DCR В/см/с

0,0137 √DCR В/см/с

Затухание

Степень затухания в открытой цепи (Vo)

31,6 %

31,6 %

Шунтовое сопротивление для

1000 Ом

1690 Ом

калибровки затухания

Постоянная затухания

536,0

852,8

Пьезоэлектрические преобразователи от инфразвука до ультразвука

Григорьев Г.В., Бучарский Б.В., Павлов А.Т., НВНИИГГ, г. Саратов

Пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП), разработанные в Нижне-Волжском НИИ геологии и геофизики, относятся к устройствам, которые могут использоваться в разведочной и прикладной геофизике, сейсмологии, а также в областях науки и техники, связанных с вибрационными исследованиями.

Для широкого круга исследователей представляют интерес следующие особенности, использованные в ПЭП:

- пропорциональность выходного сигнала ускорению смещения, резкости (до 10 В/Г);
- высокая чувствительность;
- независимость работоспособности от ориентации при малой поперечной чувствительности (менее 1%);
- сохранение работоспособности в широком температурном диапазоне, в том числе при экстремальных температурах (до +180°C);
- высокий динамический диапазон (до 160 Дб);
- низкое значение коэффициента нелинейных искажений (менее 0,1 %);
- возможность работы при погружении до глубины 200 м и в агрессивных средах;
- малый вес и габариты, возможность миниатюризации и размещения в труднодоступных местах.

НВНИИГГ располагает стендовыми аппаратными средствами для изменения указанных параметров в широких пределах.

Перечисленные особенности ПЭП позволили использовать их в устройствах и получить качественные результаты испытаний:

- в стандартных методиках и технологиях наземной сейсморазведки;
- в скважинной сейсморазведке;
- в морской сейсморазведке;
- в конструкциях сейсмических вибраторов;
- в новационных технологиях сейсморазведки: инфразвуковая сейсморазведка, вертикальное сейсмическое профилирование в процессе бурения ВСП-ПБ;
- в сейсмологии;
- в охранных технологиях военно-прикладной отрасли;
- в контрольно-сигнальной аппаратуре нефтегазавтоматики;
- в реализации ресурсосберегающих технологий;
- при исследовании мостов, опор, зданий и т.д.;
- в медицине и при акустических исследованиях;
- в технике - для дефектоскопии металлоконструкций.

Краткое описание широко применяемых конструкций устройств на базе ПЭП, приведено ниже.

Сейсмоприемники.

Наземные, скважинные и морские.

По основным выходным параметрам отвечают всем требованиям сейсморазведки, но известные особенности условий эксплуатации накладывают определенные ограничения их применения.

Сейсмограф.

Это 3-х компонентное устройство с единой жидкостной, инертной массой, с возможностью контроля выходных параметров в процессе эксплуатации. В устройство введена система режима оптимального затухания. Максимальное значение коэффициента преобразования 10 В/Г. Частотный диапазон от 0,1 Гц до 30-50 Гц.

Взаимовлияние компонент вибрации и поперечная чувствительность в неизменяемых направлениях менее 1 %. В конструкцию устройства заложена возможность гибкого изменения основных выходных параметров, что позволяет использовать данное устройство и в областях исследований высоких частот.

Устройство регистрации колебаний бурильной колонны в процессе бурения скважины.

Предназначено для проведения геолого-технологических и геофизических исследований в процессе бурения, в частности при реализации метода ВСП-ПБ. Устанавливается в верхней части бурильной колонны на вертлюге. Особенности устройства: герметичный корпус и соединительные разъемы; виброакустическая развязка и защита от электромагнитных помех; высокая частота установочного резонанса. Коэффициент преобразования - от 0,005 до 0,3 В·с·м⁻¹. Частотный диапазон от 10 Гц до 1 кГц. Масса 0,5-1 кг.

Коса сейсмическая скважинная многоканальная.

Предназначена для работы в обводненных скважинах. Выполнена на базе сейсмического кабеля КВСП-27 длиной до 100-150 м. Все каналы механически развязаны друг от друга посредством пружин.

Датчики для контрольно-сигнальной аппаратуры нефтегазавтоматики.

Используются для приема механических колебаний от работающих механизмов в условиях агрессивных сред и высоких температур. Имеют взрывозащищенный корпус, обладающий высокой коррозионной стойкостью. Коэффициент преобразования - 18 В·с·м⁻¹. Предельная рабочая температура +160 °C.

Инфразвуковой кардиографический датчик для сейсмокардиографии и акустических исследований в технике.

Устройство предназначено для определения уровня сократительной деятельности сердца, резервных возможностей и диагностики последнего. Имеет высокую чувствительность - до 5 кВ/м в частотном диапазоне от 0,1 до 100 Гц. Высоко-частотный аналог устройства используется для бесконтактного акустического метода определения уровней напряженности рельсового полотна.

Вихретоковый преобразователь.

Предназначен для использования в контрольно-сигнальной аппаратуре и ее аналогах для измерения и сигнализации превышения заданных значений уровней виброперемещения и осевого сдвига роторов в газокomppressorном оборудовании. Коэффициент преобразования 4 В/мм, рабочий частотный диапазон 0,01-2 кГц. Температурный диапазон (+50 - +175 °C).

Ультразвуковые преобразователи.

Предназначены для определения дефектов в металлоконструкциях, например, рельсах, цистернах, трубах и т.д. Эффективная частота 1,8-2,5 МГц, угол ввода от 0° до 70°. Обладают высокой чувствительностью и малым уровнем шумов. Могут использоваться в диапазоне температуры от -30°C до +50°C.

Принципы, положенные в основу конструкции многих ПЭП, позволяют в широких пределах изменять основные выходные и эксплуатационные параметры, поэтому область использования ПЭП может быть значительно расширена.

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Стандартизация показателей и методов испытаний электродинамических сейсмоприемников

А.В. Стакло, В.С. Симаков, С.А. Федотов, ГФУП ВНИИГеофизика, г. Москва

Сейсмоприемники являются первичными измерительными преобразователями (датчиками) в системе приема и регистрации сейсмических колебаний. От метрологических показателей сейсмоприемника и решающей мере зависит разрешающая способность приемной аппаратуры, возможность выделения полезного сигнала и, следовательно, точность и информативность сейсмических исследований.

В настоящее время отсутствует нормативный документ, содержащий аттестованные методики выполнения измерений параметров и характеристик сейсмоприемников. Задача разработки такого документа была поставлена перед ВНИИГеофизикой. Для ее решения было необходимо провести разносторонний анализ существующих методов и отобрать из них наиболее точные, экономичные и удобные для практического использования. Следовало также рассмотреть историю создания нормативных документов по сейсмоприемникам.

1. История стандартизации сейсмоприемников.

Первый государственный стандарт в области сейсморазведки ГОСТ 13002-67 "Сейсмоприемники полевые электродинамические. Типы и основные параметры" был введен в действие в 1967 г. Хотя этот стандарт регламентировал всего 4 параметра, сам факт установления их значений вызывал необходимость разработки методики их определения. Поэтому в 1972 г. был разработан, а с 1974 года введен в действие ГОСТ 18274-72 "Сейсмоприемники полевые электродинамические. Методы испытаний". Стандарт расширил по отношению к ГОСТ 13002 номенклатуру и впервые устанавливал методику определения следующих параметров сейсмоприемников:

- частота собственных колебаний (ныне собственная частота),
- чувствительность (ныне коэффициент преобразования),
- отношение коэффициента затухания к круговой собственной частоте (ныне степень затухания),
- частота второго электромеханического резонанса,
- фазовая неидентичность,
- сопротивление изоляции.

Предусматривалось определение также и функций влияния:

- влияние наклона,
- устойчивость к высокой и низкой температуре, вибрации, ударным воздействиям,
- прочность при транспортировании.

Функции влияния определялись по изменению двух параметров: частоты собственных колебаний и степени затухания.

Кроме того, предусматривалось определение конструктивного показателя - полириности.

При проведении испытаний в ГОСТ 18274-72 предусматривалось использование в основном метода электрического возбуждения сейсмоприемника, и только коэффициент преобразования должен был определяться на измерительной виброустановке.

Следующий шаг в стандартизации сейсмоприемников был сделан в 1988 г. введением в действие ГОСТ 4378 [1]. В этом стандарте еще более была расширена номенклатура показателей. Только перечень показателей назначения включает 17 параметров. Были впервые введены такие важные параметры, как коэффициент нелинейных искажений, относительный коэффициент поперечного преобразования, максимальный выходной сигнал. Но для собственной частоты, степени затухания, коэффициента преобразования устанавливались лишь отклонения от номинального значения, сами же указанные параметры в перечень показателей назначения не вошли.

В 1990 г. введен в действие ГОСТ 28134 [3]. Он установил определенную классификацию сейсмоприемников (типы), основные параметры и технические требования к сейсмоприемникам, но не регламентировал методику испытаний. Стандарт содержал некоторые неудачные решения. Например, вместо коэффициента преобразования ввел искусственную и не поддающуюся прямому измерению величину показателя преобразования, равный коэффициенту преобразования, деленному на корень квадратный из сопротивления катушки. Значения параметров регламентировались по двум классам, причем требования ко II классу устанавливались недопустимо низкие. Стандарт продолжает действовать до настоящего времени, хотя уже давно его уровень стал не адекватен современным требованиям к сейсмоприемникам.

ГОСТ 18274-72 долгое время так и оставался единственным нормативным документом на методы испытаний сейсмоприемников. И хотя этим документом предусматривались методы контроля только отдельных параметров сейсмоприемников, что в настоящее время недостаточно, приходится сожалеть, что вместо совершенствования он был отменен.

В 1994 г. разработаны стандарты Евро-Азиатского геофизического общества (ЕАГО), устанавливающие номенклатуру основных параметров сейсмоприемников, единицы их измерений и обозначения, а также методику определения этих параметров [4, 5]. Эти документы предназначались для созданной в ЕАГО добровольной системы сертификации геофизической продукции. В стандарте [5] впервые предусмотрено прямое определение полных метрологических характеристик сейсмоприемника амплитудно-фазовой характеристики как совокупности характеристик амплитудно-частотной и фазово-частотной, а также переходной характеристики. Они позволяют детально описать работу сейсмоприемника и при необходимости определить все частные параметры.

Практическое применение стандартов ЕАГО показало, что в основном документы удовлетворяют требованиям сейсморазведки, однако необходимо их совершенствование на базе новейших разработок в области метрологического обеспечения сейсморазведки.

В настоящее время существуют и применяются две группы методов испытаний сейсмоприемников с использованием механического входного сигнала, задаваемого вибростендом и с использованием электрического входного сигнала от

генератора высокой частоты. Каждый метод возбуждения сейсмоприемника имеет свои достоинства и недостатки.

Механическое возбуждение методологически безупречно: сейсмоприемник работает в том же режиме измерительного преобразователя (датчика), что и при полевых работах, в полном соответствии с определением, данным выше. При этом возможно определить абсолютно все его основные метрологические характеристики. Исключение: определение сопротивления (импеданса).

Однако при этом необходим высококачественный стэнд, с малыми нелинейными искажениями. Такими стэндами могут быть оборудованы лишь метрологические центры.

Использование электрического возбуждения возможно практически в любой лаборатории или партии. Электрические генераторы имеют гораздо более высокие метрологические показатели по сравнению с вибростэндами. Но сейсмоприемник в этом случае работает не как электромеханический преобразователь, а как некоторый электрический двухполюсник [10]. По некоторым параметрам двухполюсника можно судить о параметрах сейсмоприемника, но могут возникать и методические погрешности. Поэтому требуется детальный анализ работы сейсмоприемника в том и другом режиме. Он позволит выбрать оптимальный набор методов для решения конкретной задачи, поставленной перед испытаниями.

2. Теоретические основы стандартизации методов испытаний

Для разработки стандарта на испытания должны быть четко обозначены теоретические представления о работе сейсмоприемника. Однако в геофизической литературе имеют место определенные разногласия по этому вопросу. Поэтому необходимо вкратце привести теорию сейсмоприемника.

Полные динамические характеристики сейсмоприемника

Согласно [2] к полным динамическим характеристикам, относятся:

- дифференциальное уравнение,
- передаточная функция,
- переходная характеристика,
- импульсная переходная характеристика,
- амплитудно-фазовая характеристика.

Составим **уравнение движения груза** (подвижной катушки) электродинамического сейсмоприемника относительно его корпуса. Обозначим:

x - смещение груза относительно корпуса,

ξ - смещение корпуса сейсмоприемника относительно неподвижной системы координат.

Направление осей x и ξ примем одинаковым. Тогда смещение груза относительно неподвижной системы координат равно $x + \xi$.

На груз действуют сила упругости пружин, усилие демпфера, направленные в сторону, противоположную перемещению x , и сила инерции. На вертикальный сейсмоприемник действует также сила тяжести, но она компенсируется начальным прогибом пружин. Влияние силы тяжести будет иметь место при исследовании влияния наклона на показатели сейсмоприемника (см. ниже).

Полное ускорение груза равно $\ddot{x} + \ddot{\xi}$. Следовательно, уравнение движения груза

$$m(\ddot{x} + \ddot{\xi}) = -cx - h\dot{x}, \quad (1)$$

где m - масса груза,
 c - жесткость пружин,
 h - коэффициент сопротивления.

Обычно уравнение сейсмоприемника представляют после осевидных преобразований в виде

$$\ddot{x} + 2\beta\omega_0\dot{x} + \omega_0^2 x = -\ddot{\xi}, \quad (2)$$

где ω_0 - собственная угловая частота,

β - относительное демпфирование, называемое в сейсморазведке степенью затухания.

В геофизической литературе можно найти противоречивые мнения относительно знака в правой части уравнения (2). Часть геофизиков пишет уравнение сейсмоприемника в приведенной форме, другие считают, что справа должен стоять знак "плюс". Обзор мнений на этот счет помещен в [8]. Авторы не видят принципиальных отличий между обоими способами описания сейсмоприемника. Все дело только в том, как направлены оси x и ξ . Если в одну сторону получается уравнение (2). Но не будет ошибкой считать за положительное направление x противоположное. В этом случае в правой части уравнения будет знак "плюс". Для сейсморазведки важно лишь, чтобы все сейсмоприемники в данной измерительной системе имели одинаковую полярность. В теории же разница будет проявляться лишь в сдвиге фазово-частотной характеристики на постоянную величину 180° .

Электрическое напряжение на выходе сейсмоприемника

$$E(t) = K_0 \dot{x}, \quad (3)$$

где K_0 - коэффициент преобразования.

Из (2) и (3) находится **передаточная функция сейсмоприемника** относительно ускорения корпуса $\ddot{\xi}$:

$$\Phi_1(p) = K_0 \frac{-p}{p^2 + 2\beta\omega_0 p + \omega_0^2}, \quad (4)$$

В сейсморазведке, как известно, рассматривается скорость смещения корпуса сейсмоприемника относительно неподвижной системы координат и скорость смещения груза относительно корпуса. В этом случае передаточная функция принимает несколько иной вид:

$$\Phi(p) = K_0 \frac{-p^2}{p^2 + 2\beta\omega_0 p + \omega_0^2}, \quad (5)$$

где K_0 - коэффициент преобразования.

Пронормировав передаточную функцию (5) по коэффициенту преобразования и подставив в (5) $p = j\omega$ получаем **амплитудно-фазовую характеристику**:

$$\Phi(j\omega) = \frac{\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2 + j \cdot 2\beta\omega_0\omega} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}, \quad (6)$$

где $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$ - **амплитудно- и фазово-частотные характеристики АЧХ и ФЧХ**:

$$A(\omega) = \frac{\omega^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega_0^2\omega^2}}, \quad (7)$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{2\beta\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}, \quad (8)$$

Определяя АЧХ и ФЧХ для ряда частот, из выражений (7, 8) можно определить неизвес-

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

тные величины собственную частоту ω_0 и степень затухания сейсмоприемника β

$$\omega_0^2 = \omega^2 \left[1 + \frac{\cos \varphi(\omega)}{A(\omega)} \right] \quad (9)$$

$$\beta = - \frac{\sin \varphi(\omega)}{2\omega_0 \omega A(\omega)} \quad (10)$$

Метод определения частных параметров по АЧХ и ФЧХ не только методически чистый, но и, как показали практические измерения, наиболее точный. Поэтому он включен в разработанный стандарт в качестве арбитражного.

Рассмотрим далее определение и использование **переходной характеристики**.

Для передаточной функции (4) она определяется как реакция на единичную ступень ускорения:

$$h(t) = \frac{K_0}{\omega_1} \exp(-\beta \omega_0 t) \sin \omega_1 t, \quad (11)$$

где $\omega_1 = \sqrt{1 - \beta^2} \omega_0$ - видимая угловая частота переходного процесса.

Для сейсмоприемника переходная характеристика определяется по (5), как реакция на единичную ступень скорости:

$$h(t) = K_0 \exp(-\beta \omega_0 t) \left[\cos \omega_1 t - \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} \sin \omega_1 t \right]. \quad (12)$$

Переходная функция сейсмоприемника в виде (11) приведена в книге [11], в виде (12) в [10] без указания, каков входной сигнал. Это иногда приводит к недоразумениям.

На практике практически невозможно механически задать ступень скорости или ускорения. Поэтому **переходный процесс сейсмоприемника удобнее изучать при электрическом возбуждении**.

В этом случае на сейсмоприемник действует не сила инерции $m\ddot{\xi}$, а электромагнитная сила $K_0 I$, где I - входной электрический ток. Следовательно, вместо ξ в правой части уравнения (2) будет величина $K_0 I / m$.

При этом к полезному выходному напряжению добавляется падение напряжения на сопротивлении R и индуктивности L катушки. Передаточная функция в этом случае имеет смысл комплексного сопротивления:

$$\Phi(p) = \frac{K_0^2}{m} \frac{p}{p^2 + 2\beta \omega_0 p + \omega_0^2} + R + pL \quad (13)$$

и переходная характеристика

$$h(t) = \frac{K_0^2}{m \omega_0} \exp(-\beta \omega_0 t) \sin \omega_1 t + R + \delta(t)L. \quad (14)$$

Иногда удобнее в качестве входного сигнала при испытаниях задавать импульс тока, т.е. исследовать импульсную переходную характеристику

$$g(t) = \frac{K_0^2}{m} \exp(-\beta \omega_0 t) \left[\cos \omega_1 t - \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}} \sin \omega_1 t \right] + R\delta(t) + \delta'(t)L. \quad (15)$$

Последние члены в (14), (15) описывают кратковременные импульсы напряжения в

начале переходных процессов, незаметные при обычных измерениях с помощью осциллографа, но весьма существенные при аналого-цифровых преобразованиях.

Дискретное описание сейсмоприемника

В современной сейсморазведке используется исключительно цифровые сейсмостанции и компьютерная обработка материалов К. Сожалению, методы испытаний сейсмоприемников в этом отношении несколько отстали. Для того чтобы адаптировать их к цифровой обработке, рассмотрим некоторые вопросы дискретного представления характеристик сейсмоприемников. Такое представление позволит использовать не применявшиеся ранее методы вычисления параметров по полным динамическим характеристикам.

При описании дискретных систем используется z -преобразование. Оно получается дискретизацией известного преобразования Лапласа некоторой функции $f(t)$:

$$\Phi(p) = \int_0^{\infty} w(t) e^{-pt} dt \Rightarrow \sum_{n=0}^{\infty} w(nT) \cdot z^{-n}, \quad (16)$$

где $z = e^{pT}$ - единичная задержка,

T - интервал дискретизации.

Если $w(t)$ - импульсная переходная характеристика (называемая также весовой функцией) некоторой динамической системы, то (p) - передаточная функция. Функция $w(nT)$ представляет собой последовательность дискретных отсчетов весовой функции.

Обобщая формулы (11) и (12) и подставив выражения синуса и косинуса через экспоненты, легко заметить, что переходная функция сейсмоприемника в общем случае состоит из двух комплексных экспонент:

$$h(t) = A \exp(-\beta \omega_0 + j \omega_1)t + B \exp(-\beta \omega_0 - j \omega_1)t. \quad (17)$$

Для нахождения параметров этих экспонент в дискретной форме воспользуемся методом моделирования последовательности отсчетов с помощью линейной комбинации экспоненциальных функций (иначе - метод Прони, метод линейного прогнозирования).

Функцию (15) для дискретного времени можно представить в виде

$$h_n = A z_1^n + B z_2^n$$

где A, B - амплитуда, в общем случае комплексная,

$$z_1 = \exp[(-\beta \omega_0 + j \omega_1)T],$$

$$z_2 = \exp[(-\beta \omega_0 - j \omega_1)T] \quad (19)$$

T - интервал дискретизации.

Функция (19) является решением однородного линейного разностного уравнения с постоянными коэффициентами:

$$h_n = -C_1 h_{n-1} - C_2 h_{n-2}, \quad (20)$$

где

$$C_1 = -(z_1 + z_2) = -2 \exp(-\beta \omega_0 T) \cos(\omega_1 T),$$

$$C_2 = z_1 \cdot z_2 = \exp(-2\beta \omega_0 T). \quad (21)$$

Таким образом, взяв значения переходной (или импульсной переходной) характеристики, зарегистри-

трированные экспериментально для ряда значений i и решая полученную систему условных уравнений вида (20) по методу наименьших квадратов, мы найдем константы C , C_1 , а из них по формулам (21) – собственную частоту и степень затухания. Интервал между отсчетами может быть равен интервалу дискретизации, однако помехоустойчивость метода значительно возрастает, если вместо T использовать интервал, примерно равный $0.1/f_0$, где f_0 – собственная частота испытуемого сейсмоприемника.

Здесь упрощенно изложен используемый в стандарте метод линейного прогнозирования для двух комплексных экспонент. В общем виде метод обоснован в статье [12], а его использование в геофизике в [6].

При незатухающих колебаниях используется частный метод Прони, дающий возможность проводить гармонический анализ. Каждое значение сигнала представляется в виде

$$Z_i = X_k \sin(i\omega_k T) + Y_k \cos(i\omega_k T), \quad (22)$$

Решая систему уравнений (22), найдем коэффициенты X_k , Y_k , по которым определяются значения амплитуды k ой гармоники и ее фазы:

$$A_k = \sqrt{X_k^2 + Y_k^2}, \quad (23)$$

$$\phi_k = \arctg(Y_k / X_k).$$

Такой метод гармонического анализа по затратам машинного времени сопоставим с обычным преобразованием Фурье, но в отличие от него не требует, чтобы интервал вычислений был кратен периоду гармоники. Использование быстрого преобразования Фурье (БПФ) нецелесообразно. Во-первых, при испытаниях сейсмоприемников возникает необходимость выделения не более, чем 3 – 4 гармоник, так что затратами вычислительного времени можно пренебречь. Во-вторых, практическое использование БПФ показало возможность обогащения спектра высшими гармониками, что неприемлемо при измерении коэффициента нелинейных искажений (КНИ). Поэтому именно метод Прони рекомендован в стандарте для определения АЧХ и КНИ при использовании цифровой регистрации.

Описанные методы опробованы на моделях [9] и показали свою перспективность. Проведено и экспериментальное сравнение новых методов, включенных в стандарт, с известными и широко используемыми методами.

О методе определения собственной частоты по электромеханическому резонансу

На практике широко применяется известный метод определения собственной частоты сейсмоприемника по нулевому сдвигу фазы между питающим током и выходным напряжением (по электромеханическому резонансу). Обычно не учитывается, что он имеет методическую погрешность, но при разработке стандарта следовало оценить возможную ее величину.

В случае возбуждения сейсмоприемника синусоидальным электрическим током передаточная функция имеет вид (13). Методическая погрешность возникает за счет сдвига фазы на индуктивности катушки и является систематической, направленной всегда в сторону завышения значения частоты. Модельные исследования [9] и расчеты показали, что ее возможная величина 0,5 – 1 %. Следовательно, при ответственных испытаниях ею пренебрегать нельзя.

Об определении коэффициента нелинейных искажений электрическим возбуждением

Проведенный А. В. Рыжовым [13] анализ конструкции электродинамических сейсмоприемников и сведений об их нелинейности свидетельствует, что основную роль в возникновении нелинейных искажений играет нелинейное распределение магнитного поля. Поэтому имеет смысл особое внимание обратить на нелинейность коэффициента преобразования и демпфирования, напрямую зависящих от распределения магнитной индукции в зазоре.

При механическом возбуждении нелинейность магнитного поля проявится лишь в выходном преобразовании (3) и демпфировании.

Нелинейность магнитного поля при электрическом возбуждении действует двояко: во-первых, становится нелинейной вынуждающая сила, возникающая при взаимодействии электрического тока с нелинейным магнитным полем. Следовательно, появляется гармоника во входном сигнале. Во-вторых, действует, как и при механическом возбуждении, нелинейность на выходе и нелинейное демпфирование. Таким образом, измеренные значения нелинейности при электрическом и механическом возбуждении заведомо будут отличаться. Модельные исследования [9] показали, что эта разница может достигать десятков процентов. Кроме того, при вычислении коэффициента нелинейных искажений при электрическом возбуждении следует исключать падение напряжения на сопротивлении и индуктивности катушки, хотя на практике это часто не делается. Поэтому необходима разработка специальной методики определения нелинейности сейсмоприемников электрическим способом. Пока такая методика не разработана и не аттестована, нелинейность следует определять прямым методом на вибростенде, а значения КНИ, получаемые электрическим путем, принимать как оценочные.

О возможности учета нелинейных искажений вибростенда

В стандарте рекомендуется методически чистый способ определения КНИ при испытаниях сейсмоприемника на вибростенде с малыми нелинейными искажениями. Однако такие стенды существуют в единичных экземплярах. Между тем имеется возможность учета небольшой нелинейности стенда, сравнимой или в 2 – 3 раза превосходящей нелинейность самого сейсмоприемника.

Рассмотрим физическую картину работы сейсмоприемника на вибростенде. Пусть в сигнале стенда имеется некоторая высшая гармоника. Она поступает на сейсмоприемник, изменяется по амплитуде и фазе соответственно с его АЧХ и ФЧХ и поступает на выход (нелинейными искажениями высшей гармоники можно пренебречь). Одновременно на сейсмоприемник воздействует первая гармоника стенда. Нелинейность сейсмоприемника также вызывает появление высшей гармоники на выходе. Эти две составляющие векторно складываются, и на измерительный прибор поступает уже суммарная высшая гармоника. Если

1) измерить амплитуду и фазу гармоники стенда, учесть их изменение сейсмоприемником,

2) измерить амплитуду и фазу гармоники на выходе,

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМЫ

то, производя векторное вычитание первой составляющей из суммарной гармоники, возможно выделить ту составляющую, которая обусловлена нелинейными свойствами только сейсмоприемника.

Амплитуду j -ой гармоники сигнала, генерируемой собственно сейсмоприемником, можно определить по формуле:

$$A_j = \sqrt{V_j^2 + B_j^2 - 2V_j B_j \cos(\varphi_j + \varphi_{sp} - \psi_j)} \quad (24)$$

где V_j и φ_j - значения амплитуды и фазы j -ой гармоники стэнда,

B_j и ψ_j - значения амплитуды и фазы j -ой гармоники выходного сигнала на клеммах сейсмоприемника,

φ_{sp} - сдвиг фазы сейсмоприемника на частоте j -ой гармоники по номинальной ФЧХ (8).

Эта рекомендация по определению поправок при измерениях КНИ, очевидно, носит временный характер. Необходимость в ней отпадет с появлением нового поколения стэндов с пренебрежимо малыми нелинейными искажениями.

частоты, определенных известным методом электромеханического резонанса [10] и методом использования АЧХ и ФЧХ, не имеющим методической погрешности (таблица 1).

Среднее отклонение составляет 0,5 %, что согласуется с приведенной выше теоретической оценкой.

Заметим, что такая методическая погрешность получается при степени затухания 0,3. Согласно [7], при степени затухания 0,5 методическая погрешность может достигнуть 0,8 % при собственной частоте 10 Гц и до 2 % - при более высокой собственной частоте.

Определение параметров группы сейсмоприемников с номинальной частотой 10 Гц и степенью затухания 0,5 - 0,6 по переходному процессу проведено при участии специалистов лаборатории инженерной геофизики. Запись переходного процесса проводилась на цифровой сеймостанции ЭХО-2. Период дискретизации устанавливался равным 1 мс, номинальная частота фильтра нижних частот (ФНЧ) 256 Гц. Продолжительность записи 1024 отсчета. Для каждого сейсмоприемника было записано по десять реализаций переходного процесса.

Таблица 1.

Значения собственной частоты, Гц, полученные разными методами

№№ сейсмо- приёмников	Метод определения частоты		Разность
	Резонансный	По АЧХ и ФЧХ	
1	10,01	9,96	0,05
2	10,03	9,98	0,05
3	10,01	9,92	0,09
4	9,86	9,81	0,05
5	9,98	9,90	0,08
6	9,88	9,82	0,06
7	9,91	9,87	0,04
8	9,99	9,94	0,05
9	9,98	9,96	0,02
10	9,95	9,92	0,03

О влиянии наклона на параметры сейсмоприемника

Наклон сейсмоприемника оказывает существенное влияние на коэффициент преобразования и на КНИ.

Причина влияния наклона на коэффициент преобразования очевидна: на сейсмоприемник действует составляющая по оси чувствительности, пропорциональная косинусу угла наклона.

Влияние наклона на КНИ обусловлено тем, что при наклоне изменяется составляющая силы тяжести, действующая по оси чувствительности. В результате происходит смещение груза относительно нормального положения. В [9] показано, что при этом в сейсмоприемнике происходит увеличение амплитуды высших гармоник, в основном второй, и соответственно возрастает КНИ.

3. Опробование методов испытаний, основанных на изучении полных динамических характеристик

Методы определения собственной частоты и степени затухания по АЧХ и ФЧХ и по переходному процессу были опробованы на практике.

Для группы сейсмоприемников с номинальной частотой 10 Гц и степенью затухания 0,3 проведено сравнение значений собственной

Среднее значение выходного сигнала определялось по участку, где переходный процесс можно было считать закончившимся. Величина шумовой составляющей, определенной на том же участке, примерно 1 % от амплитуды первого экстремума переходного процесса.

Значения параметров сейсмоприемников, полученные методом линейного прогнозирования, сравнивались со значениями, полученными по этому же переходному процессу известными методами: собственная частота по видимой частоте процесса (по точкам пересечения оси абсцисс), степени затухания - по отношению двух последовательных экстремумов. Полученные значения, осредненные по десяти реализациям, приведены в таблице 2.

Среднее квадратическое отклонение от среднего значения степени затухания для метода линейного прогнозирования 1,5 %, метода экстремумов 1,5 - 4 %, среднее квадратическое отклонение от среднего значения собственной частоты для метода линейного прогнозирования 0,5 %, для метода нулей переходного процесса 1,5 - 3 %.

Систематическая разница между методами составляет примерно 2 % для степени затухания и 0,7 % - для собственной частоты, что не превышает половины доверительного интервала при доверительной вероятности 0,9. Поэтому пока трудно сказать, существует ли систематическое расхождение двух методов или это влияние погрешностей измерений.

№№ сейсмо- приёмников	Степень затухания		Собственная частота	
	По методу линейного прогнозирования	По экстремумам переходного процесса	По методу линейного прогнозирования	По экстремумам переходного процесса
1	0,629	0,614	9,67	9,66
2	0,547	0,538	10,68	10,50
3	0,502	0,494	10,52	10,44
4	0,596	0,581	9,90	9,81
5	0,566	0,560	10,23	10,23

4. Разработка стандарта "Сейсмоприемники электродинамические. Основные показатели и методы испытаний"

На основе изложенных теоретических предположений, модельных исследований и практических измерений ВНИИГеофизикой разработан стандарт отрасли.

Для однозначного понимания стандарта в него включен раздел "Определения", в котором дано толкование наиболее важных терминов.

Приводится номенклатура показателей сейсмоприемников, включающая основные метрологические показатели, функции влияния, эксплуатационные и конструктивные показатели.

В перечень операций испытаний входят все операции, необходимые и достаточные для полного описания сейсмоприемника как средства измерений. Используемые средства испытаний включают общепромышленные приборы и испытательное оборудование и специализированные эталоны вибростенд и эталонные акселерометры, компьютер.

Изложенные в стандарте методы испытаний имеют две основные особенности:

1. В стандарте указывается, какова погрешность каждого метода и для каких конкретно испытаний данный метод рекомендуется. Точные, но сложные методы позволят применять стандарт при испытаниях для утверждения типа средства измерений и сертификационных испытаниях. В стандарт включены также относительно простые методы, которые могут быть использованы для контроля сейсмоприемников в сейсморазведочных партиях при эксплуатации.

2. Широко используется переходная характеристика сейсмоприемников. Изложены методы, позволяющие определить по ней основные параметры: собственную частоту, степень затухания, коэффициент преобразования. Для обработки рекомендуется упомянутый выше метод линейного прогнозирования.

Методика определения АЧХ и ФЧХ на вибростенде не имеет каких-либо особенностей, за исключением введения схемы измерений и обработки, основанной на автоматической регистрации показаний контрольного акселерометра и испытываемого сейсмоприемника.

В стандарте преимущество при измерениях отдается прямым методам с использованием виброизмерительных установок. В условиях метрологических лабораторий и полевых партий рекомендуется широко применять косвенные методы определения параметров (электрические). Особое место занимают методы, основанные на изучении переходных процессов при электрическом возбуждении. Они, не требуя сложных виброустановок, по сути близки к прямым методам: переходный процесс не зависит от того, каким образом задается импульс силы на подвижную часть сейсмоприемника механически или электрически. Исключением является определение коэффициента преобразования. Так как сейсмоприемник

производит электромеханическое преобразование, при электрическом возбуждении необходимо знать механическую величину массу груза.

Приводится номенклатура показателей сейсмоприемников, включающая основные метрологические показатели, функции влияния, эксплуатационные и конструктивные показатели.

Особо следует остановиться на определении коэффициента нелинейных искажений (КНИ). Как показано выше, необходимо создание специальной методики определения КНИ электрическим возбуждением. Поэтому настоящий стандарт рекомендует определение КНИ только при механическом воздействии на вибростенде с возможным учетом нелинейности последнего.

При наклоне сейсмоприемника изменяются коэффициент преобразования и КНИ. Теоретический расчет и практические исследования сейсмоприемников показывают, что критерий допускаемого угла наклона по КНИ более жесткий. Поэтому в стандарте допускаемый угол наклона определяется именно по достижению КНИ предельного значения.

Таким образом, разработан стандарт, использующий новые теоретические и экспериментальные разработки, пригодный для сертификации и для контроля сейсмоприемников в поле. Стандарт представлен в Министерство природных ресурсов РФ и мы надеемся, что он будет введен в действие законным порядком в первой половине 2003 г.

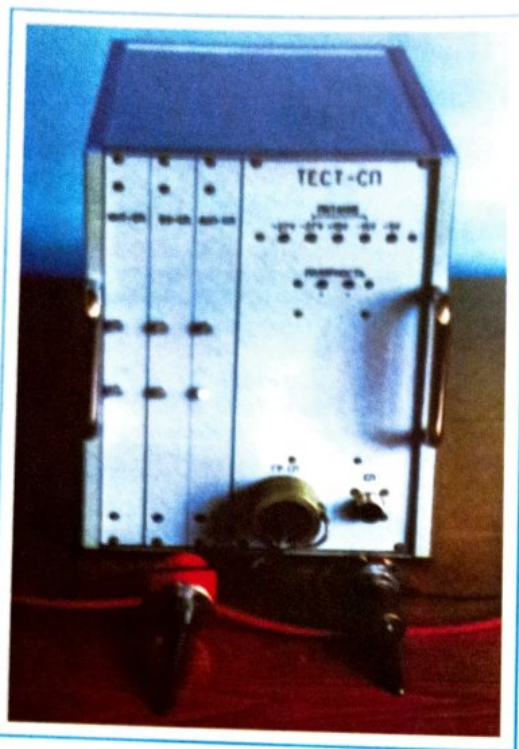
Литература

1. ГОСТ 4.378-85 СПКП. Сейсмоприемники электродинамические. Номенклатура показателей.
2. ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
3. ГОСТ 28134-89 Сейсмоприемники электродинамические. Типы, основные параметры и технические требования.
4. СТО ЕАГО 015-01-94 Геофизическая аппаратура и оборудование. Сейсмоприемники электродинамические. Параметры и характеристики.
5. СТО ЕАГО 016-01-94 Геофизическая аппаратура и оборудование. Сейсмоприемники электродинамические. Методы измерений основных параметров и характеристик.
6. В.В.Никифоров, А.В.Стакло. Анализ переходных процессов методом линейного прогнозирования. // Изм. техника. 1997. - №10. С. 11-13.
7. А.Е.Манюхин. Погрешности электрических методов определения собственной частоты электродинамических сейсмоприемников. // Изм. техника. 1994. - № 7. - С. 37-41.
8. А.В.Рыков. Анализ развития теории сейсмоприемников // Геофизика. 1999. - № 5. С. 20-25.
9. А.В.Стакло, В.С.Симаков, С.А.Федотов. Математическое моделирование нелинейного сейсмоприемника // Разведка и охрана недр 2002. - № 3-4. С. 38-42.
10. А.И.Слуковский. Сейсморазведочная аппаратура. - М.: "Недра", 1970.
11. Р.Шерифф, Л.Гелларт. Сейсморазведка. - М.: "Мир", 1987.
12. S.M.Kay, J.R.Marple. Spectrum Analysis - A Modern Perspective. IEEE Trans., v. 69, № 11, nov.1981.
13. Пат. 2155358 (РФ). Электродинамический сейсмоприемник ускорений с наименьшим коэффициентом нелинейных искажений / А.В.Рыков. Опубл. 2000, Бюл. № 24.

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Аппаратурно-программный комплекс "ТЕСТ-СП"

Бескоровайный В.Л., Коханов Е.Г., Селёзнева Т.В., Тарасов Н.В., Тарасова Е.В.
ОАО «СКБ СП», Саратов



Сейсмоприемники являются одним из важнейших звеньев сейсморегистрирующего комплекса и, соответственно, достоверность регистрируемого сейсмического материала в значительной степени зависит от состояния их эксплуатационных характеристик.

В настоящее время геофизическими предприятиями при проведении сейсмических наблюдений используются десятки тысяч электродинамических сейсмоприемников различного производства, техническое состояние которых необходимо контролировать с определенной периодичностью. Кроме того, в ряде случаев необходимо обеспечить сравнимость результатов геофизического эксперимента, полученных с использованием приборов, изготовленных разными производителями.

Особое значение имеет проблема организации контроля параметров сейсмоприемников в условиях сейсмической партии, где требуется постоянный контроль параметров не только одиночных сейсмоприемников, но и их групп.

Проведенный в СКБ сейсмического приборостроения анализ существующих методов испытаний сейсмоприемников показал, что наиболее приемлемым методом испытаний сейсмоприемников, реализация которого позволила бы решить вышеперечисленные проблемы, является метод, основанный на электрическом способе воздействия.

В результате были разработаны алгоритмы и создан аппаратно-программный комплекс "ТЕСТ-СП", реализующий процедуры

контроля основных параметров сейсмоприемников (сейсмогруппы), основанный на электрическом способе воздействия.

Технология контроля параметров сейсмоприемников с помощью аппаратно-программного комплекса "ТЕСТ-СП" обеспечивает контроль всех паспортных характеристик сейсмоприемников и их групп в различной конфигурации включения. Кроме того, обеспечена возможность анализа результатов контроля с целью выявления неисправного прибора в группе без предварительной распаковки сейсмогруппы.

Результаты контроля параметров записываются в результирующий файл, всегда доступный для просмотра.

Параметры сейсмоприемника (сейсмогруппы), контролируемые комплексом "ТЕСТ-СП", разбиты на две группы:

- параметры, контроль которых производится по выходному сигналу сейсмоприемника (сейсмогруппы) при воздействии на него периодическим сигналом;
- выходное сопротивление;
- коэффициент нелинейных искажений;
- параметры, контроль которых производится по собственному процессу сейсмоприемника (сейсмогруппы):
- собственная частота;
- коэффициент преобразования;
- степень затухания.

Отдельно контролируется полярность подключения сейсмоприемника при формировании группы. В этом случае производится механическое воздействие на каждый прибор сейсмогруппы и осуществляется анализ результатов воздействия по световой и звуковой индикации.

Аппаратурно-программный комплекс "ТЕСТ-СП" успешно эксплуатируется во многих геофизических предприятиях России и стран СНГ.

Ниже приведено краткое описание алгоритмов программного комплекса.

Коэффициент нелинейных искажений ($K_{ни}$) одиночного сейсмоприемника или группы сейсмоприемников рассчитывается путем подачи тестового синусоидального сигнала от генератора с малыми нелинейными искажениями и определения программным методом доли высших гармоник в выходном сигнале, прошедшем аналого-цифровое преобразование, с помощью цифровой фильтрации.

$$K_{ни} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^5 U_i^2}}{U_1}$$

Цифровая фильтрация осуществляется с

применением цифровых рекурсивных фильтров:

$$U_i^n = a_{i0}U_c^n + a_{i1}U_i^{n-1} + a_{i2}U_c^{n-2} - b_{i1}U_i^{n-1} - b_{i2}U_i^{n-2}$$

Где:

i -номер гармоники,

n -номер дискретного отсчета,

U_c^n -дискретный отсчет зарегистрированного тестового сигнала;

U_i^n -дискретный отсчет выделенной гармоники,

$a_{i0}, a_{i1}, a_{i2}, b_{i1}, b_{i2}$ -коэффициенты рекурсивных фильтров, рассчитанные для выделения i -той гармоники.

С генератора тестового сигнала подается синусоидальный сигнал с частотой, близкой к $1,5f_0$, где f_0 - собственная частота данного типа сейсмоприемников.

При одиночном измерении тестовый сигнал подается однократно, в режиме циклического измерения многократно, с периодической выдачей результата на экран.

Метод определения сопротивления сейсмоприемника или группы сейсмоприемников основан на сравнении выходных сигналов электрической цепи при протекании по ней постоянного тока в отсутствии сейсмоприемника и при включении последнего в цепь. На вход сейсмоприемника (сейсмогруппы) подается импульсный сигнал с эталонным уровнем напряжения частотой 1Гц и скважностью, равной 2. По первому полупериоду выходного тестового сигнала определяется уровень смещения "нуля" с целью исключения его влияния на расчет величины сопротивления, по второму полупериоду определяется величина выходного тестового сигнала при протекании по цепи постоянного тока.

Величина сопротивления сейсмоприемника ($R_{сн}$) или сейсмической группы ($R_{сг}$) при этом рассчитывается по формуле:

$$R_{сн(сг)} = \frac{4000 \cdot U_A^0}{(U_A^1 - U_A^0)},$$

если сопротивление сейсмоприемника $R_{сн}$ меньше 6000 Ом, а сопротивление сейсмической группы $R_{сг}$ меньше 25000 Ом и по формуле:

$$R_{сн(сг)} = \frac{31400 \cdot U_A^0}{(U_A^1 - U_A^0)},$$

если сопротивление сейсмоприемника $R_{сн}$ больше или равно 6000 Ом, а сопротивление группы сейсмоприемников $R_{сг}$ больше или равно 25000 Ом.

При этом:

U_A^0 - величина выходного тестового сигнала с учетом смещения "нуля" в отсутствие в цепи сейсмоприемника,

U_A^1 - величина выходного тестового сигнала с учетом смещения "нуля" с подключенным сейсмоприемником.

Цифры в формулах для расчета $R_{сн}$ и $R_{сг}$ определяются схемным решением.

Наиболее сложной процедурой контроля параметров сейсмоприемников являются параметры второй группы, определение которых проводится по собственному процессу сейсмоприемника.

В этом случае предъявляются более жесткие требования к системе развязки колебаний. При этом должны быть исключены все иные воздействия, кроме специально сформированного импульса в качестве входного тестового воздей-

ствия с определенными длительностью и скважностью.

По зафиксированной реализации переходного процесса производится расчет собственной частоты, степени затухания и коэффициента преобразования сейсмоприемника.

Собственная частота рассчитывается по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2T_1} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\left(\ln \left| \frac{A_1}{A_2} \right| \right)^2}{\pi^2 + \left(\ln \left| \frac{A_1}{A_2} \right| \right)^2}}}$$

Степень затухания определяется по формуле:

$$\beta = \frac{\ln \left| \frac{A_1}{A_2} \right|}{\sqrt{\pi^2 + \left(\ln \left| \frac{A_1}{A_2} \right| \right)^2}}$$

Определение коэффициента преобразования осуществляется по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{2\pi f_0 |A_1| m}{I_0} \exp \left[\frac{\arctg \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} \right)}{\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta}} \right]}$$

Где T_1 - время между первым и вторым экстремумами зарегистрированного собственного процесса сейсмоприемника, которое определяется с использованием линейной интерполяции;

A_1, A_2 - первый и второй экстремумы собственного процесса сейсмоприемника, определяемые путем параболической интерполяции,

m - подвижная масса сейсмоприемника (группы сейсмоприемников),

I_0 -величина тока, определяемая следующим образом:

- для одиночного сейсмоприемника

$$I_0 = \frac{1000 \cdot K}{R_{сн}},$$

где:

$K=1$, если $R_{сн}$ больше или равно 750 Ом,

$K=R_{сн}/750$, если $R_{сн}$ меньше 750 Ом

- для группы сейсмоприемников

$$I_0 = \frac{3000 \cdot K}{R_{сг}},$$

где:

$K=1$, если $R_{сг}$ больше или равно 3500 Ом,

$K=R_{сг}/3500$, если $R_{сг}$ меньше 3500 Ом.

Для определения этих параметров катушка сейсмоприемника поднимается из положения покоя постоянным током на уровень 0,7 от положения максимального отклонения, затем ток отключается и при падении катушки записывается ее собственный процесс. Величина поданного на катушку тестового сигнала рассчитывается программно в зависимости от сопротивления одиночного сейсмоприемника, либо количества сейсмоприемников в группе и их конфигурации.

Запись переходного процесса осуществляется десятикратно с последующим усреднением

СЕЙСМОПРИЕМНИКИ: КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

значении проверяемого параметра по количеству записей.

В заключение необходимо отметить следующее. В настоящий момент отсутствует нормативного документа, который собрал бы единые требования к основным показателям и единые методы испытаний сейсμοприемников, исключая метод, основанный на электрическом способе воздействия, применимый в условиях сейсмической партии.

Существующие нормативные документы, такие как ГОСТ 4.378-35СПКП "Сейсμοприемники электродинамические. Номенклатура показателей" и ГОСТ 23434-79 "Сейсμοприемники электродинамические. Типы, основные параметры и технические требования", стандарт СТО ЕАГО 016-01-94 не отвечают вышеуказанному требованию. В то же время проект стандарта, разработанный специалистами ГФУП "ВИИПГЕОФИЗИКА", устанавливающий номенклатуру, обозначения, единицы измерения основных показателей сейсμοприемников и методы их испытаний, включая метод, основанный на электрическом способе воздействия, до сих пор остается лишь проектом.

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР СО ЕАГО

Новая специализация геофизиков

В перечне профессий, по которым возможно повышение квалификации в учебном центре Саратовского отделения Евро-Азиатского геофизического общества, появилась новая: специалист по калибровке средства измерения (СИ) "ПРОГРЕСС-Л".

Это событие связано с тем, что в недавнем прошлом сейсморегистрирующая система "ПРОГРЕСС-Л" после испытаний, выполненных компетентными органами Госстандарта РФ, получила статус средства измерения. Кроме несомненных для пользователя преимуществ этого шага (повышение надежности изделия, связанного с ужесточением технологической дисциплины на всех этапах жизненного цикла изделия: проектировании, изготовлении, эксплуатации) очень быстро стали очевидными и дополнительные трудности в эксплуатации, связанные, прежде всего с необходимостью периодических поверок СИ.

Ознакомление с нормативной базой таких поверок, методикой выполнения калибровки с помощью аттестованного программного средства "КОНТР-Л", специально для этих целей разработанного в СКБ сейсмического приборостроения, а также выработка практических навыков таких работ составляют содержание 40-часовой учебной программы, предлагаемой Саратовским отделением ЕАГО. Для пользователей и ремонтников "ПРОГРЕСС-Л" заявки геофизических организаций на повышение квалификации своих сотрудников выполняются в течение месяца. Обучение проводят сертифицированные специалисты СО ЕАГО, СКБ СП, ЦСМС Госстандарта.

П.А.Турлов, СО ЕАГО, сертификат компетентности А 563425 №152 от 3 августа 2000г.

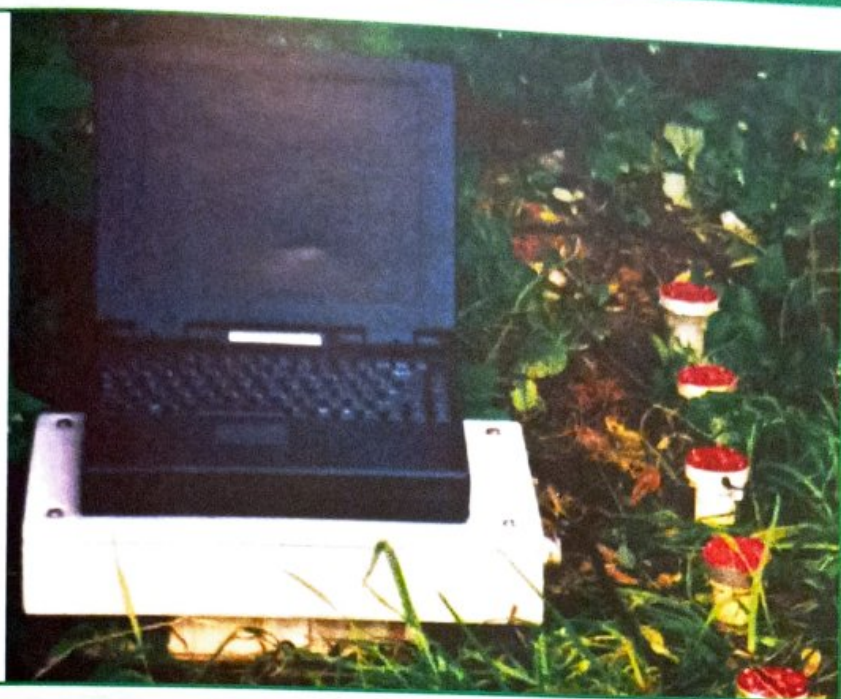


За дополнительной
информацией обращайтесь:
Россия, 410019, г. Саратов,
ул. Крайняя, 129, СО ЕАГО
т.: (8452) 64-14-32;
ф.: (8452) 64-14-52

E-mail: skpsp@san.ru

СЕЙМОРАЗВЕДОЧНАЯ СИСТЕМА ЭХО-4

СЕЙМОРАЗВЕДОЧНАЯ СИСТЕМА
ЭХО-4



Легкая переносная компьютерная 24-разрядная сейсмическая станция для инженерных работ на 6-96 каналов, состоящая из информационно-измерительного блока с выходом на параллельный интерфейс компьютера типа Note Book

БЛОК ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ

Число каналов:	6, 12, 24, 48, 96;
Коэффициент Усиления предварительного усилителя, дБ:	0, 12, 24, 36, 48;
Динамический диапазон, дБ:	116;
Фильтры цифровые: фильтр нижних частот, Гц:	125, 250, 500, 1000, 2000, 4000;
Период дискретизации, мс:	0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4;
Уровень шума, приведенный ко входу в полосу 128 Гц при максимальном усилении, мкВ:	0,15;
Нелинейные искажения (при максимальном усилении), не более, %:	0,005;
Мощность потребления, Вт/канал:	0,15;
Масса блока, кг:	3 (24 канала);
Габариты блока на 24 канала, мм:	400 x 250 x 70;
Система питания: аккумуляторная батарея, напряжение В:	12

БЛОК РЕГИСТРИРУЮЩИЙ

Блок управления и регистрации данных IBM PC/AT типа Note Book.

Функции блока:

- управление системой наблюдения;
- регистрация данных на жесткий и гибкий диски;
- воспроизведение данных на экране монитора;
- задание параметров режима регистрации для информационно-измерительного блока;
- скорость записи данных через параллельный порт, не менее 2 Мб/с;
- объем записи, Гб, не менее 5

Высокоразрешающая сейсморазведка в Нижнем Поволжье РФ и во впадине Талиму в Китае

Колосов Е. М., Кобылкин И. А., Голыченко А. М., Ужакин В. А.
ЗАО работников «Народное предприятие «Запорожский геофизик» г. Волгоград

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Важнейшими задачами сейсморазведки являются выявление и картирование геологических структур, связанных с разрывами, а также исследование их влияния на сейсмический процесс. Разрывы являются естественными нарушениями сплошности пород, создающими зоны концентрации напряжений. Сейсморазведка, направленная на выявление разрывов, является сложной задачей, требующей применения специальных методов обработки данных сейсмических наблюдений. В настоящее время существуют различные методы сейсморазведки, позволяющие выявлять разрывы с высокой точностью. Однако для повышения разрешения сейсморазведки необходимо применять более совершенные методы обработки данных.

- Условием успешности сейсморазведки является соблюдение требований к качеству исходных данных, к качеству обработки данных, к качеству интерпретации данных.
- Развитие сейсморазведки связано с применением современных методов обработки данных, с применением современных методов интерпретации данных, с применением современных методов визуализации данных.

Пока не существует система возбуждения и регистрации, позволяющая работать с высокими сигналами. Все сейсмические сигналы, с которыми сталкивается современная сейсморазведка, ослаблены в той или иной степени помехами разной интенсивности, ослабление которых при регистрации и обработке требует применения различных приемов, включая накопление, фильтрацию, регулирование амплитуд и комплекс специальных программ обработки.

Волгоградская геофизическая экспедиция, сегодня это ЗАО работников «НП «Запорожский геофизик», традиционно занимается опробованием различных видов взрывных источников, в 80-90 годы пришла к выводу о необходимости и возможности миниатюризации взрывной технологии, при взрывах, как в ЗМС, так и под ЗМС.

Рассмотрим процессы, происходящие в зоне взрыва.

Общепринято, что при камуфлетном взрыве выделяются условно три зоны: зона сжатия и тонкого измельчения пород (камуфлетная зона), зона сжатия и растрескивания, зона упругих деформаций.

В камуфлетной зоне давление на фронте ударной волны превышает модуль объемного сжатия пород. Скорость распространения ударных волн в этой зоне превышает скорость упругих колебаний в данной среде. Размер камуфлетной зоны по Покровскому ГИ [7] равен $R_k = K_k \cdot \sqrt{Q}$, где K_k - коэффициент, зависящий от прочности пород. Распространение ударной волны в этой зоне связано со значительными потерями энергии. На образование зоны разрушения расходуется большая часть энергии взрыва и чем больше величина заряда, тем больше энергии расходуется на разрушение.

В зоне сжатия и растрескивания скорость распространения ударных волн равна скорости упругих колебаний в данной среде. В этой зоне среда ведет себя не упруго, в ней возникают остаточные деформации, ведущие к нарушению сплошности строения среды, что ведет к дальнейшей потере энергии взрыва.

При взрыве происходит разрыв пород, что приводит к образованию разрывов и трещин.

Взрывная волна, деформируя породу, создает в ней упругие колебания, которые распространяются в виде упругих волн.

Следовательно, часть энергии взрыва расходуется на разрушение пород, а часть энергии взрыва, расходуемая на образование упругих колебаний, направлена на образование сейсмических колебаний. При взрывах, направленных на образование сейсмических колебаний, энергия взрыва расходуется на образование сейсмических колебаний.

По мнению ряда авторов [6], в сейсмическом источнике происходит переход энергии потенциальной энергии ВДП. Под действием взрыва выделяется большая энергия. При сверхкритических зарядах радиус камуфлетной зоны не увеличивается, радиус сжатия, в который переходит взрыв, увеличивается. При этом происходит то, что при сверхкритических зарядах большая часть энергии направлена на образование упругих колебаний. При сжатии часть энергии малых зарядов расходуется на нагревание среды и на тепловую энергию реакции взрыва. Можно предположить, что при взрывах больших зарядов ВДП часть энергии идет на образование сейсмических колебаний, а при малых эта доля значительно уменьшается. На рис. 1 показан условный график зависимости доли энергии взрыва, направленной на образование сейсмических колебаний от массы заряда.

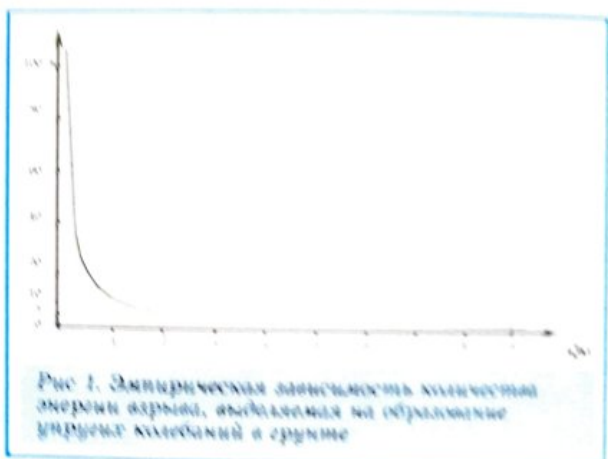


Рис. 1. Эмпирическая зависимость количества энергии взрыва, выделяемая на образование упругих колебаний в грунте

График составлен исходя из следующих предположений:

- при зарядах с весом больше 2 кг в сейсмическую волну переходит около 1-2% энергии ВДП,
- при зарядах массой 2 кг в сейсмическую волну переходит около 90% энергии ВДП,
- энергия взрыва, направленная на образование сейсмических колебаний (от ВДП при больших зарядах, до 90% при малых), меняется не линейно, а по зависимости аналогичной графику, приведенному на рис. 1.

Если данное предположение близко к реальному, то при составлении графиков, представленных на рис. 1, 2, с учетом малых зарядов при сейсморазведочных работах выделяются заряды, не превышающие по массе 100-200г и даже меньше. Вряд ли [2] можно ожидать, что весовая нагрузка зарядов при воздушном взрыве должна быть увеличена.

Для описания действия взрывного источника продольных волн может быть применена теория сферического излучателя продольных волн, изложенная в ряде статей [2,3] И.И. Гурвичем, который для описания действия взрывного источника

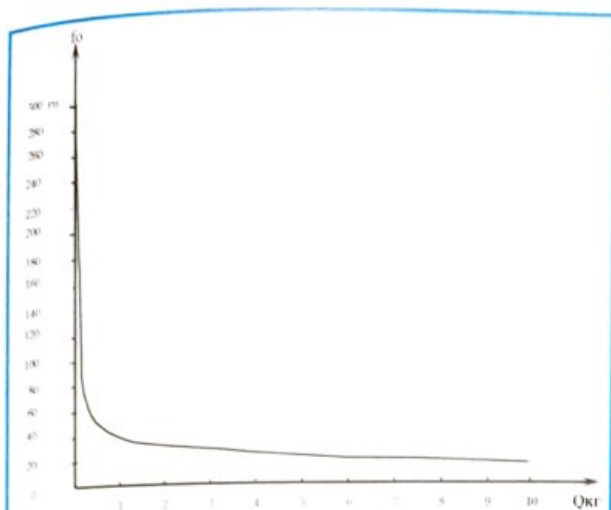


Рис 2. Зависимость собственной частоты очага взрыва от величины заряда

График резко дифференцирован на два участка: низко-среднечастотный участок, связанный с применением зарядов от 0,1 кг и выше, и высокочастотный с большим градиентом изменения частоты очага, связанный с применением малых зарядов, что хорошо подтверждается полевым экспериментом, представленным на рис. 3.

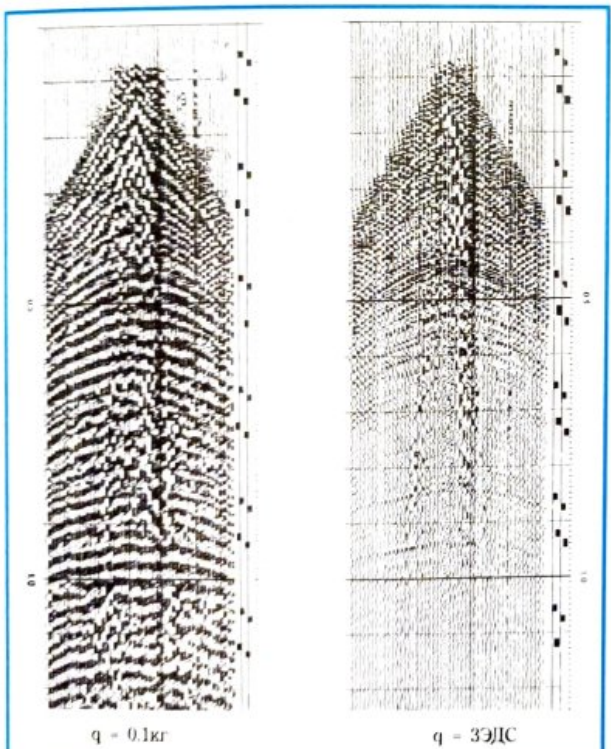


Рис 3. Сейсмограммы полученные при одиночных взрывах под ЗМС с разной массой заряда. (Сарпинский прогиб Прикаспийской впадины)

Методика высокоразрешающей сейсморазведки, разработанная в ЗАОр "НП "Запприкаспийгеофизика" [4], основывается на следующих практических принципах:

- возбуждение сейсмических колебаний осуществляется взрывами минимизированных зарядов массой от 10-100г;
- применяется повышенная плотность наблюдений с использованием пьезоакселерометров СПАН, созданных в ОАО "СКБ СП" г.Саратова и широкополосных высокочувствительных сейсмо-

приемников СВ-10-11-М, разработанных Пермской приборостроительной компанией;

- применение современных сейсмостанций с 24-разрядным преобразователем аналог-код;
- проводятся детальные топографические наблюдения с применением спутниковой привязки системами GPS и абсолютного соблюдения условий технического проекта по геометрии расстановки и точек возбуждения;
- детальное изучение строения ВЧР методами обращенного каротажа;
- достижение максимально возможного сжатия сейсмического сигнала и наибольшего уровня сигнал/помеха на этапе обработки по технологии, специально разработанной в ЗАОр "НП "Запприкаспийгеофизика".

Комплекс вышеупомянутых приемов способствует формированию сейсмических сигналов такой длительности и интенсивности, которые позволяют осветить внутреннее строение выделяемых сейсмостратиграфических комплексов мощностью 5-10м (рис. 4), отдельного

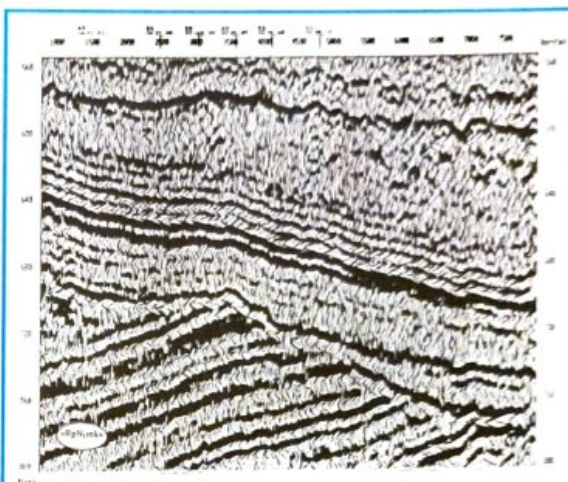


Рис 4. Характер проявления угловых несогласий отражений от границ в среднем и нижнем миоцене на профиле обработанном по технологии ВРС: на волновой картине можно выделить отражения с периодом 6-8 мс, что соответствует 4-6 м.

выделения их кровли и подошвы, картировать микрогребни и микрогорсты, проследить палеорусла и другие эрозионные поверхности в интервале глубин до 2,5-3,0 км. Предлагаемая методика широко используется в пределах западной и юго-западной частях Прикаспийской впадины и западной части края Карпинского, где с использованием технологии ВРС открыты газовые и нефтяные месторождения в отложениях неогена, мела, юры, триаса и построены новые модели геологического строения известных месторождений (Каспийское, Промысловское, Олейниковское), позволяющие оптимально размещать эксплуатационные скважины. Методику ВРС целесообразно применять для решения различных задач, как в нефтегазовой геологии, так и в угольной и рудной геофизике.

Вопросы об использовании высокочастотных сигналов при сейсморазведке все время привлекают внимание специалистов [1].

Высокочастотная часть широкополосных сигналов, как правило, слабых, представлена слабыми сигналами и для их регистрации необходима высокочувствительная аппаратура с очень малыми нелинейными искажениями. Современные сейсморегирующие системы с 24-разрядным преобразователем замечают сигнал от нановольт до 1000 и выше милливольт. На рис. 5 приведена шкала записи

сейсмического сигнала сейсмостанции "Прогресс-Л", приведенного к входу, а также шкала интенсивности зарегистрированных сейсмических сигналов при разных по массе зарядов.

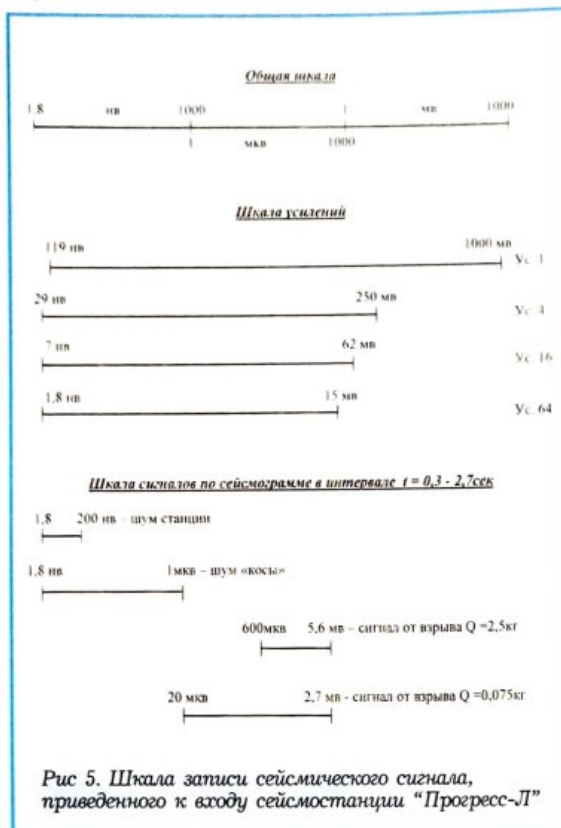


Рис 5. Шкала записи сейсмического сигнала, приведенного к входу сейсмостанции "Прогресс-Л"

Сравнение численных значений зарегистрированных сигналов в интервале регистрации $t=0.3-2.7$ с при взрывах зарядов массой 75 г со шкалой записи, показывает, что при малых зарядах на вход станции подается сигнал, который регистрируется на всех диапазонах усиления без искажений.

Результаты работ по ВРС неоднократно сообщались на геофизических семинарах, в печати и вызвали интерес у специалистов Научно-технического отдела Бюро геофизического развития Китайской нефтяной корпорации (BGR CNPC). В 1997 году в Восточной части Китая в районе р. Талиму по приглашению BGR группой специалистов из РФ проведено тестирование технологии ВРС.

Работы проведены в долине реки Талиму в северной части пустыни Такла-Макан на участке профиля S-97-566G протяженностью 9,96 км.

Основными элементами тестирования являлись: экспериментальные определения величины заряда и применение пьезоакселерометров СПАН, разработанных Саратовским СКБ СП, для увеличения разрешенности сейсмической записи.

Стандартными источниками и приемниками, используемыми китайскими геофизиками, были взрывы зарядов массой 6 кг с приемом на геофоны GS-20-DX.

Опытный профиль S-97-566G отрабатывался в интервале пикетов 197480-207470 по методике ВРС при следующих параметрах полевой системы и источника (рис. 6):

- телеметрическая сейсмостанция - VISION;
- число линий - 2;
- число каналов: 240 (1-120 каналы для пьезоакселерометров СПАН; 121-240 каналы для электродинамических сейсмоприемников GS-20DX-10B);

- кратность - 60;
- шаг между центрами групп - 30 м;
- группирование: 7 приборов СПАН по кругу радиусом 1 м; 24 геофона GS-20DX-10B на площади 2 м x 0,9 м по 8 приборов в линии;
- схема расстановки: источник на 109 канале для СПАН и на 229 канале для GS-20DX-10B (-3240 м) - (-0) - (+330 м);
- источник: заряд весом 240 г (тип TNT) размещался на глубину 7 м ниже подошвы ЗМС;
- шаг ПВ: - 30 м;
- регистрация: время записи - 7 с, шаг квантования - 1 мс, ФНЧ - 12 Гц с крутизной фильтра 18 дБ/октаву, ФВЧ - 412 Гц.



Рис 6. Параметры полевой системы и источника

Обработка сейсмоданных проводилась на вычислительном центре ЗАО "НП ЗПГ" с использованием комплекса программ iXL (США) и SDS PC (Россия).

Каждая модификация обрабатывалась независимо для решения следующих задач:

- оценка эффективности методики ВРС, разработанной в ЗАО "НП ЗПГ", в сравнении с традиционной методикой, реализуемой CNPC в районе ТАЛИМУ;

- выявление преимуществ пьезоакселерометров, разработанных в АО "СКБ СП", перед электродинамическими сейсмоприемниками GX-20DX-10B, выпускаемыми BGR CNPC.

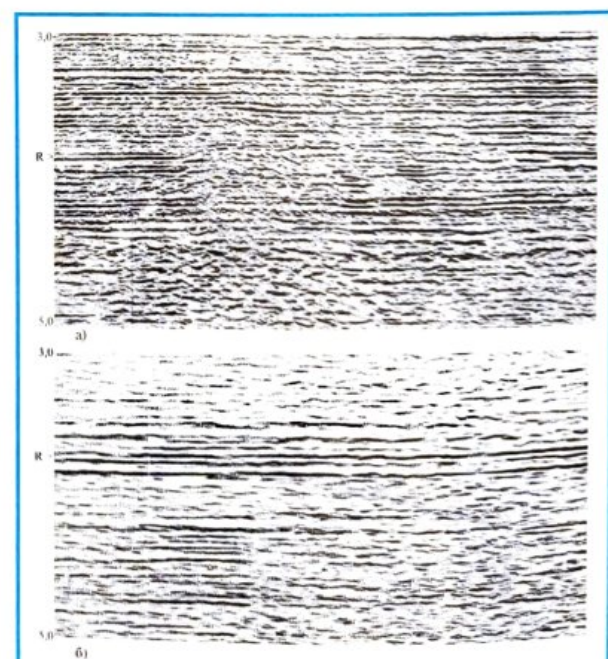


Рис 7. Фрагменты временного разреза по ВРС, полученные при регистрации в поле по двум типам сейсмоприемников. Целевой объект расположен на уровне R.
а) сейсмоприемники СПАН-1
б) сейсмоприемники GS-20DX

На рис. 7 демонстрируются фрагменты временного разреза по профилю S-97-566G, полученные с приемом сигналов на сеймоприемники GX-20DX и пьезоакселерометры СПАН-1.

Рассмотрение сейсмических материалов ВРС показывает, что сейсмическая запись, полученная с использованием китайских геофонов и пьезоакселерометров СПАН, характеризуются высокой, но близкой друг к другу разрешенностью. Отметим, что при этом число акселерометров в группе было более чем втрое меньше, чем сейсмоприемников GS-20DX-10B. Четко просматриваются сеймостратиграфические комплексы, соответствующие различным стратиграфическим интервалам геологического разреза и изменяющемуся литофациальному составу горных пород. В целевом интервале времен 3,6-3,7 с на фоне субпараллельных осей синфазности отмечается волновая картина, соответствующая поверхности эрозии с неровным рельефом. Геологический интерес может представлять аномальное поведение волнового поля в интервале пикетов 201400-202600-204400 и времен 3,3-3,5с. Здесь на временном разрезе, полученном именно с приборами СПАН-1 на ПК 201400-202600 наблюдается четкое отражение, отображающее структуру обложения геологического тела.

Анализ материалов ВРС показывает, что при использовании СПАН-1 или GS-20DX-10B на временных разрезах в интервале $T=3,3-3,7$ с преобладающий период целевых отражений колеблется от 35-50Гц до 80-90Гц (период колебаний от 30-20 мс до 12-10мс). Для стандартной технологии аналогичные показатели находятся в пределах 30-33Гц (периоды 33-30 мс) до 45-50 Гц (периоды 22-20 Гц).

Тестирование технологии ВРС в долине реки Талиму примечательно тем, что в условиях сравнительного полевого эксперимента была показана возможность регистрации высокочастотной части спектра сигнала на временах до 6 с, амплитуды которой в пределах частот 60-130 Гц при зарядах 90г даже несколько выше амплитуд, полученных при зарядах 6 кг.

Анализ полученных материалов показывает, что имеются возможности дальнейшего повышения эффективности предложенной методики ВРС. В частности, за счет использования новых более современных модификаций одиночных пьезоакселерометров СПАН-2, разработанных в ОАО "СКБ СП". Одиночные приборы СПАН-2 для ВРС, не усредняют регистрируемые сигналы по площади группирования, способствуют более четкому соблюдению технологии ВРС на этапе проведения полевых работ и дают дополнительные возможности для достижения главной цели - детализации геологического разреза.

Наряду с этим, важным аргументом в пользу широкого внедрения ВРС может быть получение серьезной экономической эффективности за счет значительного снижения затрат в буровзрывной технологии.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзон И.И. Высокочастотная сейсмика. Издательство Академии наук, СССР, 1957г.
2. Гурвич И.И. Сейсмическая разведка. Недра, 1970.
3. Гурвич И.И. К теории сферического излучателя сейсмических волн. Изд. АН СССР. Физика Земли, № 10, 1965.
4. Кобылкин И.А., Ужакин Б.А., Колосов Б.М. и др. Способ высокоразрешающей сейморазведки МОГТ с использованием взрыва зарядов. Патент № 2107310. Роспатент, 1997.
5. Кондратьев О.К. Теоретические основы цифровой записи сейсмических колебаний. ВНИИГеофизика, 1992.
6. Кутузов Б.Н. Справочник взрывника, Недра, 1988.

НАМ ПИШУТ!



...ЗАО "ГЕОСВИП" очень признательно Вам за энтузиазм и настойчивость, которые Вы проявили по организации и созданию профессионального журнала приборостроителей геофизической техники и оборудования. Особенно важно, что это мероприятие проходит под эгидой ЕАГО и, в частности, его Саратовского отделения, и позволяет непосредственно вписаться в геофизическое "пространство" России. Единственное, что вызывает сожаление это то, что данный журнал не появился хотя бы десять лет назад, но, как говорят, лучше поздно, чем никогда.

Появление такого издания вселяет уверенность и оптимизм, наконец приборостроители геофизической техники могут показать наглядно достижения в своей области, обмениваться мнениями с пользователями данной техники...

Первый заместитель генерального директора ЗАО "ГЕОСВИП", член ЕАГО Н.П.Алелюхин.

...От всей души поздравляю Вас с выходом первого номера журнала. Журнал действительно очень хорош, - отвечает самым высшим критериям и по содержанию и по оформлению, так что мой скепсис в отношении его будущего сегодня неуместен.

Сибирское отделение будет постоянным подписчиком и внимательным читателем Вашего журнала....

Председатель Сибирского отделения ЕАГО Г.В.Ведерников.

Журнал "Недра Поволжья и Прикаспия", вып. 33, январь 2003г.

...Редакция журнала "Недра Поволжья и Прикаспия" искренне поздравляет своих коллег с удачным дебютом и желает журналу "Приборы и системы разведочной геофизики" долгих лет процветания и благополучия, интересных публикаций и достойного материального обеспечения".

Ответственный секретарь редакции "Недра Поволжья и Прикаспия", к.г.-м.н Н.В.Семенов

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



ЗАО "СОЕДИНИТЕЛЬ"

**Разработка и изготовление герметичных ,
коррозионностойких соединителей**



Россия, 456320, г. Миасс Челябинской обл., ул. Ильмен-Тай
Тел.: (351-35) 4-68-22, 4-67-33. Факс: (351-35) 2-72-13
E-mail: vov@ne.miass.chel.su

Результаты применения импульсного сейсмического источника "ЕНИСЕЙ-КЭМ" в Саратовской области

Селезнев В.А., Живодров В.А. (СГЭ НВНИИГГ, г.Саратов),
Смирнов В.П. (ОАО "Енисейгеофизика" г.Енисейск)

В октябре 1999 г. внебюджетная комиссия в составе специалистов ОАО "Хантымансийск-геофизика", "ВНИИ Геофизика", ОАО "Сибнефтегеофизика", ОАО "Енисейск-геофизика" провела приемно-сдаточные испытания электромагнитных источников сейсмических колебаний "ЕНИСЕЙ-КЭМ" и ееда их выдержавшими приемочные испытания на соответствие их техническому заданию и пригодными к эксплуатации.

С декабря 1999 г. по август 2000 г. комплект в количестве 4 источников "ЕНИСЕЙ-КЭМ" использовался Саратовской геофизической экспедицией при проведении полевых геофизических исследований на территории Саратовской части Бузудукской впадины. Оработано более 500 погкм МОГТ с одновременным изучением ВЧР методом МПВ.

Источник "ЕНИСЕЙ-КЭМ" предназначен для возбуждения сейсмических колебаний путем механического воздействия на поверхность грунта.

Источник "ЕНИСЕЙ-КЭМ" смонтирован на шасси автомобиля УРАЛ. Внешний вид представлен на рис. 1. Источником трехфазного напряжения 380 В, 50Гц является генератор ДГС-81.4. Крутящий момент на ротор синхронного генератора передается через втулочно-кольцевую

энергию и передает ее на грунт в виде импульсных ударов и является основным рабочим органом источника. Излучатель состоит из индуктора и якоря, во взаимодействии которых и происходит преобразование электрической энергии в механическую, которая передается через плиту излучателя на грунт. При разряде конденсаторов через катушку индуктора в нем возникают электромагнитные силы, притягивающие индуктор с грузом к якорю, в результате происходит подскок груза вверх. Одновременно реактивные силы через якорь, каркас излучателя воздействуют вниз на грунт. Происходит удар по грунту, вызывающий полезные колебания в грунте. Для плавного опускания груза, исключающего повторный удар, служат гидроамортизаторы.

Основные преимущества новых импульсных источников.

- Расширенный в сторону верхних частот спектр импульса возбуждения.
- Высокая точность отметки момента до 0.015-0.02 мс.
- Строгая повторяемость (подобие) импульса возбуждения в процессе накопления воздействий.
- Высокая производительность, интенсификация технологического процесса съемки МОГТ при обеспечении безопасности труда.

Основные технические данные и характеристики

1	Характер воздействия на грунт	импульсный
2	Сила воздействия на грунт, амплитуда в импульсе, Н, не менее	6×10^5
3	Интервал времени между последующими воздействиями, с, не более	5
4	Потребляемая мощность, кВт, не более	4
5	Вид преобразуемой энергии	электрическая
6	Количество излучающих элементов	2
7	Рабочее напряжение заряда конденсаторных батарей, В, не более	850
8	Напряжение питания электрооборудования, трехфазное с частотой 50 Гц, В	$380 \pm 5\%$
9	Напряжение цепей управления, В	12
10	Максимальная запасаемая энергия конденсаторных батарей, кДж, не менее	11
11	Длительность воздействия, мс	4-1
12	Работоспособность при температуре окружающего воздуха, °С	от 40° до +40°
13	Вид транспортного средства	автомобиль УРАЛ
14	Масса, кг, не более	14000
15	Средний срок службы до капитального ремонта, воздействий, не менее	1×10^5

муфту от редуктора, приводимого во вращение карданным валом, соединенным с фланцем выходного вала коробки дополнительного отбора мощности автомобиля.

Управление работой источника осуществляется по радиоканалу или вручную с пульта управления через посредство устройства управления генератором и устройства заряда и разряда.

Спуск и подъем излучателей - гидравлический.

Накопительные батареи конденсаторов и устройство заряда и разряда расположены в электропомещении.

Устройство управления генератором на задней стенке электропомещения. Пульт управления, дешифратор, радиостанция в кабине водителя.

Электромагнитный излучатель служит для преобразования электрической энергии, накопленной в конденсаторной батарее, в механическую

• Широкий интервал регулирования времени между воздействиями от 1 до 20с и более.

• Незначительное энергопотребление (менее 10% от мощности двигателя автомобиля "УРАЛ").

• Высокая проходимость, маневренность и оперативность перебазировок.

• Высокий ресурс надежности, низкие эксплуатационные расходы.

• Простота обслуживания и эксплуатации (на уровне водителя автомобиля "Урал").

• Экологическая безопасность электромагнитных источников, структура грунтов под излучателями практически не нарушается.

Существующие перспективы принципиальной модернизации электромагнитных источников на основе применения постоянно обновляющейся элементной базы для электрической схемы, оптимизации отношения между активной и реактив-

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ной массы, увеличение емкости конденсаторной батареи, силы взаимодействия между индуктором и якорем электромагнита.

Конструктивные возможности размещения дополнительных излучателей на транспортной базе "Урала".

Следует акцентировать внимание на возможности управления амплитудно-частотной характеристикой импульса воздействия от степени прижима излучателя к грунту, что позволяет управлять спектрами возбуждаемых колебаний расширяя их в сторону высоких частот и приспособлявая к решению геологических задач в конкретных сейсмогеологических условиях различных территорий.



Рис 1. Импульсный невзрывной источник «ЕНИСЕЙ-КЭМ»

Использование источников «ЕНИСЕЙ-КЭМ» в полной мере позволяет выполнять полевые работы с применением технологии двух интерференционных систем излучателей разработанный специалистами Саратовской геофизической экспедиции за счет значительного упрощения волновых процессов по сравнению с вибрационными методами сейсморазведки.

Результаты проведенных исследований на Рахмановско-Камеликской площади Дальнего Саратовского Заводья демонстрирует отработанный 50-ти километровый профиль МОГТ (рис 2).

Для возбуждения сейсмических колебаний использовалась группа из 4-х установок «ЕНИСЕЙ-КЭМ» на распределенной базе с накоплением 12-16-ти импульсных посылок на одно физическое наблюдение и перемещениями установок в процессе отработки одного пункта возбуждения

С целью повышения соотношения сигнал/помеха на этапе регистрации проводилась подавление низкочастотных волн-помех включением фильтрации на записи со стороны низких частот, что в комплексе с используемыми сейсμοприемниками GS-20DX, имеющим нелинейную характеристику в полосе частот до 10 Гц позволили оптимизировать сейсморегирующий канал, обеспечив тем самым на базе 24-разрядного дельта-сигма-преобразователя сейсмостанции "Прогресс-Л" запись слабых сигналов отраженных волн с сохранением истинных амплитуд.

Обработка материалов проводилась по комплексу программ PROMAX.

Геологическая информативность временного разреза составляет по горизонтам перми и карбона около 80%, по горизонтам девона 70%.

В целом для всей площади исследования характерно широкое развитие тектонических нарушений, которые существенно осложняют задачу расшифровки волнового поля на уровне среднедевонских отложений.

На временах прослеживания отражений от девонских горизонтов в местах предполагаемых тектонических нарушений отмечаются зоны сложной интерференционной записи, динамическое ослабление, разрывы корреляции, смещение фаз отражений, а также выклинивание карбонатных и терригенных комплексов девона.

На качество прослеживания горизонтов в карбоне и девоне оказывает влияние резкая расчлененность и высокое залегание первой жесткой границы.

Однако несмотря на сложные сейсмогеологические условия с использованием новых невзрывных источников импульсного типа удалось подготовить пять приподнятых зон для постановки детальных работ сейсморазведкой МОГТ с целью подготовки паспортов под бурение.

Полученные геологические результаты позволили сформировать перспективные направления поисково-разведочных работ на территории юго-западной части Бузулукской впадины в зоне развития литологических, литологостратиграфических ловушек, связанных с верхнедевонским угловым несогласием.

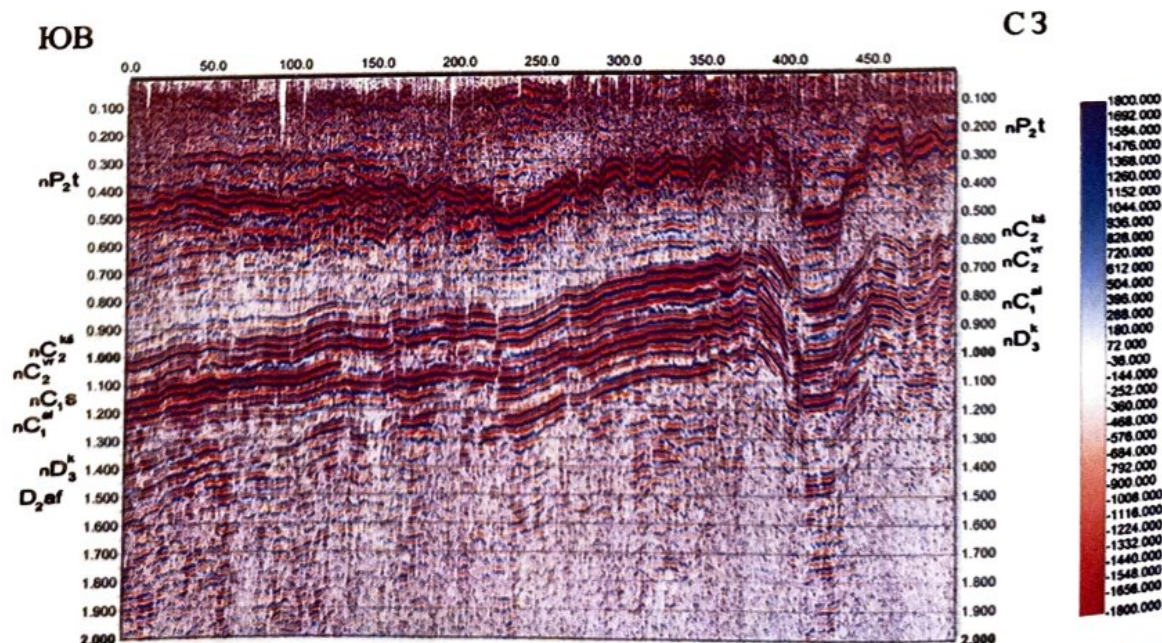


Рис 2. Временной разрез по профилю 01500-48, Σ 48, ОГТ

Техническое обеспечение комбинированных сейсмических исследований ГСЗ-МОВЗ-МОГТ-МПВ для геологоразведочных работ

Марухненко В.П., Солодилов Л.Н., Шаров В.И., Ясюлевич Н.Н., ЦРГГИ «ГЕОН», г. Москва

Выполненные в последние время глубинные сейсмические исследования ставят новые вопросы о возможности генерации углеводородов и непрерывной подпитки нефти в осадочный чехол. Это может принципиально изменить перспективы эксплуатации месторождений, базирующихся на представлении о неополняемых запасах в недрах Земли.

Как известно, начиная с середины XX столетия сейсмические методы (МОВ, КМПВ, МОВ-ОГТ) стали основными методами изучения регионального геологического строения нефтегазоносных территорий, а также поисков и подготовки под разведочное бурение локальных структурных форм, благоприятных для скопления углеводородов. Что касается методов глубинной сейсморазведки (ГСЗ, МОВЗ и др.) которые, начиная примерно с 60-70-х годов также получили широкое применение, то они используются преимущественно для изучения глубинного строения земной коры в связи с решением научных и региональных геологических задач. Прогнозно-минералогическая направленность этих работ до сих пор имела подчиненное значение. Работы по использованию результатов наблюдений глубинной сейсморазведки для регионального прогноза нефтегазоносности недр находятся на первоначальной стадии, оценка их эффективности не высокая.

Для увеличения достоверности прогноза глубинных сейсмических исследований очевидна необходимость разработки комбинированных технологий. Комбинированная трехкомпонентная сейсморазведка (КТС) и тектонофизический анализ данных глубинной геофизики это те элементы новой технологии, разрабатываемой в Центре «Геон».

К числу основных параметров КТС относятся:
- сочетание искусственных и естественных источников возбуждения в едином цикле;
- получение полевых записей для многоволнового анализа и комплексной интерпретации;
- возможность построения скоростных и геодинамических моделей среды при комплексном изучении разноранговых геологических систем.

Путем динамической обработки и комплексного анализа разрезов ГСЗ, МОВЗ и МОГТ исследуются термодинамические и пространственно-временные характеристики складчатой и разломной тектоники как ведущих геодинамических факторов, управляющих веществом-энергетической организацией разноранговых систем геологической среды.

Получение качественных данных полевых исследований при соблюдении требований технологии КТС достаточно сложная задача даже при применении современной регистрирующей аппаратуры.

Фактически аппаратура технологии КТС должна отвечать требованиям, предъявляемым как к сейсмической, так и сейсмологической аппаратуре.

В свете новых требований к глубинным исследованиям земной коры очевидна необходимость разработки новых технических средств сейсморазведки, обеспечивающих прозвучивание сейсмическими волнами различных типов весь разрез, с одновременным изучением глубинных эндогенных процессов в среде.

Отвечающая вышеперечисленным требованиям телеметрическая система регистрации сейсмической информации не имеет аналогов аппаратуры (как зарубежной, так и отечественной), используемой в практике проведения сейсморазведочных

работ. Это подтверждается анализом, проведенным в 2001 г. в Центре «Геон» (по контракту с ФГУ НПП «Геологоразведка»). Были собраны, проанализированы и обобщены материалы, содержащие сведения об отечественных и зарубежных технических средствах и аппаратуре, выпускаемых и применяемых отечественными организациями, такими как «СИ ТЕХНОЛОДЖИ» (г. Геленджик), «НПК «СибГеоСис»» (г. Новосибирск), «АООТ СКБ СП» (г. Саратов), «ЦРГГИ «Геон» совместно с ГП НИИПП» (г. Москва), а также ведущими зарубежными фирмами, такими как «Input/Output», «Geometrics», «BISON Instruments», «GISCO» (США), «Sercel» (Франция), «OYO Corporation», «Japex Geoscience Institute» (Япония), «Scintrex, GSC» (Канада).

Анализ тенденций развития зарубежных систем показывает, что в своих разработках такие ведущие фирмы как Sercel (Франция), Input/Output (США) делают акцент в основном на надежность и на функции приема, преобразования и передачи данных и аппаратной диагностики. В последних моделях радио-телеметрических систем сбора данных, таких как I/O System 2000 (Input/Output, США) и 408UL (Sercel, Франция), основные функции регистрации данных и тестирования выполняются в выносных модулях.

Таким образом, эволюция систем сбора привела к тому, что выносной модуль играет роль линейной станции со всеми присущими ей функциями, а на центральный блок возлагаются только функции обмена данными управления и результатами диагностики выносного модуля через интерфейс оператора системы.

Исходя из проведенного анализа, предлагается разработать новую систему сбора данных, которая должна состоять из **универсальных модулей-регистраторов (УМР)**, выполняющих функции регистрации, хранения, предварительной обработки данных и самотестирования. Такие автономные регистраторы, объединенные в одну информационную сеть, способны решать широкий круг задач (площадные наблюдения с многокомпонентной регистрацией), обнаружение и регистрация обменных волн при землетрясениях.

Разрабатываемая система способна работать как сейсмограф, так и сейсмометр, т.е. с ее помощью можно производить сейсморазведочные и сейсмологические работы.

Такая универсальность (что является основным отличием от существующих сейсморегистрирующих систем) позволяет:

- производить одномоментную регистрацию при глубинном зондировании земной коры, что увеличивает достоверность данных;
- переключение режимов (сейсмограф/сейсмометр) осуществляется дистанционно на программном уровне, что резко повышает производительность полевых работ;
- обратная связь оператор-автономный регистратор позволяет исключить потерю данных регистрации, а также экономить оперативную память за счёт исключения ложной информации при регистрации обменных волн.

Структура и параметры аппаратного блока технологии КТС определяются интервалами комплексной регистрации волнового поля от искусственных источников возбуждения.

Базовой единицей аппаратного блока технологии КТС выбирается универсальный модуль-регистратор, расположенный в узловых точках системы наблюдений в соответствии с заданным шагом расстановки при отработке опорного модуля по системам ГСЗ, МПВ+МОВ и ОГТ. При системе ГСЗ по всей длине профиля устанавливаются трехкомпо-

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

центные регистраторы с возможностью одновременной регистрации сейсмических данных. При отработке части профиля по системе МПВ+МОВ плотность наблюдения увеличивается на порядок, что приводит к увеличению числа трехкомпонентных регистраторов на этой части профиля. Далее, при отработке части профиля по системе многократных перекрестий (МОПТ) плотность наблюдения может быть увеличена не за счет добавления новых регистраторов, а за счет увеличения числа каналов основного регистрирующего модуля.

Для устранения избыточности числа каналов регистратора при других системах наблюдений и, как следствие, ограничения объема регистрируемой информации до уровня только полезной информации достаточно управлять числом активных каналов регистратора в зависимости от системы наблюдений. Роль арбитра в аппаратном блоке технологии КТС отводится центральному управляющему блоку, причем регистраторы связаны между собой и с центральным управляющим блоком единым информационным каналом связи. Принцип построения информационного канала связи предусматривает как проводной, так и беспроводной способы передачи данных по линиям «центральный блок-регистратор» и «регистратор-регистратор». Такой подход позволит оперативно управлять структурой профиля при различных системах его отработки, синхронизировать начало приема данных и осуществлять периодический контроль состояния регистраторов на профиле.

В свою очередь регистраторы должны иметь встроенные аппаратно-программные средства диагностики для оперативного контроля, как своих собственных параметров, так и параметров датчиков (сейсмоприемников) и состояния аккумуляторов. Кроме того, необходимо наличие «интеллектуального» аппаратно-программного обеспечения для регистрации сейсмических данных от естественных источников возбуждения (МОВЗ).

Разработанный Центром «Геон» совместно с НИИ Приборостроения им. В.В.Тихомирова автономный регистратор «Дельта-Геон» в основном удовлетворяет требованиям, предъявляемым к базовой единице аппаратного блока технологии КТС:

- наличие достаточного объема энергонезависимой памяти;
- возможность привязки к сигналу точного времени и наличие прецизионного (до 10⁻⁶) таймера;
- возможность обнаружения на аппаратно-программном уровне сигналов от естественных источников возбуждения (регистрация МОВЗ);
- высокоразрешающий 24-х битный канал регистрации, выполненный на основе дельта-сигма технологии;
- широкий рабочий диапазон температур (от минус 45 °С до плюс 60 °С).

Для эффективного использования автономного регистратора «Дельта-Геон» в составе аппаратного блока технологии КТС необходимо доработать его по следующим позициям:

1. Увеличить число регистрирующих каналов с 4-х до 12.
2. Встроить модемы для универсального информационного канала связи.
3. Расширить аппаратно-программные средства диагностики для самотестирования как собственно регистратора, так и подключенных к его входам сейсмоприемников.

Для объединения автономных регистраторов в единую информационную сеть потребуется разработка центрального управляющего блока на базе современных вычислительных средств с многофункциональным специализированным программным обеспечением, координирующим взаимодействие «оператор - система наблюдений», «источник возбуждения регистраторы», «оператор - регистраторы».

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

СПИСОК ВЫСТАВОК ВВЦ

ФЕВРАЛЬ 18-21	НЕФТЕХИМ-2003 2-я международная специализированная выставка "Современное оборудование и новейшие технологии в нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности; охрана окружающей среды, экологический мониторинг; системы безопасности и противопожарная техника"
АПРЕЛЬ 2-4	РОССИЙСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ. НЕФТЕГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСУ 5-я специализированная выставка "Продукция машиностроительных предприятий для нефтегазовой отрасли"
СЕНТЯБРЬ 2-4	РОССИЙСКАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ. НЕФТЕГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСУ 5-я специализированная выставка "Продукция предприятий металлургической отрасли для нефтегазовой промышленности"
ОКТАБРЬ 14-16	РОССИЙСКАЯ АВТОМАТИКА. НЕФТЕГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСУ 5-я специализированная выставка "Средства автоматизации, диагностики, измерений для нефтегазовой отрасли"
НОЯБРЬ 10-13	ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РОССИИ 1-я специализированная выставка "Электроэнергетика, атомная энергетика, малая энергетика; низкокалорийные источники энергии; газовая и газонефтеперерабатывающая промышленность; энергосвязь; экология ТЭК; инновации и инвестиции в энергетике"
ДЕКАБРЬ 2-5	НЕФТЕГАЗ-НОВОЕ СТОЛЕТИЕ 2-я специализированная выставка "Оборудование и технологии нефтяной и газовой промышленности; эксплуатация нефтяных и газовых месторождений; охрана окружающей среды; системы безопасности и противопожарная техника"
ДЕКАБРЬ 16-19	ВСЕРОССИЙСКАЯ МАРКА (III ТЫСЯЧЕЛЕНИЕ). ЗНАК КАЧЕСТВА XXI ВЕКА 10-я международная выставка "Продукция Российских производителей; товары и услуги стран СНГ и зарубежных фирм"

Интеллектуальная собственность в геофизическом приборостроении

Зайченко В.Ю., ВНИИгеосистем, г. Москва

Приборостроение — это отрасль машиностроения, производящая средства измерения, анализа, обработки и представления информации, устройства регулирующие автоматизированные и автоматические системы управления, является важнейшей составляющей общественно-производственных отношений. Это область науки и техники, использующая прогрессивные технологии для удовлетворения потребностей общества в технической продукции различного назначения [27].

Геофизическое приборостроение является частью общего приборостроения, отличающейся своей спецификой, которая определяется особенностями геофизической науки, осуществляющей изучение внутреннего строения Земли, физические свойства и процессы, происходящие в ее оболочках. Она основана на исследовании природы, структуры, пространственной неоднородности, временной изменчивости геофизических полей, выраженных измеренными параметрами, характеризующими эти факторы [2].

Специфика геофизического приборостроения заключается и в том, что создаваемые измерительные приборы должны обеспечивать измерения разнородных, многочисленных параметров физических полей с высокой точностью на различных уровнях: в космосе, воздухе, на поверхности земли, в скважинах и в горных выработках различного назначения. Только геофизических полей, подлежащих изучению на этих уровнях насчитывается свыше 10, а измеряемых параметров в совокупности свыше ста. Такого разнообразия изучаемых явлений и измеряемых параметров, необходимых для изучения этих процессов, не имеет ни одна из наук о Земле.

Таким образом, можно сказать, что геофизическое приборостроение является сочетанием достижений естественных и технических наук с промышленным производством, тесно связанных с рынком сбыта производимой продукции. Производимая продукция является научно-технической продукцией высокого уровня, так как является результатом интеллектуальной деятельности специалистов многих профессий. В связи с этим весьма актуальным в условиях рыночной экономики является вопрос кому на правах собственности принадлежат результаты интеллектуальной деятельности в сфере геофизического приборостроения? Чтобы ответить на этот весьма непростой вопрос необходимо углубиться в проблему вопроса собственности вообще и интеллектуальной собственности в частности, исходя из действующего в Российской Федерации законодательства.

В условиях рыночной экономики собственность и право на нее приобретают определенное значение в общественно-экономических

отношениях субъектов на рынке товаров, работ и услуг. Только собственник имеет исключительное право распоряжаться принадлежащей ему собственностью по своему усмотрению, т.е. продавать, дарить, завещать, этим, соблюдение юридически корректных правовых отношений взаимодействующих субъектов при осуществлении указанных сделок является обязательным атрибутом правового государства. Наряду с движимой и недвижимой собственностью интеллектуальная собственность впервые в России была провозглашена в Конституции Российской Федерации и было объявлено, что она охраняется законом (статья 44, пункт 1) [20]. Таким образом, интеллектуальная собственность стала объектом гражданских прав в нашем обществе со всеми вытекающими из этого факта последствиями. Интеллектуальная собственность (ИС) представляет собой особый вид собственности, определение которой дано в статье 138 Гражданского кодекса Российской Федерации в следующей редакции: "Исключительное право (интеллектуальная собственность) гражданина или юридического лица на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации юридического лица, индивидуализации продукции, выполняемых работ или услуг (фирменное наименование, товарный знак, знак обслуживания и т.п.)" [1]. Как видно, собственностью является не материальный объект, а право на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации, которые также образуются в результате интеллектуальной деятельности. Поскольку в переводе с латинского "intellectus" интеллектуальный, означает познание, понимание, рассудок, т.е. способ мышления, рационального познания, то результаты интеллектуальной деятельности можно представить как результаты творческого труда, при котором используется рассудок как способность мышления и рационального познания [27]. В русском языке аналогом словосочетания "интеллектуальная деятельность" является словосочетание "творческая деятельность", подразумевающее сознание чего-то нового, отличающегося неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью [27], [30]. Творчество присуще только человеку, так как всегда предполагает творца субъекта творческой деятельности. Как утверждают философы и натуралисты, в природе происходит процесс развития, а не творчества [27], [30]. Таким образом, творчество присуще только творческой личности и никому другому.

Результаты интеллектуальной деятельности выражаются в виде идей оригинальных решений, открытий и т.д., которые фиксируются на материальных носителях (бумаге, магнитном диске и т.д.), или воплощаются в макетах, в опытных образцах какой-либо продукции и т.п., поэтому интеллектуальной собственностью является не право на эти материальные носители, а право

ЭКОНОМИКА ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

на содержащиеся в них реализованные и еще нераскрытые идеи, технические или технологические решения, описания промышленных, производственных или других событий и т.д. этим интеллектуальная собственность принципиально отличается от движимой и недвижимой собственности. Она рассматривается как социальный феномен и одним из ключевых понятий мирового сообщества XX века.

Результаты интеллектуальной деятельности широко используются во всех сферах науки, техники, производства, литературы и искусства в связи с чем определение объектов интеллектуальной собственности и их правовая охрана при использовании давно стали предметом рассмотрения мирового сообщества. 14 июля 1967 года в г. Стокгольме была принята конвенция об учреждении Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) при ООН, которая принимает на своих международных сессиях ключевые решения в области интеллектуальной собственности.

Россия, наряду с 147 государствами, стала равноправным членом этой организации и свои национальные законодательные и подзаконные акты соотносит с принятыми решениями ВОИС. По состоянию на 01.01.2002 г. уже приняты целый ряд законодательных актов Российской Федерации, регламентирующие правовые отношения при определении и использовании отдельных объектов интеллектуальной собственности [8-15, 23 и др.].

Конвенция ВОИС 1967 года предусматривает, что объектами интеллектуальной собственности (ОИС) являются: литературные художественные произведения и научные труды; исполнительская деятельность артистов, фонограммы и радиопередачи; изобретения во всех областях человеческой деятельности; научные открытия; промышленные образцы; товарные знаки, знаки обслуживания и коммерческие наименования и обозначения; пресечение недобросовестной конкуренции. Обычно интеллектуальная собственность подразделяется на объекты промышленной собственности и на объекты, охраняемые авторским правом [17].

Из перечисленных выше объектов к промышленной собственности относятся прежде всего изобретения и новые решения технических задач, которые реализованы в полезных моделях, опытных промышленных образцах, а также в экспериментальных установках. Кроме того, к промышленной собственности относятся: товарные знаки, знаки обслуживания, коммерческие наименования и обозначения, в том числе и указания на источник происхождения и наименования места происхождения товара, а также защита от недобросовестной конкуренции. Здесь продукты умственной деятельности хотя и присутствуют, но они менее заметны, однако при этом учитывается, что такие объекты промышленной собственности обычно представляют собой знаки, передающие информацию потребителям о предлагаемых на рынке продуктах и услугах, и что защита направлена против неправомерного использования этих знаков, которое может вводить в заблуждение потребителей [17].

Безусловно, словосочетание "промышленная собственность" является недостаточно точным, поскольку речь идет не только об изобретениях и технических решениях, представляющих интерес для промышленности, но и о товарных знаках, коммерческих наименованиях и т.д., которые представляют интерес не только для промышленности, но и для других отраслей, главным образом, для торговли. Вместе с тем, выражение "промышленная собственность" приобрело, особенно в европейских языках, значение, которое охватывает не только изобретения, но и другие упомянутые выше объекты, и широко используется не только в научных статьях, но и в официальных документах.

Основными признаками отнесения результатов труда к объектам интеллектуальной деятельности являются: создание их в процессе творческого труда, общественно-экономическая значимость, отделимость от других объектов, создаваемых в процессе труда; принадлежность к объектам промышленной собственности или авторского права, возможность использования более одного года.

Главным критерием наличия объектов интеллектуальной собственности среди результатов творческой деятельности является документальное подтверждение исключительных прав физических или юридических лиц на эти объекты.

В геофизическом приборостроении культивируются различные виды деятельности. Это, прежде всего, - научная деятельность, которая направлена на получение и применение новых знаний, в том числе фундаментальные исследования, экспериментальная и теоретическая деятельность, прикладные исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач; научно-техническая деятельность, которая направлена на получение и применение новых знаний для решения инженерных, технологических, экономических, социальных, гуманитарных и других проблем, обеспечивающих функционирование науки, техники и производства как единой системы, и, наконец, - производственная деятельность, которая в экономической науке получила определение как "деятельность в процессе создания материальных благ на основе использования накопленных знаний" [30]. К ней относится и промышленное производство продукции различного назначения.

Производственная деятельность в общей системе "наука-техника-производство" является весьма наукоемкой, что требует использования всей гаммы накопленных в области науки и техники научных знаний, а следовательно, и творческого их применения для достижения поставленных целей. Вот почему многие результаты производственного труда в этой области обладают признаками объектов интеллектуальной деятельности, перечисленных выше. Это, прежде всего, признаки, определяющие форму и виды интеллектуальной деятельности, правовые признаки авторское и патентное право, право ноу-хау и т.д. И более того, на многие из этих объектов имеют исключительные права конкретные юридические или физические лица, что позволяет считать их интеллектуальной собственностью со всеми вытекающими из этого обстоятельства правовыми, экономическими и другими последствиями.

Более полное описание юридического оформления интеллектуальной собственности приведено в работе [4].

Классификация результатов интеллектуальной деятельности в области геофизического приборостроения.

Используя вышеприведенные общие положения можно произвести группирование результатов интеллектуальной деятельности по ее видам, формам представления и обособленным объектам, а также определить перечень документов, подтверждающих возможность наличия интеллектуальной собственности среди них. Для геофизического приборостроения сводные данные приведены в таблице 1.

Приведенная классификация объектов интеллектуальной деятельности (ОИД) имеет

ЭКОНОМИКА ПРИБОРОСТРОЕНИЯ.

Таблица 1

Классификация результатов интеллектуальной деятельности в области геофизического приборостроения

№ п/п	Виды деятельности	Результаты интеллектуальной деятельности	Формы представления результатов	Объекты интеллектуальной деятельности (ОИД)	Документы, подтверждающие исключительные права на объекты интеллектуальной деятельности	Акты правовой охраны объектов интеллектуальной собственности
1	Научная	Новые знания	Открытие, изобретения, концепции, прогнозы, классификация и т.д.	Научные отчеты, публикации, обзоры, схемы, планы и т.д. на материальных носителях	Нормы и положения действующих законов РФ; дипломы или свидетельства об открытиях, патенты, свидетельства о регистрации, договора о правопреемственности и т.д.	Конституция Российской Федерации, Гражданский кодекс и законы Российской Федерации
2	Научно-техническая	Решение технических задач на основе новых знаний	Изобретения, алгоритмы и программы; методики и технологии, рецептуры; технические требования (ТТ); ТЗ; конструкторские и технологические решения; справочники, инструкции и руководства; ГОСТы и ОСТы; полезные модели, опытные промышленные образцы техники, испытательные стенды, метрологические установки, топологии интегральных микросхем, эталонные образцы, товарные знаки и знаки индивидуализации и т.д.	а) Документированная информация на материальных носителях, содержащая сведения (данные) о результатах интеллектуальной деятельности (отчеты, конструкторская или технологическая документация; ТТ; ТЗ; алгоритмы и программы; инструкции по эксплуатации и т.д. б) Объемно-пространственная продукция (полезные модели, опытные промышленные образцы, эталоны экспериментальной установки, товарные знаки и т.д.)	Нормы и положения действующих законов РФ; патенты и свидетельства о регистрации, договора о правопреемственности, акты о включении объектов в уставной капитал предприятия с указанием лиц, обладающих исключительными правами и т.д.	Конституция Российской Федерации, Гражданский кодекс и законы Российской Федерации
3	Производственная (промышленное производство)	Решение организационных, технических и технологических задач на основе накопленных знаний	Технологические карты, инструкции, руководства, ОСТы, СТП, рационализаторские предложения, регламенты, новая основа технологических процессов и т.д.	а) Документированная информация на материальных носителях, содержащая результаты интеллектуальной деятельности б) Объемно-пространственная продукция: новая основа, шаблоны, калибры и т.д.	Нормы и положения действующих законов РФ; договора о передаче исключительных прав, авторские договоры, документы предприятия о коммерческой тайне; свидетельства о регистрации рационализаторских предложениях; патенты и т.д.	Конституция Российской Федерации, Гражданский кодекс и законы Российской Федерации
4	Деятельность в области дизайна и рекламы	Художественно-оформительские, аудиовизуальные, рекламные и другие произведения	Эскизы, дизайн, оформительские образцы, техники, рекламные ролики, плакаты и др. произведения	а) Документированная информация на материальных носителях (описание дизайна, реклама и др. документы) б) Объемно-пространственные композиции (рекламные ролики, фото-видеозаписи и т.д.)	Дипломы и свидетельства с указанием авторов и их прав, авторские договоры, договора о правопреемственности и др.	Конституция Российской Федерации, Гражданский кодекс и законы Российской Федерации

большое значение, поскольку в рыночных условиях они могут выступать в качестве товара наряду с другими результатами деятельности, в связи с чем создатели этих объектов и их собственники должны знать свои права и возможности при предоставлении их на рынок и определении экономической выгоды.

Остановимся на наиболее характерных для основных этапов геофизического приборостроения объектах интеллектуальной собственности, которые могут иметь юридические основания для отнесения их именно к этой категории собственности.

Опытно-конструкторские работы.

Создание новых видов геофизической аппаратуры и оборудования требует скрупулезного анализа уже имеющихся их типов, хорошо зарекомендовавших себя при выполнении научно-исследовательских или производственных работ в зарубежной и отечественной практике. Поэтому составление обзора однотипной техники с указанием основных ее показателей безусловно является творческой работой, а оформленные полученные результаты в виде отчета, записки или доклада при наличии указанных авторов и года создания могут являться объектом авторского права, а следовательно интеллектуальной собственностью юридического или физического лица. Подобные документы являются основанием для разработки технических требований (ТТ) на новые виды техники с учетом уже достигнутого уровня, требований заказчика и прогрессивных достижений в области приборостроения, машиностроения и в других сферах науки и техники. Оформленные ТТ в виде информационного документа с указанием имен разработчиков и года создания также могут являться объектами авторского права и интеллектуальной собственностью.

Следующим этапом на пути создания новых видов и типов геофизической аппаратуры и оборудования является разработка технического задания (ТЗ), которое содержит не только технические параметры будущего изделия, но и технологические, экономические, экологические и другие требования, которым должно соответствовать новое изделие. От полноты и качества ТЗ во многом зависит уровень новой аппаратуры и оборудования, а следовательно и спрос на них на рынке. При оформлении ТЗ в виде авторского документа, оно будет являться объектом авторских прав и следовательно интеллектуальной собственностью (ИС) определенных лиц.

Техническое задание является основанием для выполнения опытно-конструкторских работ, целью которых является достижение заложенных параметров и удовлетворение других требований к новому изделию, а также проведение испытаний полезных моделей и опытных образцов созданной техники подтверждающих достигнутые результаты. В процессе конструирования могут быть получены нетрадиционные решения технических и других задач, которые могут быть квалифицированы как изобретения, ноу-хау и даже открытия. При их соответствием оформлению они могут являться объектами авторских прав и следовательно объектами ИС. Конечными результатами опытно-конструкторских работ являются: конструкторская документация на новое изделие, полезные модели и опытные образцы. Если конструкторская документация является информационной продукцией, которая при соответствующем оформлении будет объектом авторских прав, а при взятии на баланс предприятия в виде нематериальных активов, и интеллектуальной

собственностью, то полезные модели и опытные образцы, выраженные в объемно-пространственном материализованном виде, являются промышленной собственностью, характеризуются, которой нами была дана выше. Следует еще раз подчеркнуть, что промышленной собственностью является не материальное выражение полезных моделей и опытных образцов (так называемое "железо"), а заложенные и реализованные в них изображения, ноу-хау, рационализаторские предложения и другие новшества, которые представляют особый интерес для потребителя и обеспечивают большую привлекательность нового товара на рынке, т.е. в материальных носителях воплощены результаты творческого труда (интеллектуальной деятельности), а не физический труд, необходимый для их изготовления.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев промышленная собственность юридически не оформляется и не берется на баланс в качестве нематериальных активов предприятий, создающих новую технику, хотя даже опытные промышленные образцы имеют спрос у потребителей и могут быть реализованы по договорной стоимости, хотя и не обеспечиваются при таких сделках правовой защитой.

Нередко по завершению ОКРа новому изделию присваивается определенный шифр, например: "Прогресс-3", КУРА-2 и т.д., которые впоследствии при серийном производстве входят в состав торговой марки. При регистрации таких знаков в Патентном бюро России, они приобретают статус интеллектуальной собственности юридического или физического лица, осуществившего их регистрацию на свое имя.

В процессе опытно-конструкторских работ могут создаваться целый ряд технических и технологических и других документов: ГОСТы, ОСТы, инструкции по эксплуатации новых изделий, в том числе и по метрологическому обеспечению. Если эти документы, которые несомненно являются результатом интеллектуальной деятельности, оформлены в соответствии с требованиями, предъявляемыми как к объектам авторского права; произведена их стоимостная оценка и они взяты на баланс предприятий, то они будут являться интеллектуальной собственностью создателей.

В заключение можно сказать, что все то, что в период опытно-конструкторских работ создано в результате творческого труда и имеет юридические основания для установления исключительных прав разработчиков физических или юридических лиц, является их интеллектуальной собственностью.

Промышленное производство.

В процессе промышленного производства используется конструкторская документация для получения материальной продукции, подлежащей потреблению, т.е. производство товара для рынка. Предприятия, производящие продукцию, заинтересованы прежде всего в технической, эстетической и экономической привлекательности товара, поэтому могут осуществлять дополнительные творческие усилия, направленные на достижение хороших конкурентных показателей производимого товара. Это прежде всего обеспечение высокой технологичности производственного процесса, которой в полученной конструкторской документации на изделие может и не быть. Кроме того, промышленное предприятие должно проявлять изобретательность в дизайне продукции, рекламе сервисного ее обслуживания, наличии торговой марки, оповещении о месте происхождения товара и т.д. всего того, что в определении интеллектуальной собственности (статья 138 ГК РФ) получило название индивидуализации продукции, а правовую охрану в Законе Российской Федерации

от 23 сентября 1993 г. № 1520-1 "О товарных знаках, обслуживающих промышленный и сельскохозяйственный секторы". При выполнении работ могут использоваться ноу-хау и данные изобретения, которые при юридическом оформлении будут не только интеллектуальной собственностью предприятия или физического лица (лиц).

В процессе создания промышленного предприятия могут копировать секреты производства и технические знания, технические, административный, финансовый, коммерческий и иной опыт, накопленный в деятельности предприятия, но которые еще не стали всеобщим достоянием и являются служебными или коммерческой тайной. Различают три вида ноу-хау: а) неотделимое от конкретного индивидуума (физического лица), в том числе индивидуальные навыки и умения; б) неотделимое от конкретного предприятия (юридического лица), в том числе технологии, основанные на традициях и предположениях, основанные на высокой культуре производства и необычайно высокой культуре производства и навыков - в) отделимое в общем случае предприятия или индивидуума, в том числе сознательно скрываемые технические сведения, чертежи, рисунки и др. данные, сохраняемые в секрете патентоспособные результаты.

Объектами интеллектуальной собственности могут быть ноу-хау только третьего вида, которые можно объективизировать и считать продуктами возможного потребления. Ноу-хау могут быть выражены в форме информации или объемно-пространственным виде модели, образцы продукции и т.д. в которых использованы секреты производства. Если ноу-хау включены в патентную документацию, то они находятся под охраной Патентного закона Российской Федерации 23. Ноу-хау, содержащиеся в информационных документах предприятия или физического лица, должны охраняться в режиме конфиденциальной информации. В этом случае они будут находиться под защитой гражданского кодекса РФ (статья 139) и Закона РФ "Об информации, информатизации и защите информации (статья 21)" [8]. Бытует мнение, что товарные знаки и другая атрибутика производимой продукции прямой прибыли не дают, поэтому на их разработку не следует затрачивать материальные и трудовые ресурсы. Но это не так.

В условиях рыночной экономики средства индивидуализации товара имеют особо важное значение о чем свидетельствует мировая практика. По данным Британского института защиты торговых знаков, за период с 1980 по 2000 год в Великобритании и США отношение балансовой стоимости компаний к их рыночной стоимости уменьшилась в пять раз. Например, в Англии сейчас только 30 % рыночной стоимости компании отражаются в балансе, все остальное приходится на нематериальные активы: ноу-хау, патенты, авторские права, деловая репутация, торговые марки и т.д. Так, в British Petroleum соотношение материальных и нематериальных активов оценивается как 29:71; в Coca-Cola - 4:96. О значительной цене нематериальных активов свидетельствуют и сделки по покупке компаний, владеющих известными брендами. Например, в 1988 году Nestle приобрело Rowntre за 5 млн. фунтов стерлингов, тогда как материальные активы ее оценивались всего в один миллион. Можно привести примеры сделок, когда компании платили только за бренды. Так, компания Grand Net за 1,2 млрд. долларов приобрела у компании Heublein право на использование бренда "Smirnoff" на территории США;

Итальянский концерн Azimut купил бренд "Moby Guzzi" за 68 млн. долларов и т.д. Как видим, интеллектуальная собственность, материальный и нематериальный активы имеют чрезвычайно высокую стоимость и являются объектом торговли на рынке.

Поэтому при проектировании геофизической инфраструктуры и оборудовании станций важно заложить в структуру практически всех приборов или приборов способность к взаимодействию и интеграции со всеми базовым оборудованием.

Товарный знак и знак обслуживания

По статье 1541, пункт 1 статьи 1271 (статья 1271) знак и знак обслуживания (далее - товарный знак) это обозначение, позволяющее различать соответствующий товар или услугу одних юридических или или физических лиц от однородных товаров или услуг других юридических или физических лиц. Товарный знак может стать объектом интеллектуальной собственности только при его регистрации в Патентном ведомстве Российской Федерации в соответствии с Законом РФ [12]. Товарный знак (далее) выражается в виде любого товарного знака, на который указывается страна, где сделан товар, фирма, изготовитель, ее товарный марк или фирменный знак и т.д. [22]. Например, инжиниринг ИТ-200, Украина, и т.д. "Геофизприбор", г. Киев.

Есть два понятия в торговом мире, которые еще путают: это товарный знак и бренд. Понятия между которыми различия, различия различия. Если товарный знак это набор символов, как было показано в примере выше, то бренд это набор символов и ассоциаций. Он выражается в названии, в дизайне, в упаковке и еще в наборе ряда атрибутов, которые формируют определенные ассоциации у потребителей того или иного товара [22].

Греша это различиями современного маркетинга. Например, какими атрибуты Mercedes? Это мощные двигатели, отличная сборка, надежность, продолжительность жизни и цена. Именно эти атрибуты бренда нашли отклик в разуме и душе потребителей, т.е. в сознании человека. Например, "продолжительность жизни" может быть выражено в функциональное преимущество "приобретение автомобиля на длительный срок", "отличная сборка" в эмоциональное "ощущение безопасности", а "цена" в экспрессивное чувство "важности и престижности" и т.д. Таким образом, бренд для Mercedes - это качество и престиж. Безусловно бренд формируется годами, но современные средства рекламы позволяют ускорить этот процесс, что в конечном итоге отражается на объемах сбыта (потребления) товара. В отечественном геофизическом приборостроении современный атрибутика, к сожалению, не уделяется должного внимания.

Наименование мест происхождения товара.

Наименование мест происхождения товара это название страны, населенного пункта, местности или другого географического объекта, используемого для обозначения товара, особые свойства которого исключительно или главным образом определяются характерными для данного географического объекта природными или людскими факторами. Например: магнитометр М-27, "Геологоразведка", г. Санкт-Петербург; сейсмостанция Прогресс-3, "Нефтеприбор", г. Москва и т.д. Правовая охрана наименования места происхождения товара как интеллектуальной собственности наступает только при его регистрации в Патентном ведомстве Российской Федерации в соответствии с Законом РФ 12. Прекращение действия правовой охраны может наступить в связи с исчезновением характерных для данного



географического объекта признаков и условий, что повлечет за собою невозможность производства товаров с указанными в Реестре свойствами (статья 42, пункт 2, Закона [12]).

Недобросовестная конкуренция.

Одним из элементов промышленной собственности является право на пресечение недобросовестной конкуренции, т.е. таких актов конкуренции, которые противоречат честной промышленной или торговой практике. Спектр деятельности, которую можно назвать нечестной конкуренцией, достаточно широк.

Пражская конвенция (1967 г.) определяет как недобросовестную конкуренцию следующие три ее вида: 1) все действия, ведущие к тому, что потребитель может принять предприятие, товары, промышленную или коммерческую деятельность данной фирмы за предприятие, товары, промышленную или коммерческую деятельность конкурента; 2) ложные заявления в ходе коммерческой деятельности, дискредитирующие предприятие, товары, промышленную или коммерческую деятельность конкурента; 3) использование в ходе коммерческой деятельности указаний или обозначений, которые вводят в заблуждение относительно природы, способа изготовления, характеристик, пригодности для определения целей или количества товаров.

Существует еще 12 видов деятельности, которые определяются как недобросовестная конкуренция. Они приведены в комментариях к Типовому закону по товарным знакам, фирменным наименованиям и актам недобросовестной конкуренции, разработанному ВОИС для входящих в нее стран. В России специального закон о недобросовестной конкуренции пока нет, однако это не значит, что неправомерные действия конкурентов по отношению к правообладателям интеллектуальной собственности не могут быть пресечены. Все вышеперечисленные законы Российской Федерации, касающиеся объектов авторских прав и промышленной собственности, содержат положения о порядке защиты прав правообладателей, которые могут быть использованы при установлении фактов недобросовестной конкуренции в суде.

В области геофизического приборостроения еще недостаточно развита практика правовой борьбы с недобросовестной конкуренцией, однако дальнейшее развитие рыночных отношений потребует юридических знаний в этой сфере.

Правовые аспекты.

Институт интеллектуальной собственности в России является совершенно новым явлением, который выступает в условиях рыночной экономики как равноправный вид собственности со своими особыми правилами (нормами) использования, определяемыми законодательным путем. По состоянию на 2001 год в Российской Федерации уже приняты и действуют свыше 10 законодательных актов, регулирующих правовые взаимоотношения при создании и использовании результатов интеллектуальной деятельности [8-15, 23 и др.], в них дан ответ на главный вопрос кому принадлежат исключительные права (право собственности) на объекты интеллектуальной деятельности, которые определяют возможность безраздельного владения, использования и распоряжения ими.

Перечисленные в таблице 1 объекты: конструкторская документация, ТТ, ТЗ, отчеты, программы для ЭВМ, базы данных и т.д. относятся к объектам авторского права, а полезные модели, опытные промышленные образцы, средства индивидуализации, ноу-хау и др. относятся к объектам промышленной собственности. Право собственности на объекты первой группы определены в Законе РФ "Об информации,

информатике и защите информации", в Законе РФ "Об авторском праве и смежных правах", а также в Законе РФ "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных" [8,13-15], а второй группы в Патентном Законе РФ и Законе РФ "О товарных знаках, об обслуживании и наименованиях мест происхождения товаров" [23, 12].

Согласно Закону РФ "Об информации, информатике и защите информации", информация на правах собственности принадлежит субъекту, за счет средств которого она получена. Однако, авторское право не связано с правом собственности на материальный объект, в котором выражен информационный вклад автора, поэтому при реализации своих прав собственник должен учитывать и законные права авторов [13].

Необходимо отметить, что определение термина "произведение" приведено в Законе РФ [13].

К произведениям относятся результаты творческого труда в области науки, техники, литературы и искусства обладающие признаками, установленными авторским правом, а именно: наличие авторства, новизна, оригинальность, общественно-историческая значимость. По содержанию они могут быть оригинальными, производными или сводными произведениями. Технические требования, ТЗ, конструкторская документация в подавляющем большинстве случаев относятся к производным произведениям, так как являются продуктом творческой переработки многочисленных сведений, выполненных автором (авторами).

По правовому режиму произведения и их виды могут быть: служебными, созданными в порядке служебных обязанностей по заданию работодателя, личными, созданными по личной инициативе автора и коллективными, созданными по инициативе группы разработчиков (авторов).

Авторские права детально прописаны в Законе РФ "Об авторском праве и смежных правах", [13], отдельные из которых следующие: "Авторское право на произведение, созданные в порядке выполнения служебных обязанностей или служебного задания работодателя (служебного произведения) принадлежит автору служебного произведения" (пункт 1 статьи [14]), а "исключительные права на использование служебного произведения принадлежат лицу, с которым автор состоит в трудовых отношениях (работодателю), если в договоре между ним и автором не предусмотрено иное. Размер вознаграждения за каждый вид использования служебного произведения и порядок его выплаты устанавливается договором между автором и работодателем" [9] пункт 2 статьи [14]; "Работодатель вправе при любом использовании служебного произведения указывать свое наименование либо требовать такого указания" (пункт 3 статьи [14]). Приведенные законодательные нормы четко определяют взаимоотношения между заказчиком и исполнителем опытно-конструкторских услуг при использовании результатов творческого труда.

Обращает на себя внимание законодательная норма, гласящая, что "Размер вознаграждения за каждый вид использования служебного произведения и порядок его выплаты устанавливается договором между автором и работодателем". Она вступает в действие тогда, когда работодатель использовал служебные произведения (конструкторскую документацию, ТЗ, отчеты и т.д.) для получения дополнительной выгоды. Например, при оформлении инвестиций на выполнение каких-

либо работ работодателем использовал ТЗ или технический отчет или доказательства принадлежности объекта для инвестора и получил средства для их исполнения, в этом случае он обязан заключить с автором договор на использование материалов, а возможно, и привлечение последующих для применения приведенных данных издать вознаграждение за использование. Может быть и другие аналогичные случаи, когда работодатель получает выгоду от использования авторских материалов.

Безусловно, не так просто заставить правообладателей исключительных прав на объекты авторского права выполнять эту статью Закона, однако рано или поздно, но соблюдать законы рынка им все-таки придется. Положительное решение этого вопроса во многом будет зависеть и от позиции авторов, которые могут защищать свои права в служебном порядке.

Авторам произведений принадлежат, прежде всего, личные неимущественные права, такие как право на имя, право авторства, право на обнародование, право на защиту репутации автора и др., которые прописаны в статье 15 Закона [13]. Личные неимущественные права принадлежат ему независимо от его имущественных прав и сохраняются за ним в случае уступки исключительных прав на использование произведения (статья 15, пункт 3). Это означает, что независимо от продажи, дарения, завешания или других правовых действий в отношении авторского произведения личные неимущественные права авторов сохраняются.

Авторы могут иметь и имущественные права на результаты своей творческой деятельности; в этом случае: "Автору в отношении его произведения принадлежат исключительные права использования произведения в любой форме и любым способом" (статья 16, пункт 1, 13). Это может наступить тогда, когда автор создал свое произведение за свой счет, или работодатель передал ему свои исключительные права по договору, оформленному в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Программы для ЭВМ и банки данных также являются объектами авторского права, в связи с чем все вышеизложенное относится к ним, однако имеются некоторые особенности, которые заключаются в следующем. Программы для ЭВМ и базы данных относятся согласно Закону РФ [15] к объектам авторского права. Программам для ЭВМ предоставляется правовая охрана как произведениям литературы, а базам данных как сборникам (статья 2). Авторское право на программы для ЭВМ и базы данных возникает в силу их создания. Для признания и осуществления авторского права не требуется депонирования, регистрации или соблюдения иных формальностей. Правообладатель для оповещения свои прав может, начиная с первого выпуска своей программы для ЭВМ или базы данных, использовать знак охраны авторского права, состоящего из трех элементов: буквы С в окружности или круглых скобках; наименования (имени) правообладателя; года выпуска программы для ЭВМ или базы данных в свет (статья 4).

Правообладателем в Законе РФ [13] понимается автор, его наследник, а также любое физическое или юридическое лицо, которое обладает исключительными имущественными правами, полученными в силу закона или договора (статья 1, пункт 2).

Однако, практика последних лет показывает невозможность в ряде случаев обеспечить охрану авторских прав этих объектов интел-

лектуальной собственности (особенно при не буквальных нарушениях), поэтому для разработчиков представляет интерес и их патентная защита, что вполне возможно. Конечно, наиболее сложным является поиск аналогов, в том числе в патентных источниках. Это обусловлено сложностью определения соответствия программного обеспечения, описанного в заявке чаще всего в виде функциональной схемы устройства или перечня операций, способов, описанных в другом источнике информации в виде алгоритмов. В связи с этим возникает вопрос об установлении степени незаконного использования данного объекта, т.е. нарушение прав по охранному документу. Безусловно, это является трудной задачей, однако при желании экономической целесообразности, патентную защиту автором программы можно использовать.

Обладатель исключительных прав на средства индивидуализации и приравненные к ним средства индивидуализации продукции, работ и услуг определяется документом регистрации в Роспатенте [12].

Согласно Закону РФ [12] "Правовая охрана товарного знака в Российской Федерации предоставляется на основании его регистрации в порядке, установленном настоящим Законом, или в силу международных договоров Российской Федерации" (статья 2). "На зарегистрированный товарный знак выдается свидетельство на товарный знак. Свидетельство удостоверяет приоритет товарного знака, исключительное право владельца на товарный знак, в отношении товаров, указанных в свидетельстве" (статья 3, пункты 1 и 2).

Аналогичная процедура соблюдается и в отношении знаков обслуживания и наименований мест происхождения товара.

Следует подчеркнуть, что правообладателями исключительных прав на средства индивидуализации могут быть как юридические, так и физические лица, что позволяет отличить соответствующие товары и услуги одних юридических или физических лиц от однородных товаров и услуг других юридических или физических лиц (статья 1 Закона РФ [12]).

Объекты ноу-хау относятся к конфиденциальной информации, которая имеет ограничения в пользовании. Ее наличие устанавливается служебными документами предприятия или организации, в которых и указываются авторы и собственник со всеми вытекающими из этого правовыми последствиями.

Нельзя не затронуть правовые вопросы, касающиеся передачи конструкторской документации на предприятия изготовители.

В условиях развитого социализма этот вопрос решался достаточно просто в связи с тем, что вся собственность принадлежала государству. В условиях рыночной экономики, когда собственность принадлежит конкретным физическим или юридическим лицам, за которыми согласно Конституции Российской Федерации закреплены исключительные права [20], передача ее во владение, использование или распоряжение осуществляет только собственник в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации. В связи с этим субъекты, являющиеся собственниками конструкторской документации могут совершать любые сделки с ней, не противоречащие законодательству, а именно продать, передать в использование по лицензии, по договору аренды и т.д., в которых определять перечень условий таких сделок исходя из экономической или иной целесообразности.

В настоящей статье мы затронули правовые аспекты только тех объектов интеллектуальной собственности, которые наиболее широко распространены в сфере геофизических исследований. Более полное представление о правовой

базе Российской Федерации, определяющей правовые взаимоотношения в области интеллектуальной деятельности, можно получить, ознакомившись в брошюрах: "Имущественные и авторские права на научно-техническую продукцию" [16] и "Нематериальные активы интеллектуальной деятельности в сфере геологического изучения недр" [21].

Ответственность за нарушение прав правообладателей интеллектуальной собственности.

Лица, допустившие нарушение прав правообладателей интеллектуальной собственности, согласно законодательству Российской Федерации, несут административную и уголовную ответственность.

В Патентном Законе РФ указано, что: "Присвоение авторства, принуждение к соавторству, незаконное разглашение сведений об объекте промышленной собственности влекут за собой уголовную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации" (статья 132).

В Уголовном кодексе Российской Федерации имеются статьи, предусматривающие наказание виновных за нарушение авторских (статья 146), изобретательских и патентных прав (статья 147).

В Гражданском кодексе Российской Федерации предусмотрено положение о возмещении убытков за разглашение коммерческой тайны, которое было допущено должностными или другими лицами (статья 139, пункт 2).

Административная ответственность наступает, если нарушения по своему характеру не влекут за собой в соответствии с действующим законодательством уголовной ответственности [19].

Таким образом, можно констатировать, что в российском законодательстве предусмотрены достаточно жесткие меры, направленные на пресечение нарушений прав правообладателей интеллектуальной собственности.

Институт интеллектуальной собственности в сфере геофизического приборостроения далеко не изучен и существуют достаточно большие пробелы в законодательстве Российской Федерации по авторскому и патентному правам особенно в части конкретизации объектов, относящихся к объектам права в различных областях интеллектуальной деятельности. Однако имеющийся законодательная база в России, а также международный опыт в области правовых отношений при создании и использовании интеллектуальной собственности позволяют обеспечивать достаточно высокий уровень охраны результатов творческой деятельности на рынке продукции, работ и услуг в России. Эти правовые возможности должны быть более полно использованы для реализации заинтересованности творческих личностей, государства и частных компаний в развитии научно-технического прогресса.

В заключение необходимо отметить, что интеллектуальная собственность в условиях рыночной экономики является достаточно ходовым и прибыльным товаром, поэтому знания правовых основ, определяющих цивилизованное ее использование на рынке, необходимы специалистам различных областей, особенно авторам результатов интеллектуальной деятельности и правообладателям исключительных прав на них.

Литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации, часть I и II (полный текст). М., изд. Акалис, 1996.
2. Горная энциклопедия. М., изд. сов. энциклопед., 1986.
3. Зайченко В.Ю. Классификация объектов и интеллектуальной собственности в сфере недропользования и их правовая защита М., ЦНИГРИ, Руды и металлы № 2, 2001.
4. Зайченко В.Ю. Юридическое оформление

- интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения недр. М., ЦНИГРИ, Руды и металлы, 2001. № 4.
5. Зайченко В.Ю. Неучтенные миллиарды в недропользовании.
6. Зайченко В.Ю. Интеллектуальная собственность в разведочной геофизике.
7. Зайченко В.Ю. Оценка объектов интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения недр. М., ЦНИГРИ, Руды и металлы, 2001. № 1.
8. Закон РФ "Об информации, информатизации и защите информации" от 20 февраля 1995 г. № 24-93.
9. Закон РФ "О науке и государственной научно-технической политике" от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ.
10. Закон РФ "О правовой охране топологии интегральных микросхем" от 23 сентября 1992 г. № 3526-1.
11. Закон РФ "О соглашениях о разделе продукции" от 30 декабря 1995 г. № 225-ФЗ.
12. Закон РФ "О товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товара" от 23 сентября 1992 г. № 3520-1.
13. Закон РФ "Об авторском праве и смежных правах" от 9 июля 1993 г. № 5352-1.
14. Закон РФ "О недрах" от 3 марта 1995 г. № 27-93. В редакции от 8 августа 2001 г.
15. Закон РФ "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных" от 23 сентября 1992 г. № 3524-1.
16. Имущественные и авторские права на научно-техническую продукцию. Методические рекомендации. (Второе издание). - М.: Геоинформмарк, 1999.
17. Интеллектуальная собственность: современные правовые проблемы. Проблемно-тематический сборник. М., 1998.
18. Интеллектуальная собственность. Терминологический словарь. М. Ин-т проблем комплексного освоения недр РАН, 1996.
19. Комментарий к Кодексу РСФСР об административных правонарушениях. М.: Проспект, 1997.
20. Конституция Российской Федерации. Коммерсант. М.: Юридическая литература, 1994.
21. Нематериальные активы интеллектуальной деятельности. Методические рекомендации. М., Геоинформмарк, 1993.
22. Отойдите от стереотипов. "Эксперт" № 9 от 4 марта 2002 г.
23. Патентный Закон РФ от 23 сентября 1992 г. № 3517-1.
24. Положение по ведению бухгалтерского учета и бухгалтерской отчетности в Российской Федерации. Утверждено приказом Минфина России от 29 июля 1998 г. № 34-н. Бюллетень нормативных актов ФОИС № 23, 14 сентября 1998 г.
25. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 сентября 1999 г. № 982 "Об использовании результатов научно-технической деятельности".
26. Правила регистрации договоров на программы для электронных вычислительных машин, базы данных и топологии интегральных микросхем. Утверждены Роспатентом от 31 декабря 1998 г. № 245. Бюл. Нормативных актов ФОИВ №3, 5 февраля 1999 г.
27. Советский энциклопедический словарь. М., Сов. Энциклопедия, 1980 г.
28. Указа Президента Российской Федерации от 22 июля 1998 г. № 863 "О государственной политике по вовлечению в хозяйственный оборот результатов научно-технической деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере науки и технологий" Собрание законодательства РФ. 1998 г. № 30.
29. Указ Президента Российской Федерации "О правовой защите результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ военного, специального и двойного назначения" от 14 мая 1998 г., № 556.
30. Экономика и право. Энциклопедический словарь Габлера. М., 1998 г.

Уральской государственной горно - геологической академии 85 лет!

Крылатков С.М., УГГГА, г. Екатеринбург

В июле 1914 года указом императора Николая II в г. Екатеринбурге был учрежден Уральский горный институт, который является родоначальником сегодняшней Уральской государственной горно-геологической академии. Торжественное открытие института состоялось 85 лет назад 22 октября 1917 года. С 1920 по 1930 год в качестве отдельного подразделения Уральский горный институт входит в состав Уральского государственного университета. В сентябре 1930 года он восстановлен как самостоятельный вуз. С 1934 года институт получает название Свердловский горный институт, с которым прожил почти 60 лет. В 1993 году он получает статус академии и становится Уральской государственной горно-геологической академией.

За 85 лет своей деятельности академия подготовила для работы на горнодобывающих и геологоразведочных предприятиях, в научно-исследовательских институтах и проектно-конструкторских бюро свыше 50 тыс. горных инженеров. Среди выпускников академии 5 Героев Советского Союза, 12 Героев социалистического труда, 8 действительных членов и членов-корреспондентов АН СССР, 7 Заслуженных деятелей науки и техники, 19 Лауреатов Ленинской премии и более 70 Лауреатов Государственной премии. В академии в настоящее время ежегодно обучаются около 4000 студентов по очной форме и 1500 - по заочной. В составе академии 9 факультетов, 38 кафедр (среди них 25 выпускающих). Подготовка бакалавров, инженеров и магистров осуществляется по 9 направлениям, 20 специальностям и 48 специализациям. В академии работают 460 преподавателей, в том числе 250 доцентов, кандидатов наук и 70 профессоров, докторов наук, среди них один действительный член РАН и 30 членов общественных академий наук. Ежегодно прием в академию составляет 950 - 1050 студентов очной формы обучения и около 400 - на заочную форму. При академии функционирует Уральский горно-геологический образовательный комплекс, включающий в себя 22 техникума и колледжа горного и геологического профилей. Академия располагает 4 учебными корпусами общей площадью 50 тысяч кв.м, библиотекой с фондом 690 тысяч книг, 5 студенческими общежитиями, базой отдыха, домом спорта с 5 залами площадью 4000 кв.м, студенческим культурным центром с залом на 1000 мест.

Одним из важных направлений подготовки специалистов горного профиля в академии является подготовка инженеров - геофизиков, которая началась в УГГГА еще в 20-е годы прошлого века. В 1929 году состоялся первый их выпуск. За всю историю института было выпущено около 3500 инженеров - геофизиков. Среди них такие известные ученые как Д.С. Миков, А.А. Непомнящих, А.А. Юньков, Г.С. Вахромеев, Н.Б. Дортман и др.

Впервые самостоятельный курс сейсмической разведки, как одного из важнейших геофизических методов, был прочитан студентам геолого-геофизической специальности Свердловского горного института (СГИ) в 1938 году доцентом Бутайло Владиславом Антоновичем. Важнейшим достижением преподавателей кафедры геофизики того времени является участие в 1947 году в заводских испытаниях первых отечественных

сейсморазведочных станций типа ЭХО-1, которые проходили производственное опробование на стыке территорий Свердловской и Тюменской областей. Преподаватели, студенты и выпускники Свердловского горного института под руководством В.А. Бутайло и А.М. Буныкова принимали активное участие в этих испытаниях. Поэтому можно с гордостью сказать, что первые сейсморазведочные работы в Тюменской области были проведены при прямом участии преподавателей, молодых специалистов и студентов Свердловского горного института. Среди выпускников СГИ того времени, которые внесли большой вклад в развитие и становление отечественной сейсморазведки, прежде всего, следует назвать Шмелева Александра Ксенофоновича, Героя социалистического труда и лауреата Ленинской премии Цыбулина Льва Григорьевича, лауреата Государственной премии Иванова Леонида Ивановича и многих других.

В начале 50-х гг. основные курсы лекций по сейсморазведке начал читать прибывший после окончания аспирантуры у проф. В.Н. Дахнова в Московском нефтяном институте (ныне Российский государственный университет нефти и газа) кандидат геол.-мин. наук Дорофеев Борис Васильевич. В 1956 году на преподавательскую работу приходит Шмаков Владислав Николаевич. Именно Б.В. Дорофеев и В.Н. Шмаков в конце пятидесятых годов начинают активную деятельность по формированию нового направления - рудной сейсморазведки.

В эти же годы осуществлялись особо крупные выпуски (до 120 человек в год) геофизиков-разведчиков, из которых впоследствии выросли крупные специалисты в области сейсморазведки. Особенно много выпускников того времени были направлены на работу в геофизические организации Тюменской области. Среди выпускников этого периода следует назвать ныне хорошо известных управленцев и специалистов сейсморазведчиков - Гогоненкова Георгия Николаевича (д.т.н., главный инженер Центральной Геофизической Экспедиции в г. Москве), лауреата Ленинской премии Краева Аркадия Григорьевича, Нургалева Рамиля Махмудовича, Бевзенко Юрия Петровича, Чемякина Юрия Михайловича, Рещикова Георгия Михайловича (ныне первый заместитель Председателя комитета по нефти и газу при правительстве Ханты Мансийского Автономного округа) и многих, многих других.

Конец шестидесятых годов ознаменовался дрейфом научных интересов сейсморазведчиков СГИ к проблемам инженерной сейсморазведки на нескальных грунтах (Бондарев В.И., Шмаков В.Н. и др.). В последующие годы сейсморазведчики кафедры под руководством доцента Бондарева В.И. выполнили большой объем экспериментальных сейсмических исследований на целом ряде крупнейших промышленных строок СССР: Сургутская ГРЭС, Армянская АЭС, Чернобыльская АЭС, КАМАЗ, Тобольский нефтехимический комбинат и др. Большой объем экспериментальных материалов позволил провести их серьезное теоретическое обобщение, и на этой основе рядом сотрудников и аспирантов кафедры были защищены кандидатские диссертации (Агеев В. Н., Писецкий В.Б., Теряев Н.И. др.). Бондаревым В.И. по материалам этих работ впервые в истории СГИ была защищена докторская диссертация в области сейсморазведки (1978 г.).

В начале 80-х годов преподаватели сейсморазведчики обратили свои интересы в область техники и технологии цифровой обработки данных.

ИНВЕСТИЦИИ В БУДУЩЕЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Работы в этом направлении возглавляет доцент Писецкий Владимир Борисович. Чтение лекций по сейсморазведке в эти годы вели доценты Шмаков В.И. и Писецкий В.В. В проведении практических занятий начал участвовать ассистент Крылатков Сергей Михайлович. В эти годы впервые в истории сейсморазведочного образования в СГГА начали широко использовать современные, по тем временам, обрабатывающие сейсмические системы СПС - 3 и СОС - 11С. На базе применения этих систем под руководством Писецкого В.В. были начаты исследования в области динамики сейсмических волн.

Первая половина 90-х годов ознаменовалась резким спадом объемов всех геофизических работ, в том числе и сейсмических. Однако структура спада объемов оказалась таковой, что подготовка специалистов сейсморазведчиков к середине десятилетия вновь оказалась востребованной. С учетом этих факторов по инициативе перушненского в СГГА и возглавлявшегося с 1991 кафедру структурной геофизики проф. Бондарева В.И., был сделан резкий крен в сторону углубленной подготовки выпускников в области сейсморазведки. В рамках программы подготовки бакалавров (первые четыре года обучения) для геофизиков всех специализаций читается общий курс сейсмической разведки объемом порядка 120 часов. На следующем этапе образования - этапе подготовки инженеров - для лиц, избравших для обучения сейсморазведочную специализацию, читается уже целый спектр специальных сейсмических дисциплин: "Техника и технология сейсморазведочных работ" (100 ч.), "Обработка и интерпретация сейсмических данных" (100 ч.), "Маркетинг геофизических услуг в нефтяном бизнесе" (60 ч.), "Компьютерные технологии в сейсморазведке" (120 ч.) и др. Студенты, успешно сдавшие зачет по дисциплине "Технология и безопасность взрывных работ в сейсморазведке" (120 ч.) и дополнительный специальный экзамен, получают "Единую книжку взрывника" и "Сертификат на право руководства взрывными работами при

для геофизики и всей страны время неоплачиваемую помощи в организации проведения такой стажировки оказывают руководители таких организаций как ОАО "Хантымансийскгеофизика" (Генеральный директор Муртаев Иса Султанович, главный геофизик Бобрышев Александр Николаевич), ОАО "Таймыр-геофизика" (Генеральный директор Думкин Виктор Андреевич, главный геофизик Балдин Виктор Аркадьевич). В последнее время услуги по оказанию помощи в проведении практик предложили и другие организации: ОАО "Сибнефтегеофизика" (Генеральный директор Мехед Л.П., главный инженер Дроздов А.П.). Восстанавливаются также и добрые связи с ОАО "Башифтегеофизика" (Генеральный директор Адиев Я.Р., главный инженер Ахметшин И.Н.). Проведение достаточно длительной производственной практики для студентов пятого курса позволяет, с одной стороны, увидеть студентам реальное современное производство, с другой стороны, предпринять узнать своего будущего работника. На этой основе проблема получения рабочего места после окончания УГТГА для выпускников - сейсморазведчиков не существует. За восемь лет (1995 - 2002), когда подготовка сейсморазведчиков велась по новой схеме с углубленным изучением специальных сейсморазведочных дисциплин, выпущено около 170 специалистов. Значительная их доля работает в сейсморазведке. В целях совершенствования качества подготовки специалистов в середине девятидесятых годов кафедра структурной геофизики взяла курс на подготовку и издание специальных учебных пособий - курсов читаемых лекций. В рамках этой программы для студентов сейсморазведчиков УГТГА проф. Бондаревым В.И. был издан ряд учебных пособий.

Достигнутый в УГТГА уровень качества подготовки специалистов сейсморазведчиков, в сравнении с общероссийским уровнем, многими специалистами производства оценивается как



проведении сейсморазведочных работ". Таким образом, общий объем специальных сейсморазведочных дисциплин на пятом курсе достигает более 500 часов. Основной объем лекций по этим дисциплинам читают профессор Бондарев В.И. и доцент Крылатков С.М., профессор д.г. - м.н. Кашубин Сергей Николаевич и доцент Рябков Владимир Викторович. Практические занятия по сейсморазведочным дисциплинам ведут старшие преподаватели Крылаткова Надежда Анатольевна и Сылина Тамара Сергеевна, прошедшие большую производственную школу.

После окончания 9 семестра, начиная с конца января, студенты-сейсморазведчики проходят 2 - 3 месячную практику-стажировку в сейсморазведочных партиях, работающих в Западной Сибири. В трудное

достаточно высокий. Об этом свидетельствует, в частности тот факт, что кафедра структурной геофизики признана базовой кафедрой по подготовке специалистов - сейсморазведчиков для крупнейшего (более 30% объема всех сейсморазведочных работ) производителя сейсморазведочных услуг в России ОАО "Хантымансийскгеофизика".

Поскольку роль сейсмической разведки в решении задач поисков и разведки месторождений нефти и газа непрерывно увеличивается, и на этой основе потребность в молодых специалистах постоянно возрастает, то преподаватели сейсморазведчики УГТГА с оптимизмом смотрят в 21 век!

МОСКВА 1-4
2003 СЕНТЯБРЯ

1-4 сентября 2003 г. В Москве Евро-Азиатским геофизическим обществом (EAAG), Американским обществом геофизиков-разведчиков (SEG), Европейской Ассоциацией геофизиков, геологов и инженеров (EAGE) и Российской академией естественных наук проводится международная геофизическая конференция - "Геофизика XXI века - прорыв в будущее"

Этот крупный научный форум поддерживается Министерством природных ресурсов РФ, Министерством энергетики РФ, Правительством г. Москвы, крупными сервисными геофизическими, а также нефтяными компаниями и Газпромом России!

Геофизические методы родившиеся в первые годы XX столетия, получили интенсивное развитие в самых разнообразных направлениях, и прежде всего в деле поисков, разведки и разработки полезных ископаемых. Кроме того, геофизика широко используется при региональных геологических исследованиях, инженерных и археологических изысканиях, при проведении работ по охране окружающей среды.

Революционные изменения в технологии геофизических работ начались с появлением цифровой регистрации, обработки и интерпретации геофизических данных. Геофизика поднялась на качественно новый технико-методический уровень получения геофизической информации, ее обработки и геолого-геофизической интерпретации. Нынешний удивительный по своим масштабам и скорости разработок прогресс в компьютерных технологиях в мире самым благоприятным образом сказался на эффективности геофизических работ. XXI век станет временем бурного применения высокоинформативных геофизических методов в деле познания земных недр.

Все это найдет непосредственное отражение в научной тематике конференции и выставке последних достижений геофизической техники.

На нашем форуме будут представлены широкие возможности делового обмена мнениями и установления контактов с коллегами из зарубежных стран.

EAAG

SEG

EAGE

РАЕН

МОСКВА РОССИЯ 1-4 СЕНТЯБРЯ 2003 г.

За дополнительной информацией обращаться в EAAG по адресу:
113184, г. Москва, Пятницкая ул., 9/28. Тел: (095) 951-0548, факс: (095) 239-8064

