

ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ САРАТОВСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ЕВРО-АЗИАТСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

АПРЕЛЬ-ИЮНЬ

02/2003

ТЕМА НОМЕРА:

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ

ТАКЖЕ В НОМЕРЕ:

Необходимы активные действия
Автоматизированная оценка качества сейсмограмм в процессе их регистрации
Страницы истории отечественного геофизического приборостроения

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ



ПРОГРЕСС-Т2

НОВАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СЕЙСМОРЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА



КАЧЕСТВО и НАДЕЖНОСТЬ

ПРОВЕРЕНЫ ВРЕМЕНЕМ

Наш адрес:
Россия, 410019,
г.Саратов, ул. Крайняя, 129

т.: (8452) 69-25-37, 64-09-51
т./ф.: (8452) 64-14-52

E-mail: skbsp@skbsp.ru
[Http://www.skbsp.ru](http://www.skbsp.ru)

■ Колонка редактора

О наших планах	04
----------------------	----

■ Мнение профессионала

Нужны активные действия	05
-------------------------------	----

■ Тематический обзор

Эволюция наземных телеметрических систем регистрации сейсмических данных	07
--	----

■ Приборы и системы

Телеметрия в геофизике	
Фирма "Геосейс" информирует	10
Телеметрическая сейсморегирующая система «ПРОГРЕСС-Т2»	11
Опыт построения российских многоканальных телеметрических станций для сейсмических исследований (СТС-24 - СТС-24Р РОСА)	14
Опыт создания сейсмических телеметрических систем для работ в условиях мелководья и транзитных зон (на примере ССТ-480 и ССТ-4)	19
Телеметрическая электроразведочная станция «ТЭС-24» и ее использование при решении задач прикладной геофизики	22
Компания "Си-Технолоджи" приглашает на презентацию телеметрических систем семейства Xzone	26
Кабели в полевой геофизике	32
ООО "ОЙО ГЕОИмпульс Интернешнл" предлагает	39
Сейсмотелеметрическая многоканальная станция РОСА	43
SERCEL представляет новую телеметрическую систему 408UL	50

■ Обмен опытом

Опыт применения телеметрических систем сбора сейсморазведочной информации в АО «Татнефтегеофизика»	33
Опыт эксплуатации телеметрических систем в ОАО «Башнефтегеофизика»	35

■ Метрология

Автоматизированная оценка качества сейсмограмм в процессе их регистрации	36
--	----

■ За чертежной доской

Применение стандартных компонентов промышленной электроники при проектировании и разработке приборов и систем разведочной геофизики	41
---	----

■ Страницы истории

Страницы истории отечественного геофизического приборостроения	44
--	----



СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор:
Турлов П.А.

Выпускающий редактор:
Пимштейн И.Г.

Менеджер проекта:
Мокроусова Е.И.

Ответственный секретарь:
Слонова Е.Г.

Дизайн, верстка:
Мокроусов Д.В.

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

E-mail: skbsp@san.ru

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

Тираж отпечатан
в типографии "КРОСС"
тел.: (8452) 223-552, 223-881

Тираж: 500 экз.

Издание зарегистрировано в
Министерстве РФ делам по печати,
телерадиовещания и средств
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.

О наших планах

Турлов П.А., СО ЕАГО, г. Саратов

Выбранный нами тематический принцип организации материалов каждого номера пока вполне оправдывает себя и вызывает одобрение геофизиков-профессионалов. Редакция предполагает придерживаться этого принципа и далее, возвращаясь к той или иной рубрике по мере накопления материалов в своем портфеле.

Для наших читателей и потенциальных авторов сообщаем темы ближайших номеров журнала.

- "Многоволновая сейсморазведка". Журнал будет посвящен развернутому рассмотрению вопросов технологии, и в том числе технических средств, МВС.

- "Инструментарий геофизика интерпретатора и обработчика". Предполагается представить новые аппаратные и программные средства для геофизических технологий.

- "Электронные архивы в геофизике". Проблемы надежности, технологичности и экономичности хранения гигантских массивов геофизической информации предполагается осветить силами разработчиков технических и программных средств и геофизиков, использующих эти средства в архивации геофизических данных.

Мы приглашаем на страницы журнала славную когорту отечественных электроразведчиков с их разнообразными новыми средствами ведения разведки, а также предполагаем посвятить ряд номеров журнала средствам ведения разведки в магнитометрии и гравиметрии.

Обращаем внимание читателей на рубрику "Наши партнеры". Здесь мы помещаем логотипы и официальные названия организаций, принявших финансовое участие в создании этого номера. Эти деньги не превращают наш проект в коммерческий, но помогают поддерживать полиграфическое оформление журнала на хорошем уровне.

Редакция благодарна всем, кто высказал свое мнение о содержании и оформлении предыдущих номеров и ждет пополнения редакционного портфеля по названным и другим интересующим наших читателей темам.

До встречи на страницах очередных номеров журнала!

Главный редактор



П.А.Турлов

НАШИ ПАРТНЕРЫ



ОАО «Саратовнефтегеофизика»



ЗАО «СВЯЗ»



ОГДУП «НИПИокеангеофизика» СКС МГП



ОАО «Татнефтегеофизика»



ОАО «Башнефтегеофизика»

Нужны активные действия ...

Мельников И.Г., ОАО "ИМС", г. Москва

В мае 2003 г. в Уфе проходил четвертый конгресс нефтегазопромышленников России. Одной из тематических секций этого конгресса был научный симпозиум "Новые геофизические технологии для нефтегазовой промышленности", на заседаниях которого рассмотрены технологии геолого-поисковых работ на нефть и газ, актуальные аспекты геофизических исследований скважин, состояние и перспективы метрологического обеспечения геофизических работ.

В широком спектре обсуждавшихся вопросов особую остроту имело выступление президента ОАО "Инфракрасные и микроволновые системы" (ИМС) И.Г.Мельникова, руководителя рабочей группы Торгово-промышленной палаты России по вопросам геофизики. В этом выступлении выражено серьезное беспокойство за судьбу геофизики России.

Вниманию читателей предлагается изложение этого доклада, представленное автором в редакцию журнала.

В настоящее время по добыче полезных ископаемых Россия является одной из ведущих мировых держав. Наряду с США, Францией и Канадой, Россия обладает научной и технической базой, обеспечивающей полный технологический цикл поиска, разведки, добычи и контроля за процессом разработки месторождений нефти, газа, рудных и нерудных полезных ископаемых.

До 90-х годов XX века советская (российская) геофизика самостоятельно, без какого-либо привлечения зарубежных научных разработок и технических средств и технологий, выполняла поиск и разведку месторождений нефти и газа в Волго-Уральской нефтеносной провинции, Западной и Восточной Сибири, Якутии, уникальных месторождений Прикаспия, Северного Казахстана, Туркмении и Украины. Это сделало СССР, а позже и Россию ведущей мировой державой, обеспеченной сырьевыми ресурсами на десятилетия вперед и заложило фундамент развития нефтегазовой отрасли Азербайджана, Казахстана, Туркмении и Узбекистана.

С участием российских специалистов и научных институтов в 60 - 80-е годы создана геофизическая подотрасль, направленная на поиск и добычу углеводородного сырья в Польше, Венгрии, Индии, Китае и Вьетнаме. Силами российских специалистов открыты нефтяные месторождения во Вьетнаме, Сирии, Ираке, Афганистане, Индии, Китае, Кубе, Польше и других странах.

Однако, начиная с 1990 года, отечественная геофизика, как и практически все наукоемкие отрасли отечественной промышленности, переживает тяжелейший кризис, её состояние неуклонно ухудшается. Отсутствие внятной государственной политики при формировании данного сектора экономики привело к созданию большого количества мелких и средних геофизических предприятий, которые занимаются производством оборудования и оказанием

услуг для нефтегазовых компаний. Вряд ли есть нужда говорить, что они оснащены гораздо хуже своих западных конкурентов, все вместе осваивают в год мизерные средства - около 50 млн долларов США против 13,7 млрд долларов только одной из крупнейших геофизических фирм ("Шлюмберже", США).

Весьма "своевременная" отмена правительством ставок ВМСБ как бюджетного источника финансирования геологоразведки окончательно лишило геофизиков законного "куска" от общего "доходного пирога" и до угрожающего уровня сократило объемы полевых работ, НИОКР перспективных научных исследований.

В то же время, конкуренция российских геофизических фирм, в основном малых, с крайне разной по уровню технической и программно-методической оснащенностью, направлена в первую очередь на то, чтобы удержаться на рынке любой ценой, снижая стоимость своих услуг для геологоразведочных и нефтяных предприятий. Отсутствие оборотных средств в необходимых объемах не дает таким компаниям нормально развиваться и еще более усугубляет наше общее отставание от зарубежных конкурентов в области техники и технологии работ.

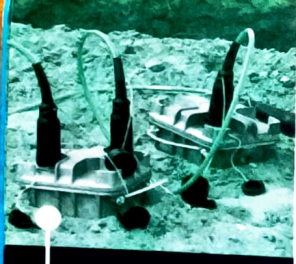
За годы перестройки в России так и не была создана целостная система стандартизации и сертификации геофизической продукции в соответствии с международными стандартами.

Это привело к тому, что уже сейчас все без исключения крупные российские нефтяные компании заключили договора о стратегическом партнерстве с американскими сервисными геофизическими компаниями, такими как "Шлюмберже", "Халлибартон", "Бейкер Хьюс и др."

Высокая цена на нефть позволяет нефтяным компаниям платить за выполненные работы зарубежному подрядчику в несколько раз больше, чем российской фирме. Таким

МНЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛА





образом, упомянутый "кусок" пристроен весьма достойно.

Пока еще основной объем геофизических работ в России выполняется отечественными сервисными компаниями. Многие из них ведут свои работы с использованием западной регистрирующей техники (прежде всего в сейсморазведке), а также западного программного обеспечения для обработки и интерпретации геофизической информации. Параллельное выполнение исследований техническими средствами, аппаратурой и персоналом фирмы "Шлюмберже", а также российскими геофизическими предприятиями, работающими на тех же территориях, неоднократно показывали 100% совпадение итоговых геофизических материалов и построений.

Следовательно, российские компании прекрасно справляются с задачей массовых геофизических исследований даже в неблагоприятных финансовых условиях.

Однако, если не предпринимать никаких усилий, то через несколько лет российская геофизическая отрасль перестанет существовать, а ее место займут американские компании.

Угрозы для нашей общей безопасности в создавшейся ситуации может не видеть только специально подготовленный глаз. Любому честному и патристически настроенному профессионалу совершенно очевидно что:

1. Полная открытость российского рынка в области геофизического сервиса для зарубежных транснациональных компаний преждевременна и может привести к абсолютному упадку отечественного геофизического приборостроения.

2. Существенно сократится рынок интеллектуального труда для российских инженеров и программистов.

3. Вся информация о состоянии запасов полезных ископаемых, как рудных, так и углеводородных будет открыта.

4. Зарубежные компании, понимая громадную емкость отечественного рынка геофизических услуг и **обладая финансово-кредитной поддержкой национальных и транснациональных банков и своих правительств**, смогут автоматически, в течение 2-5 лет, полностью лишить Россию собственной высоко интеллектуальной отрасли, которой является геофизика.

5. В значительной степени ослабеет контролирующая функция государства. Может случиться так, что Минприроды России станет только третьим, после НК и западных сервисных компаний, получателем данных о собственных (российских) запасах минерально-сырьевых ресурсов и только в том объеме, в каком первые двое сочтут экономически и политически целесообразным поделиться.

Таким образом, информация, связанная с

подсчетом запасов углеводородного сырья, определения категорий запасов, КИН, эффективных мощностей и коэффициентов нефтеотдачи пластов будет результатом субъективной оценки и останется в ведении тех же нефтяных компаний.

Исходя из того, что в ближайшие годы на мировом рынке России придется выполнять роль страны поставщика минерально-сырьевых ресурсов, широкий доступ зарубежных сервисных компаний к первичным источникам информации о реальных запасах России будет напрямую влиять на экономическую независимость и безопасность страны.

Интересы государства в понимании стратегических задач и в сохранении отечественного рынка труда в высокоинтеллектуальной сфере, связанной с нефтегазовой и рудной геофизикой и геологией, требуют от правительственных и законодательных органов пересмотреть условия бесконтрольного продвижения на отечественный рынок услуг зарубежных сервисных компаний в отраслях геологоразведки и нефтедобычи.

Особо актуальными перечисленные проблемы представляются в разрезе вступления России в ВТО.

По вопросу вступления России в ВТО в секторе геофизики обсуждений практически не было, в результате чего в перечне специфических обязательств Российской Федерации по услугам ограничений доступа на рынок и ограничений по национальному режиму не предусмотрено.

Сегодня российский рынок геофизических услуг для западных сервисных компаний и компаний-поставщиков геофизического оборудования практически свободен. Нет ограничений в области требований, предъявляемых к геофизическому оборудованию, стандартов и нормативов в области применения тех или иных методов и способов проведения геофизических работ. Не существует квот для западных компаний на рынке оказания геофизических услуг.

Мы полагаем, что было бы целесообразным сосредоточить усилия на сохранении и развитии собственной современной геофизики в рамках сотрудничества с западными компаниями.

Правильным шагом российского руководства нам представлялась бы организация отсрочки на несколько лет раскрытия своего рынка геофизического сервиса для инофирм. В течение этого срока можно было бы реализовать ряд мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности российских геофизических компаний. После реализации этих мероприятий российский рынок мог бы стать открытым для сервиса на тендерной основе для инофирм.

Эволюция наземных телеметрических систем регистрации сейсмических данных

Кузнецов И.М. СКБ СП, г. Саратов



В 60-ые годы, несмотря на то, что полевые сейсморегирующие системы были громоздкими и слишком энергопотребляющими, геофизики добивались впечатляющих успехов в области сбора и обработки полевых цифровых сейсмоданных. Однако необходимость повышения плотности пространственного квантования, увеличения скорости выполнения сейсморазведочных работ, появление технологии 3-D наблюдений требовали увеличения канальности используемых сейсморегирующих систем. Вместе с тем, кабель из витых пар, соединяющий геофоны и регистрирующую систему, при большом количестве каналов (например, более 120) и больших длинах стал неприемлемым из-за веса, громоздкости, трудности обеспечения хороших изоляционных характеристик, нарушения контактов в разъемных соединениях, больших взаимных влияний между каналами, высокого уровня наводок в районах с развитой промышленной инфраструктурой.

Спрос порождает предложение! Появились первые телеметрические сейсморегирующие системы (ТСС), в которых разработчики вообще отказались от кабельной системы передачи информации из полевых модулей в центральный пункт регистрации (ЦПР).

Одной из первых ТСС была система SGR, созданная компанией Amoco Production Co. (США) в 1974 г. [1]. Каждый полевой модуль системы SGR обслуживал один канал и имел кассетный регистратор 3М с 4-мя дорожками записи. Емкость кассеты, используемой в регистраторе, составляла 75 5-ти сек. записей.

Подобную систему - систему SGR II выпустила компания GUS Manufacturing (США). В данной системе каждый полевой модуль имел автономное питание и обслуживал один канал. Система в принципе не имела ограничений по канальности. В системе использовался 4-х дорожечный магнитофон DC-300. На стандартной кассете (1140 м) размещалось немногим более 160 6-ти сек. записей. Адрес полевого модуля фиксировался вручную в момент установки модуля и использовался для идентификации информации при последующей ее перезаписи. Номер файла, номер записи и другая информация передавались из центрального пункта регистрации по радио. Кассеты, собранные со всех модулей, переписывались затем на 9-ти дорожечный магнитофон с плотностью записи 1600 бит/дюйм. Перезапись производилась в случайном порядке.

Дальнейшее упорядочение информации производилось в обрабатывающем центре, как часть препроцессорной обработки. Для 200 канальной системы время перезаписи однодневного объема информации занимало около 4-х часов.

Очевидные недостатки первых ТСС с кассетными регистраторами в полевом модуле, такие как:

- ограниченный объем информации, регистрируемой на модульном регистраторе;
 - значительные временные затраты на сбор и перезапись информации;
 - отсутствие контроля исправности полевого модуля в процессе регистрации;
 - большое энергопотребление полевого модуля,
- заставили разработчиков вернуться к использованию кабеля в качестве канала передачи информации.

В 1976 г. компанией Globe Universal Sc. (США) была выпущена первая ТСС с кабельным каналом передачи данных система GUS-BUS [1]. В данной системе полевые модули были оснащены специальными зажимами, которые обеспечивали возможность подключения полевого модуля к двухпроводному кабелю в любой точке путем прокалывания изоляции кабеля. Таким образом обеспечивалась возможность получения любого интервала между группами геофонов. Интересно, что позднее такой способ подключения полевых блоков к кабелю был использован в современной ТСС SUMMIT, выпускаемой немецкой компанией Deutsche Montan Technologie GmbH (Германия) [2]. Каждый модуль системы GUS-BUS обслуживал 4 канала и обеспечивал предварительное усиление, фильтрацию, АРУ, аналого-цифровое преобразование сейсмических сигналов и передачу информации в ЦПР. Каждый модуль имел свой адрес, устанавливаемый вручную в момент установки полевого модуля и используемый для идентификации информации, поступающей из полевого модуля в ЦПР. Система обеспечивала возможность дистанционной установки частот среза фильтров, дистанционного тестирования и проверки работоспособности полевых модулей либо автоматически, либо по команде оператора из ЦПР. Питание полевых модулей было автономное. В качестве регистратора использовался регистратор HDDR с плотностью записи 3000 бит/дюйм, разработанный компанией Leach (США).

В 1977 г. компания SERCEL (Франция) выпустила свою первую ТСС - SN 348 [1]. В данной системе полевой модуль обслуживал один канал. Максимальная канальность системы составляла 480 каналов при 4 мсек. Полевые модули не имели фиксированного адреса. Адреса информационных слов определялись порядком их поступления в ЦПР по телеметрическому кабелю. Питание полевых модулей осуществлялось через телеметрический кабель как из ЦПР, так и с помощью специальных блоков питания. Входной блок системы обслуживал до 10-ти линий наблюдения, подключаемых непосредственно к входному блоку. Система SN 348 получила

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.

широкое распространение и во многом определила конструктивные особенности последующих ТСС, выпущенных компанией SERCEL.

Впервые современная схема сбора данных при выполнении 3-D наблюдений путем передачи данных от приемных линий в ЦПП через соединяющую их кросс-линию была реализована компанией Geosource Inc. (США) в ТСС MDS-16 DX (1983). Эта же компания впервые применила для передачи информации из полевых модулей в ЦПП оптоволоконный кабель. Впервые это было реализовано в ТСС MDS-14, выпущенной в 1981 г. Оптоволоконный кабель был также использован и в последующих ТСС MDS-16 DX (1983), MDS-18 (1988), MDS-18X (1990). Помимо оптоволоконных жил кабель имел проводные витые пары с выводами для подключения сейсмоприемников. При этом сохранялась возможность использования обычного проводного кабеля с витыми парами. Максимальная канальность ТСС MDS-16DX с оптоволоконным кабелем была 1016 каналов, а с проводным кабелем 480 каналов. Оптоволоконный кабель был также использован в ТСС DS-100 компании Texas Instruments (США) [2]. Эта система интересна лишь тем, что она стала последней сейсморегистрирующей системой данной компании, создавшей широко распространенные в свое время линейные сейсморегистрирующие системы DFS-4 и DFS-5.

Надо отметить, что оптоволоконный кабель, при таких его очевидных достоинствах, как: полная электрическая изоляция соединяемых им блоков, большая пропускная способность, малый вес до сих пор не нашел применения в ТСС. Причинами этого являются:

- необходимость в дополнительных устройствах для преобразования электрических сигналов в оптические и обратно;
- недостаточная механическая прочность кабеля;
- трудности, связанные с ремонтом в полевых условиях вышедшего из строя кабеля.

В полевых модулях ТСС рассматриваемого периода, использовались системы квантования с IFR и, как правило, их разрешенность не превышала 15 разрядов. Шаг квантования от 0,5 до 4 мсек. Число каналов, обслуживаемых полевым модулем, составляло от 1 до 16. Максимальная канальность ТСС от 120 (DS-100) до 10000 (SGR-II). Используемые в данных ТСС корреляторы работали во временной области в режиме нереального времени.

Среди ТСС, разработанных в 70-е годы, оригинальным техническим решением полевого модуля выделяется выпущенная в 1978 г. компанией Geophysical Systems Corp. (США) ТСС GEOCOR-IV [1]. Данная система могла обеспечивать регистрацию и обработку информации, поступающей с 1024 каналов. В системе GEOCOR-IV использовались полевые модули с автономным питанием. Каждый полевой модуль обеспечивал прием и обработку данных, поступающих с 16 каналов. Отличительной особенностью системы GEOCOR-IV являлось использование в ней знакового кодирования информации. Это техническое решение в значительной степени упростило аппаратуру полевого модуля. Относительные значения амплитуд восстанавливались из знаковой информации с помощью корреляции, накопления или суммирования по методу ОГТ с большой кратностью (480 и более).

Одним из путей решения проблемы, связанной

с необходимостью передачи значительных объемов информации от полевых модулей в ЦПП является передача информации по радиоканалу. Одними из первых радиотелеметрических сейсморегистрирующих систем, получивших довольно широкое применение, являющиеся ТСС MYRIASEIS (Institut Francais du Petrole, Франция), TELSEIS-200 (компания Fairfield Industries, США) и OPSEIS 5500 (компания Applied Automation, США).

ТСС OPSEIS 5500 [3], созданная в 1978 г., обеспечивала возможность регистрации сейсмической информации, поступающей с 1016 каналов с последующей передачей информации в ЦПП по радиоканалу. Полевой модуль системы обслуживал 4 канала. К полевым модулям придавались специальные приспособления, обеспечивающие возможность использования системы в переходных зонах. Общие временные затраты на передачу информации для 1000-канальной системы составляли 20-30 мин. Если ТСС OPSEIS 5500 в основном использовалась в труднодоступных районах, то такие ТСС как TELSEIS-200 и MYRIASEIS в основном использовались при проведении сейсмических работ в переходных зонах и на мелководье. Дальнейшим развитием системы OPSEIS 5500 является ТСС Opseis Eagle, выпущенная в 1991 г. компанией OPSEIS Inc. (США). Данная система передает данные в ЦПП со скоростью, сравнимой со скоростью передачи данных по кабелю. При необходимости все модули или часть их могут быть соединены кабелем. Такие же возможности заложены в ТСС BOX компании Fairfield Technologies (США) [4].

Обе системы имеют очень хорошие технические характеристики, однако как и все радиотелеметрические системы широкого применения при проведении наземных сейсмических наблюдений не нашли. Причины следующие:

- высокая стоимость оборудования;
- значительный вес полевого модуля;
- значительное энергопотребление;
- сложности, связанные с официальным оформлением рабочих радиочастот.

Вместе с тем, при проведении сейсморазведочных работ в труднодоступных районах, в переходных зонах и на мелководье радиотелеметрические сейсморегистрирующие системы находят широкое применение.

Отличительными особенностями современных ТСС являются:

1. Использование 24-х разрядных аналого-цифровых дельта-сигма преобразователей.

Сейсморегистрирующие системы с 24-х разрядными аналого-цифровыми дельта-сигма преобразователями обеспечивают данные более высокого качества, чем системы с IFR. Аналого-цифровое преобразование осуществляется совершенно по другому принципу, в результате обеспечивая больший динамический диапазон на уровне самых низких шумов системы. Если использованы все преимущества преобразователя с избыточным кодированием, можно получить значительно более гибкую систему. Эти преобразователи позволяют устранить основной источник шумов в системе - аналоговые фильтры. Они снижают вес, цену и потребление энергии. Они значительно упрощают процесс изготовления и отладки системы.

2. Возможность высокоточной корреляции данных в поле.

Используя мощности современных процес-

соров, спецпроцессоров и специально разработанное математическое обеспечение, изготовители ТСС обеспечивают возможность выполнения высокоточной корреляции с использованием БПФ непосредственно в ЦПП практически в режиме реального времени.

3. Широкие возможности пространственного квантования.

Современные многоканальные ТСС (с числом каналов более 10000) позволяют реализовывать на практике любые схемы 3D наблюдений с возможностью коммутации большого числа дополнительных каналов.

4. Обеспечение возможности тестирования и анализа состояния как самой сейсмореагирующей системы, включая самокалибровку и проверку состояния всего развернутого полевого оборудования, так и вибраторов.

Одной из важнейших операций, выполняемых оператором ТСС, является "предварительная проверка линии", обеспечивающая контроль состояния развернутой расстановки перед следующим возбуждением. С учетом часто используемых кратных возбуждений эта задача становится чрезвычайно сложной. В очень короткое время перед следующим возбуждением центральный блок должен автоматически проверить состояние всей внешней рабочей сети и предупредить оператора о возникших проблемах перед очередным возбуждением. Современные ТСС имеют встроенные аппаратно-программные средства контроля качества параметров источников возбуждения.

5. Сетевая телеметрия.

При выполнении 3-D наблюдений стандартным образом к базовой линии (кросс-линии) ортогонально подключаются приемные линии (ортогональные расстановки). Это было приемлемо для простых схем наблюдения. Однако реальные условия наблюдения и увеличение канальности делают такую схему наблюдения неудобной. Требовалась телеметрия, которая могла бы справиться с любым увеличением канальности, обходить любые естественные и искусственные препятствия, обеспечивала бы возможность подключения ЦПП в любой точке развернутой системы, имела бы кабели, которые могли гибко обходить препятствия и соединять полевые модули. Решением является сетевая телеметрия. Впервые данное решение было реализовано в ТСС ARAM-24, выпущенной компанией Geo-X Systems Ltd. (Канада) [5]. ARAM-24, как и более поздняя модель ARAM-ARIES той же компании, могут работать как в обычном варианте с приемными линиями и ортогональными кросс-линиями, так и с расстановкой в режиме сетевой связи. При этом ЦПП может взаимодействовать со всей расстановкой из любой ее точки. Это обеспечивается включением в состав наземного оборудования радиопередающих блоков, возможностью регистрации информации с помощью кросс-блоков, а также буферизацией внутри сети, позволяющей обеспечивать возможность обхода поврежденных участков кабеля путем повторной передачи данных до тех пор, пока они не будут успешно приняты по радиоканалу или по кабельным секциям сети. Математическое обеспечение сетевой телеметрии обеспечивает автоматическую рассортировку поступающих данных, приводя их в соответствие с используемой геометрией расстановки и обеспечивая отображение и запись данных в логической последовательности.

6. Развитое математическое обеспечение.

Матобеспечение современных ТСС позволяет проводить комплексное выполнение проекта - от проектирования съемки до предварительной обработки данных, включая: определение расстановки, формирование скриптов, расчет группирования, географическое моделирование, биннинг, геологическое моделирование, использование стандартных SPS-файлов в процессе выполнения наблюдений, мониторинг хода выполнения съемки и регистрации данных.

Все это, в той или иной мере, могут предложить лучшие образцы современных ТСС. К ним можно отнести такие ТСС, как SN 388 и Sercel 408UL (SERCEL), I/O SYSTEM TWO (Input-Output), ARAM-ARIES (Geo-X Systems) и ряд других.

Сейчас самое время задаться вопросом - куда мы идем?

По нашему мнению ТСС, находящиеся в разработке, должны отвечать следующим основополагающим требованиям:

надежность

Точные результаты сейсмической съемки являются продуктом регистрации сейсмоданных с неизменным качеством и достоверностью. При всем многообразии условий наблюдений последнее, о чем Вы должны беспокоиться, это о Вашей системе регистрации. Диагностическое тестирование, многочисленные фильтры, бесперебойная связь между отдельными составляющими регистрирующего комплекса и контроль качества на каждом функциональном уровне должны обеспечивать неизменную надежность системы.

компактность

Привлекательными характеристиками новых многоканальных систем были бы малый вес и компактность разворачиваемого оборудования, отсутствие необходимости в большом количестве кабелей, а еще лучше их полное отсутствие, низкое энергопотребление. Так согласно [6] уменьшение веса регистрирующего оборудования на 50% дало бы экономию общих затрат на проведение съемки приблизительно от 8% до 25%, в зависимости от характера исследуемой площади.

гибкость

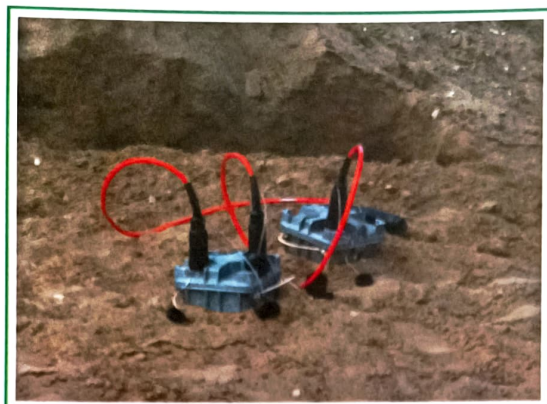
Новые многоканальные системы должны предоставлять пользователю возможность использования последних достижений в технологии сейсморазведки и возможность развития систем для будущего. Система не должна быть замкнутой. Она должна обеспечивать возможность ее расширения путем дополнения новыми функциональными компонентами для решения задач, возникающих у пользователя в процессе ее эксплуатации. Как отмечается в [7], в идеале система должна иметь один датчик на канал. Большим преимуществом этого подхода является то, что вся расстановка могла бы быть сформирована при обработке, с предварительным вводом статических поправок. Более плотное пространственное квантование позволило бы обеспечить существенное подавление шумов в процессе обработки. Эта концепция даже более привлекательна, чем внедрение 24-разрядного квантования [8].

простота в эксплуатации

В полевых модулях должны быть заложены возможности его самотестирования с индикацией состояния модуля и состояния телеметрической связи. Система должна иметь графический интерфейс пользователя для управления всеми процессами регистрации данных и обеспечения их качества. Система должна быть легка в



ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР



изучении и использовании при помощи простого выбора процедур обработки площади.

дистанционный доступ к развернутой системе

Система должна обеспечивать возможность в реальном времени осуществлять мониторинг, управление и контроль получения материала посредством спутниковой связи. Это даст возможность следить за работой оператора и системы регистрации с удаленного центра, а также, если это необходимо брать на себя управление и получать доступ к полевым данным.

Многое из вышеперечисленного уже реализовано в лучших образцах современных ТСС. Вместе с тем стремительно развивающиеся и быстро внедряющиеся в жизнь технологии в области беспроводной сетевой связи (например технологии WLAN) [9,10] и особенно технологии,

предназначенные для построения так называемых персональных беспроводных сетей (например - Bluetooth) [11], могли бы стать основой для нового качественного скачка в развитии телеметрических сейсморегистрирующих систем

Литература

1. Аналитический информационный доклад о наиболее важных отечественных и зарубежных научно-технических достижениях в области сейсморазведочного приборостроения. Отчет, инв. № 02840009712, 1983.
2. Аналитический информационный доклад о наиболее важных отечественных и зарубежных научно-технических достижениях в области сейсморазведочного приборостроения. Отчет, инв. № 02359008726, 1984.
3. TI's new Distributed System DS-100 Speeds Dynamite and Vibrator Surveys, Geophysics, October, 1983.
4. Seismic Data Net BOX, Информационный материал компании Fairfield Technologies, 1997.
5. A freshlook at seismic recording, Информационный материал компании GEO-X Systems Ltd., 1994.
6. Ian Jack, Land Seismic Technology: Where do we go from here?, First Break, 21, 2003.
7. Ongkiehong, L., Towards the universal seismic acquisition technique, First Break, 6, no. 2, 1988.
8. Ongkiehong, L., Changing philosophy in seismic data acquisition, First Break, 6, no. 9, 1988.
9. Сепреев Р., Технологии WLAN, BYTE, № 9(49), 2002.
10. Сепреев Р., Оборудование WLAN: точки доступа, BYTE, № 10(50), 2002.
11. Борзенко А., Технологии Bluetooth, BYTE, № 9(49), 2002.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИСТОЧНИК

ГЕОТОН

УСПЕХИ НАШИХ ПАРТНЁРОВ
ЭТО НАШИ УСПЕХИ

ГЕОТОН

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Рис. 1 Структурная схема ТСС "Прогресс-Т2"
где: ЦРК - Центральный регистрирующий комплекс; ПТ - Порт телеметрический;
БСД-6 - Блок сбора данных 6-канальный; БП - Блок питания линии; БА - Блок аккумулятора;
БР - Блок регенерации линии; БЛ - Блок линии (питание от ЦРК)

(ЦРК) в зависимости от конфигурации системы содержит от одного до четырех независимых портов сбора данных (каждый из которых обслуживает 1200 сейсмических каналов при 2 мсек. шаге квантования в режиме реального времени), через которые осуществляется синхронизация процесса сбора данных, поступающих из наземного комплекса аппаратуры. ЦРК обеспечивает управление наземным комплексом аппаратуры, его диагностику, прием, обработку и регистрацию принятой информации, а также контрольное воспроизведение записанной информации на экране монитора и бумажном носителе.

Обработка сейсмоданных осуществляется в реальном времени и включает:

- редакцию импульсных помех;
- вертикальное накопление;
- взвешенное накопление;
- корреляция до и после накопления;
- построение спектра.

Компьютер ЦРК работает под управлением операционной системы Windows (XP).

Программный комплекс системы поддерживает два монитора, широкий спектр устройств для регистрации полевых данных (магнитооптика, ленточные стримеры типа Exabyte, стримеры типа IBM 4390, пишущий CDROM), устройства для воспроизведения информации на бумажном носителе (термоплоттеры, струйные и лазерные принтеры).

Данные регистрируются в стандартном формате SEG-D.

Наземный комплекс аппаратуры (НК) включает:

- блоки сбора данных;
- блоки линии приема;
- блоки регенерации;
- блоки питания;
- секции телеметрического кабеля;
- аккумуляторные батареи в специальных контейнерах.

Блок сбора данных (БСД) обеспечивает прием сигналов от сейсмоприемников шести пунктов приема, их усиление, преобразование в цифровой 24-разрядный код, фильтрацию, передачу этих данных в телеметрическую линию связи и регенерацию информации, поступающей от соседних БСД.

Блок линии приема (БЛ) обеспечивает синхронизацию работы БСД соответствующей линии приема и передачу телеметрической информации в БЛ соседней линии приема или в ЦРК.

Блок регенерации (БР) увеличивает дальность передачи данных и таким образом обеспечивает возможность обхода препятствий между соседними БСД.

Блок питания (БП) обеспечивает преобразование напряжения 12 В аккумуляторной батареи в напряжения постоянного тока ± 35 В относительно корпуса этого блока, необходимые для питания наземных блоков других типов.

Секция телеметрического кабеля предназначена для передачи телеметрических сигналов и напряжения питания между блоками наземного комплекса.

Аккумуляторная батарея обеспечивает электрической энергией группы блоков наземного комплекса.

Технические параметры как системы в целом, так и отдельных ее блоков приведены в Приложении. Видно, что технические параметры системы и ее качественные характеристики соответствуют лучшим мировым образцам.

Оптимальная структура ЦРК обеспечивает возможность реализации всего спектра задач, решаемых ЦРК, при его сравнительно низкой стоимости. Это обеспечивает минимальное влияние стоимости ЦРК на стоимость системы в пересчете на один канал.

Шестиканальный блок сбора данных БСД-6 разработан с применением новейшей элементной базы, обеспечившей достижение высоких

технических параметров системы при низкой цене блока.

Малый уровень потребляемой мощности блоков БСД позволяет сократить количество аккумуляторов, используемых для питания полевых блоков или увеличить время работы до подзарядки аккумуляторов. При профильных системах наблюдения с числом активных каналов до 120 предусмотрена возможность питания блоков от борта. Эта особенность ТСС "ПРОГРЕСС-Т2" позволяет в ряде случаев отказаться от использования аккумуляторов в поле, упростить и уменьшить стоимость профильных работ.

Одним из ключевых моментов, определяющих производительность при проведении полевых работ и качество получаемого материала, является надежность работы аппаратуры в полевых условиях.

Система диагностики наземного комплекса аппаратуры ТСС "ПРОГРЕСС-Т2" позволяет:

- быстро локализовать неисправный полевой блок или секцию кабеля;
- периодически тестировать полевые блоки и сейсмогруппы с регистрацией результатов тестирования;
- тестировать все, заявленные в спецификации параметры системы.

Методика автоматизированного тестирования технических характеристик системы, а так же составление полного отчета результатов измерений соответствуют требованиям ежедневного контроля и документирования параметров аппаратуры при проведении поисково-разведочных работ.

В ТСС "ПРОГРЕСС-Т2" использована эффективная и надежная система энергообеспечения, аналогичная хорошо зарекомендовавшей себя системе в сейсмостанции "ПРОГРЕСС-Л".

В отличие от зарубежных компаний, оставляющих пользователей в России наедине с вышедшей из строя аппаратурой, сервисная служба ОАО "СКБ СП" как всегда готова быстро реагировать на любые запросы пользователей, сводя к минимуму время простоя системы, вызванного теми или иными причинами.

Богатый опыт общения со специалистами отечественных геофизических предприятий, приобретенный в процессе поставки им сейсморегистрирующих систем, показывает, что закупки данного вида оборудования, как правило, индивидуальны и формируются на основе совместной работы специалистов Заказчика и СКБ СП. Именно благодаря этому изделия, поставляемые СКБ СП, легко внедряются и хорошо приживаются на предприятиях. Оптимальная структура ТСС "ПРОГРЕСС-Т2" гарантирует ее быстрое и уверенное развитие, возможность наращивания и адаптации под конкретные производственные задачи без проблем и ограничений.

Нередко новые предложения зарубежных компаний поднимают немало шума и будоражат умы. Система "ПРОГРЕСС-Т2" предназначена для людей серьезных и практичных, решающих задачи выживания в условиях острой конкурентной борьбы, осложненной не совсем честными действиями Правительственных структур. Именно поэтому данное изделие должна быть им интересна.

Мы уверены, что телеметрические сейсморегистрирующие системы "ПРОГРЕСС-Т2" будут востребованы производителями и во многих случаях явятся идеальным средством решения задач, возникающих у геофизиков.

Основные технические характеристики ТСС "ПРОГРЕСС-Т2"

1. Показатели назначения.
- 1.1. Показатели назначения аппаратуры регистрирующего комплекса ТСС.
- 1.1.1. Период дискретизации сейсмических каналов, мс: 0,5, 1,0, 2,0, 4,0.
- 1.1.2. Число портов сбора данных: 4
- 1.1.3. Максимальное число активных каналов в одной линии:

Период дискретизации, мс	Число каналов в линии
0,5	150
1,0	300
2,0	600
4,0	1200

- 1.1.4. Максимальное число линий на один порт 16
- 1.1.5. Максимальное число каналов каждого телеметрического порта сбора данных:

Период дискретизации, мс	Число каналов порта
0,5	300
1,0	600
2,0	1200
4,0	2400

- 1.1.6. Максимальная длительность регистрации каждого порта сбора данных и максимальная длительность коррелограмм при максимальной числе каналов

Период дискретизации, мс	Длительность Регистрации, с	Длительность Корреляции, с
0,5	32	6
1,0	32	6
2,0	32	8
4,0	32	16

- 1.1.7. Максимальное число накоплений, не менее: 128

- 1.1.8. Параметры фильтрации типа ФВЧ:
- частота среза на уровне минус 3 дБ устанавливается в диапазоне от 1 Гц до частоты Найквиста с возможностью отключения фильтрации;
 - дискретность установки частоты среза, Гц: 1
 - крутизна среза выбирается из ряда: 2, 24, 36 дБ/окт

- 1.1.9. Параметры фильтрации типа ФНЧ:
- частота среза на уровне минус 3 дБ устанавливается в диапазоне от 16 Гц до частоты Найквиста с возможностью отключения фильтрации;
 - дискретность установки частоты среза: 1
 - крутизна среза выбирается из ряда: 12, 24, 36 дБ/окт

- 1.1.10. Параметры фильтрации типа РФ:
- количество частот режекции не менее: 3
 - частота режекции устанавливается в диапазоне от 1 Гц до частоты Найквиста с возможностью отключения фильтрации;
 - дискретность установки частоты среза, Гц: 0,01

- 1.1.11. Отклонение частоты среза и крутизна фильтрации при воспроизведении, %, не более: 5

- 1.1.12. Число вспомогательных каналов: 1-30

- 1.1.13. Регистрирующий комплекс обеспечивает регистрацию сейсмоданных в формате SEG-D.

- 1.1.14. Максимальное число воспроизводимых на бумажном носителе сейсмических каналов: 240.

- 1.1.15. Число воспроизводимых вспомогательных каналов, не менее: 1-30

- 1.1.16. Воспроизводимые сейсмические сигналы подвергаются фильтрации в области верхних (ФВЧ) и нижних (ФНЧ) частот и режекции (РФ)

- промышленных частот. Параметры фильтров при

воспроизведении аналогичны параметрам фильтров при регистрации во время сбора сейсмоданных.

- 1.1.17. Воспроизводимые сейсмические сигналы подвергаются операции ручной (РРУ) или автоматической (АРУ) регулировки усиления.

- 1.1.18. Диапазон АРУ при воспроизведении, дБ, не менее: 100

- 1.1.19. Скорость АРУ при воспроизведении в диапазоне дБ/с: от 0 до 99 дБ/с

- 1.1.20. Диапазон установки начального усиления АРУ при воспроизведении (ступенями по 1 дБ), дБ, не менее: 100

- 1.1.21. Диапазон установки порога срабатывания АРУ при воспроизведении (ступенями по 1 дБ), дБ, не менее: 100

- 1.1.22. Максимальное число каналов при визуализации на мониторе: 240

- 1.1.23. Диапазон рабочих температур регистрирующего комплекса, С: от 10 до 40.

- 1.1.24. Потребляемая мощность регистрирующего комплекса, Ватт, не более: 250

- 2.1. Показатели назначения блока сбора данных БСД-6.

- 2.1.1. Число сейсмических каналов: 6

- 2.1.2. Максимальный входной сигнал, В, не менее: 3

- 2.1.3. Динамический диапазон, дБ, не менее: 137

- 2.1.4. Коэффициент нелинейных искажений, %, не более: 0,001.

- 2.1.5. Уровень собственных шумов в полосе частот от 10 до 125 Гц, мкВ эфф., не более: 0,2

- 2.1.6. Напряжение смещения нуля, мкВ не более $\pm 0,5$

- 2.1.7. Коэффициент подавления синфазного сигнала, дБ, не менее: 90

- 2.1.8. Амплитудная неидентичность сейсмических каналов, %, не более: 0,5.

- 2.1.9. Взаимное влияние между каналами, дБ, не более: минус 90.

- 2.1.10. Число разрядов выходного кода, включая знаковый разряд: 24

- 2.1.11. Граничная частота фильтра подавления "зеркальных" частот

Период дискретизации, мс	Граничная частота, не менее, Гц
0,5	800
1,0	400
2,0	200
4,0	100

- 2.1.12. Число значений фиксированного коэффициента усиления, не менее: 4

- 2.1.13. Величина ступени изменения фиксированного коэффициента усиления, дБ, не менее: 12

- 2.1.14. Диапазон входного питающего напряжения, В: от 18 до 70

- 2.1.15. Потребляемая мощность, Вт, не более: 1,4

- 2.1.16. Диапазон рабочих температур, С: от -40 до +70

- 2.2. Показатели назначения блока питания

- 2.2.1. Входное напряжение постоянного тока, В: от 10,5 до 15.

- 2.2.2. Выходные напряжения постоянного тока относительно корпуса блока, В: плюс 35 ($\pm 1,2$), минус 35 ($\pm 1,2$)

- 2.2.3. Число блоков сбора данных, обеспечиваемых электрической энергией одним блоком питания, не менее: 8

- 2.3. Показатели назначения секции телеметрического кабеля:

- 2.3.1. Максимальная длина секции, м: 330

- 2.4. Показатели назначения аккумуляторной батареи:

- 2.4.1. Номинальное напряжение, В: 12

- 2.4.2. Длительность непрерывной работы при максимальной нагрузке подключенного к батарее блока питания, ч, не менее: 10

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Опыт построения российских многоканальных телеметрических станций для сейсмических исследований (СТС-24 - СТС-24Р - РОСА)

О.М. Сагайдачная, А.В. Сагайдачный, А.Н. Шмыков
ФГУП Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, г. Новосибирск

Посвящается руководителю разработки
отечественной сейсмотелеметрической
станции СТС-24 СТС-24Р
ВАСИЛЬЕВУ ВАСИЛИЮ ПАВЛОВИЧУ

В середине 90-х годов с началом импорта зарубежных телеметрических станций с большим количеством каналов (свыше 500) производства ведущих фирм Input/Output (США), Sercel (Франция) преимущества телеметрических систем перед линейными станциями при проведении поисково-разведочных сейсмических работ были утверждены практически. Телеметрическая станция обеспечивала помимо повышения производительности сейсмических работ, оптимизации кабельного хозяйства, комфортности при ее эксплуатации, и более высокие параметры регистрирующего канала, такие как уровень шумов, мгновенный динамический диапазон, уровень взаимных помех и т.п. Таким образом, в это время сформировалась необходимость разработки отечественной телеметрической станции, и при доступности элементной базы ведущих производителей электронных компонент появилась возможность выполнения ее. В ФГУП "СНИИГГиМС" совместно с ЗАО "СибОКБ ГП" и при участии ЗАО "НПК СибГеоСейс" был разработан в 1996 г. высокоточный регистрирующий сейсмический канал, в котором аналоговый цифровой преобразователь (АЦП) был построен на базе микросхем нового поколения: комплекта СК5321 фирмы Cristal Semiconductor, Co. (США) в индустриальном исполнении [5, 6]. На основе этой разработки при активной поддержке МПР России были созданы первые отечественные образцы 24-х разрядных широкополосных и широкодиапазонных многоканальных телеметрических сейсмостанций: СТС-24 (выпуск 1999 г.) и СТС-24Р (выпуск 2001 г.) [1 - 4]. Достигнутые в этих станциях технические характеристики регистратора (см. таблица) соответствовали лучшим мировым аналогам фирм Input/Output (США), Sercel (Франция), G.Daps-4 (Япония).

Экспериментальные образцы телеметрической станции СТС-24 были переданы производственным геофизическим организациям ФГУ ГНПП "Спецгеофизика" и ФГУП "Иркутскгеофизика" для проведения сейсмических исследований на опорных региональных профилях, на которых получен материал хорошего качества (рис. 1). Станция СТС-24 по аналогии с зарубежными телеметрическими станциями имела шестиканальный модуль и обеспечивала подключение до тысячи каналов. Однако, из-за ограниченности материальных и временных ресурсов, и недостаточного опыта у разработчиков в станции не была реализована система сбора и передачи в реальном времени большого объема сейсмической информации по цифровой линии с необходимым трафиком (до 8 Мбит/с). В станции СТС-24 запись оцифрованных сейсмических данных проводилась во внутреннее ОЗУ модуля с последующей перекачкой информации по окончании сеанса. Передача данных выполнялась со средней скоростью 360 Кбит/с последовательно из каждого модуля по линии связи, состоящей из витой пары, выполненной из провода ГСП (т.п. "полевка"). Построенная так иррационально система сбора данных естественно привела к сокращению возможностей использования интерактивного режима и, как следствие, к ограничению в работе с невзрывными (импульсными и вибрационными) источниками.

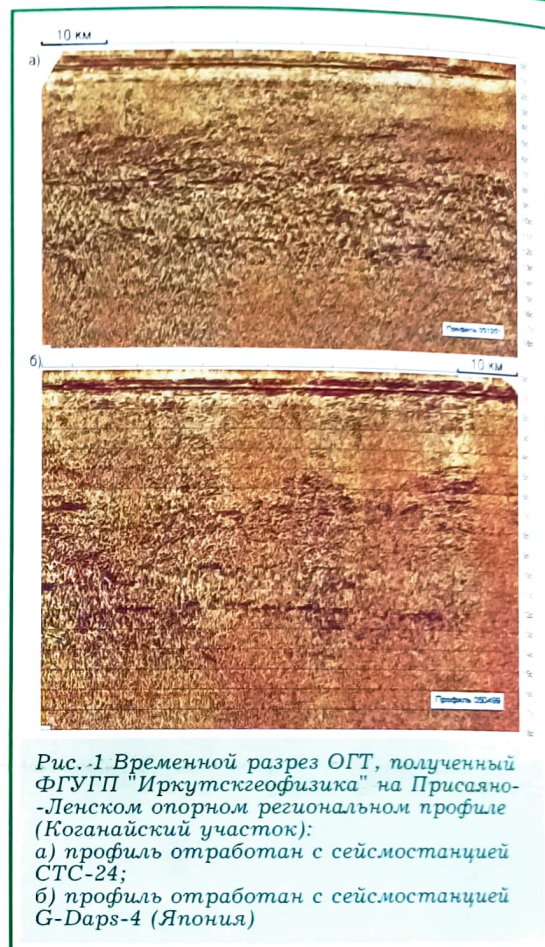


Рис. 1 Временной разрез ОГТ, полученный ФГУП "Иркутскгеофизика" на Присяно-Ленском опорном региональном профиле (Коганайский участок):
а) профиль отработан с сейсмостанцией СТС-24;
б) профиль отработан с сейсмостанцией G-Daps-4 (Япония)

Сейсмостанция СТС-24Р является логичным и последовательным развитием станции СТС-24. Прежде всего, в станции СТС-24Р были расширены функциональные возможности системы управления и создана система сбора сейсмической информации в реальном времени. Разработаны аппаратно-программные средства, обеспечивающие работу станции с вибрационными комплексами, оснащенными современной прецизионной электронной системой управления (типа Pelton VibroPro). В станции предусмотрен ведомый режим, при котором осуществляется прием сигналов внешнего запуска. Этот режим позволяет организовать работу станции совместно с другой регистрирующей аппаратурой или с ударными источниками возбуждения, у которых отметка момента удара фиксируется, например от пьезодатчика. В станции реализована система синхронизации начала регистрации по сигналам точного времени, полученных с датчика GPS стандарта NMEA0183 Trimble Lassen SQ, обеспечивающая пассивные и (или) режимные наблюдения.

Принципиально иначе в станции СТС-24Р построена интерфейсная часть и логика обмена по сейсмической линии связи.

Блок центральной электроники станции построен на базе персонального компьютера, работающего под управлением операционной системы WindowsNT 5.x (Windows 2000 Pro или Windows XP Pro), включающей стандартные

средства для архивации данных (CD-RW, Zip Drive и т. п.), дополненного специально разработанной интерфейсной платой для коммуникации с полевым оборудованием. Интерфейсная плата представляет собой плату расширения PCI, которая устанавливается в свободный слот материнской платы компьютера.

Передача в реальном времени цифровой информации организована пакетами переменной длины со скоростью обмена по линии связи равной 8Мбит/с. Для обеспечения пакетной передачи данных каждый модуль логически сформирован как набор управляющих и информационных регистров размерности до 24 бит. Состояние модуля (активное или пассивное) определяется через команды настройки. Пассивный модуль только ретранслирует данные по линии связи, а активный добавляет данные в проходящий пакет, длина которого с учетом обязательной паузы для разделения не должна превышать во времени период квантования, что контролируется программным обеспечением. Достоверность передачи цифровой информации обеспечивается использованием помехоустойчивых способов кодирования и оригинальных алгоритмов настройки, синхронного запуска и синфазной работы регистрирующих каналов. Запуск полевого оборудования по всей расстановке осуществляется командами управления, которые синхронизованы сигналами точного времени 1PPS от GPS приемника с погрешностью 90нс. Реализация синфазной работы модулей обеспечивается фазовой подстройкой тактовой частоты под частоту ведущего модуля. Подстройка рабочей частоты АЦП проводится таким образом, чтобы готовность данных формировалась в момент прохождения пакета данных через модуль. Такой способ гарантировано исключает расхождения частот квантования в модулях при любой длительности наблюдения.

Модернизировано и дополнено программное обеспечение станции СТС-24Р, которое позволяет выполнить настройку параметров системы регистрации и системы наблюдений, организовать работу станции в ведущем, ведомом и пассивном (мониторинг) режимах. Разработано программное обеспечение экспресс-обработки вибросейсмической информации, функционально заменяющее аппаратные корреляторы. Сервисное программное обеспечение дополнено системой дистанционного и оперативного контроля и метрологического тестирования технических параметров станции с составлением полного отчета результатов измерений.

Разработанный набор аппаратных и полевых тестов удовлетворяет регламентируемым требованиям к сейсмической аппаратуре, предъявляемыми заказчиками геофизических работ.

Телеметрическая станция СТС-24Р прошла многофункциональную апробацию в производственных условиях при проведении региональных, поисково-разведочных, детальных наземно-скважинных сейсмических исследованиях, а также инженерных изысканий, обеспечивающих экологическую безопасность техногенных объектов (гидротехнических сооружений, железнодорожных насыпей, тоннелей).

Региональные работы со станцией СТС-24Р проведены в 2001-2002 гг. на удалениях до 200 км на опорных геофизических профилях п. Быстровка (Новосибирская обл.) г. Новокузнецк (Кемеровская обл.), 2-ДВ (Магаданская обл.) совместно с Геофизической службой СО РАН (рис.2).

В качестве источника упругих колебаний использовался уникальный передвижной 40-тонный вибратор ЦВ-40, излучающий свип-сигнал (6.25-9.57 Гц) длительностью 52 минуты.

Детальные сейсмические работы с целью изучения межскважинного пространства и поиска высокопроницаемых нефтенасыщенных участков выполнены со станцией СТС-24Р по методике совмещенных наземно-скважинных работ ОГТ-2Д+ВСП совместно с СОМГЭИС (филиал ОАО

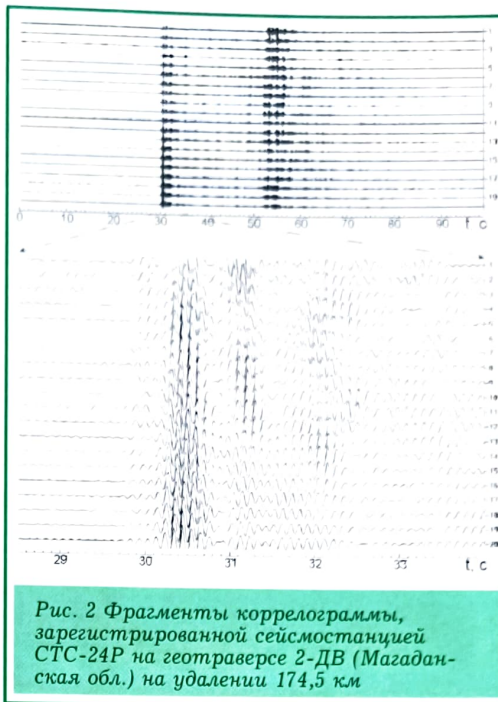


Рис. 2 Фрагменты коррелограммы, зарегистрированной сейсмостанцией СТС-24Р на геотраверсе 2-ДВ (Магаданская обл.) на удалении 174,5 км

"Сибнефтегеофизика") в 2002 г. в Западной Сибири (рис. 3).

Отметим также, что реализованные в телеметрической станции СТС-24Р научно-технические решения были использованы в совместной с СКБ МГП НИПИОкеангеофизика разработке телеметрической кабельной системы для сейсмических исследований в переходных или транзитных зонах "суша-море" (ССТ-480). Проведенные опытные работы с системой ССТ-480 в предельном мелководье на Таманском полуострове подтвердили высокие технические характеристики и надежность системы в полевых условиях.

Многоканальная сейсмотелеметрическая система СТС-24Р была разработана по заказу МПР России для проведения региональных сейсмических исследований, однако, как показали полевые испытания в производственных условиях, она может эффективно применяться в поисково-разведочных работах. Мобильность и регулируемая под конкретную методику

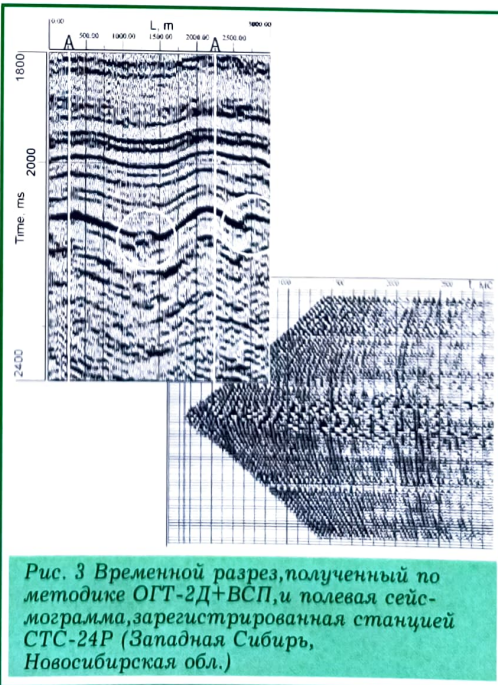


Рис. 3 Временной разрез, полученный по методике ОГТ-2Д+ВСП, и полевая сейсмограмма, зарегистрированная станцией СТС-24Р (Западная Сибирь, Новосибирская обл.)

конфигурация станции СТС-24Р, надежная система телеуправления, достигнутые уровни мировых стандартов технические характеристики регистрирующего канала являются важным результатом в решении проблемы создания импортозамещающих сейсмических телеметрических станций. Принимая во внимание выше изложенное, а также более низкую (примерно в два раза) стоимость по сравнению с зарубежными аналогами и возможность оперативного, экономичного сервисного обслуживания, многофункциональная сейсмотелеметрическая станция СТС-24Р может считаться конкурентоспособной при реализации современных технологий сейсморазведочных работ с различными источниками (вибрационными, импульсными, взрывными).

Актуальность новой разработки телеметрической системы РОСА (Российская Сейсмическая Аппаратура) для проведения детальных сейсмических работ, в том числе с многокомпонентной регистрацией данных, обусловлена современными выдающимися достижениями в области высоких технологий (hi-tech), и находит отражение в активной патентной политике мировых лидеров в области создания геофизической аппаратуры в данном направлении.

Сейсмостанция РОСА разработана с использованием оригинальных решений, реализованных в телеметрической системе СТС-24Р и защищенных патентами РФ [2, 4], выполнена на элементной базе нового поколения: многократно программируемых логических матриц высокой и сверхвысокой степени интеграции, прецизионных малошумящих аналоговых компонент, интегральных источников питания, высокоскоростных элементов телекоммуникаций и т.п. Качественно новые результаты при создании станции были получены через инженерные решения в области схемотехники и технологии проектирования, обеспечивающие более высокий уровень надежности системы регистрации и управления, минимизацию энергопотребления.

При разработке программного обеспечения полевого оборудования также были использованы результаты, достигнутые при создании телеметрической системы СТС-24Р, в частности способ формирования пакетов данных в старт-стопном режиме, который показал высокую помехоустойчивость. Поэтому по сигналам в сейсмических линиях связи сохранена преемственность со станцией СТС-24Р, а за счет сокращения длины линии и использования в передатчиках новых микросхем обеспечена возможность работы на линиях связи различной длины. Интерфейс обмена данными реализован с использованием служебного канала связи для постоянного мониторинга системы регистрации. Разработанный протокол обмена данных по сейсмическим линиям связи обеспечивает обмен данными вне зависимости от количества линий связи, соединяющих основные элементы станции. Логическое построение станции и структура пакетов информации в линиях связи позволяют принимать данные нескольких тысяч каналов. Пропускная способность магистральных кабелей, имеющих 8 пар передачи данных, обеспечивает суммарную скорость передачи цифровой информации в реальном времени до 64 Мбит/с.

Особое внимание при разработке сейсмотелеметрической станции было уделено модулю, как ее важнейшему элементу. Модули построены 4-х канальными с возможностью подключения многокомпонентного датчика, укомплектованы элементами, обеспечивающими дистанционный мониторинг параметров питания и температуры окружающей среды (рис. 4). Все входы модуля снабжены элементами грозозащиты. Многокомпонентный датчик подключается непосредственно к модулю, а линия связи в этом случае содержит две пары передачи данных и пару передачи питания. Модуль работает с сейсмическими линиями связи переменной длины (от 0 м до 220 м) без



Рис. 4 Портативный 4-х канальный модуль сейсмостанции РОСА.

специальной дополнительной настройки.

Система управления работы модуля реализована на перепрограммируемых логических матрицах сверхвысокой степени интеграции фирмы Altera, обеспечивающих одновременную организацию нескольких независимых процессов. На матрице Altera выполнены: микропрограммный автомат управления модулем, схема управления потоками цифровой информации по линиям связи, цифровой 24-х разрядный дельта-сигма модулятор встроенного генератора тестовых сигналов, система контроля метрологических параметров модуля, цифровой 4-х канальный фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр) низких частот АЦП. Программное обеспечение модуля хранится в перезаписываемой "флэш" - памяти, объем которой достаточен для возможных расширений и модернизаций в будущем.

Новые схемные решения в проектировании аналогового тракта сейсмического канала станции РОСА позволили значительно улучшить качество аналого-цифрового тракта по сравнению со станцией СТС-24Р и превзойти по основным показателям (отношение сигнал/шум, коэффициент нелинейных искажений, мгновенный динамический диапазон) заявленные параметры телеметрических зарубежных станций, поставляемых в Россию (см. таблицу). В аналоговом входном тракте сейсмического канала регистрации применен полностью дифференциальный усилитель с дифференциальными входом и выходом и с переключаемыми коэффициентами усиления, который построен на двух малошумящих прецизионных операционных усилителях последних разработок фирмы Analog Device (OP284FS) [11]. Полностью симметричная схема дифференциального усилителя, использование прецизионных пассивных компонентов позволяет достичь уровня подавления синфазного сигнала не ниже 100 дБ. Использование усилителей "Rail-to-rail" обеспечило возможность работы при низком однополярном напряжении питания равном +5В получить диапазон входных напряжений $\pm 5В$ (p - p). Входной каскад содержит диодные ограничители для защиты входов от перенапряжения, анти-аляйсинговые фильтры второго порядка и аналоговые коммутаторы. Примененная коммутация позволяет подключить к АЦП не только измерительные тракты регистратора, но и тестовые сигналы, и эквивалент нагрузки. Такая реализация коммутатора сигналов позволяет провести проверку метрологических параметров всего тракта, выполнить контроль состояния геофонов, оценить взаимное влияние каналов и наличие их утечки.

Кроме усилителя был разработан 24-х разрядный АЦП сейсмического канала станции РОСА, функционирующий при однополярном напряжении питания +5В с характеристиками не хуже, чем у АЦП на базе микросхем Cristal СК5321 регистратора станции СТС-24Р. Построение 24-х разрядного АЦП было выполнено в двух вариантах: в первоначальном, с использованием сигма-дельта модулятора второго порядка Burr Brown ADS1201 совместно с

Таблица 1 Основные технические характеристики полевых телеметрических модулей

параметры	MRX-2 станции Input/Output System Two	SU6-B станций Sercel SN388 и Sercel 408UL	SU1-UL станций Sercel SN388 и Sercel 408UL	RSU станции G-DAPS-4A	станции CTC-24P	станции POCA
количество каналов регистрации	6	6	1	6	6	4
интервал дискретизации, мс	0,5; 1,0; 2,0; 4,0	1,0; 2,0; 3,0; 4,0	1,0; 2,0; 3,0; 4,0	0,5; 1,0; 2,0; 4,0	0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0	0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0
аналого-цифровой преобразователь	24 разряда					
мгновенный динамический диапазон	более 120 дБ					
коэффициент нелинейных искажений	менее 0,0005%	менее 0,0003%	менее 0,0003%	менее 0,0005%	менее 0,002%	менее 0,0005%
взаимные влияния между каналами	менее минус 110 дБ	менее минус 90 дБ	не имеет значения	менее минус 100 дБ	менее минус 110 дБ	менее минус 110 дБ
действующее значение напряжения шума канала, приведённое ко входу при усилении (дБ)	менее 0,15 мкВ (36 дБ)	менее 0,4 мкВ (24 дБ)	менее 0,4 мкВ (24 дБ)	менее 1,48 мкВ (6 дБ)	менее 0,2 мкВ (36 дБ)	менее 0,15 мкВ (36 дБ)
потребляемая мощность на канал	менее 0,6 Вт	менее 0,24 Вт	менее 0,8 Вт	менее 0,42 Вт	менее 0,33 Вт	менее 0,2 Вт
способ питания	1 аккумулятор на модуль	1 аккумулятор на 48 каналов	1 аккумулятор на 40 каналов	1 аккумулятор на модуль	1 аккумулятор на модуль	1 аккумулятор на 60 каналов
габариты модуля	250x250x200мм	217x217x122мм	217x217x122мм	304x264x170мм	242x242x150мм	145x87x65 мм
масса модуля	менее 4,5 кг	менее 3,85 кг	менее 1,45 кг	менее 6 кг	менее 5 кг	менее 1 кг
диапазон рабочих температур	от минус 40°С до плюс 70°С			от минус 40°С до плюс 60°С		
максимальная длительность регистрации	20000 отсчетов			32768 отсчетов	до и более 200000 отсчетов	

цифровым фильтром низких частот собственной разработки и, в последующем, с появлением комплекта микросхем Cristal CS5372-CS5376, с использованием двухканального сигма-дельта модулятора четвертого порядка CS5372 из этого комплекта [7 - 9,12]. Обработка последовательного непрерывного потока данных от модулятора и получение 24-х разрядного слова (отчета) в АЦП выполняется с использованием оригинального цифрового КИХ-фильтра нижних частот. Разработанный цифровой фильтр имеет уникальные характеристики: узкая переходная полоса, высокая равномерность в полосе пропускания, большое затухание в полосе задержания (рис. 5). В модуле реализовано несколько различных КИХ-фильтров в зависимости от частоты квантования, в частности

КИХ-фильтр для периода квантования 1 мс содержит 32000 отводов. Коэффициенты фильтра хранятся в ПЗУ регистратора, откуда они перезаписываются в быстрое ОЗУ, но могут быть загружены и по линии связи. В сочетании с фильтром собственной разработки сигма-дельта модулятор BV ADS1201 образует 24-разрядный АЦП с характеристиками, сравнимыми с параметрами АЦП, построенном на базе микросхем Cristal CK5321, но с меньшими габаритами и энергопотреблением. Применение сигма-дельта модулятора Cristal CS5372 совместно с фильтром собственной разработки позволяет получить уникальный 24-разрядный АЦП, значительно превосходящий по основным параметрам (мгновенный динамический диапазон, уровень собственных шумов, коэффициент

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



нелинейных искажений) реализованные решения с использованием комплекта Cristal CK5321.

Генератор тестовых сигналов модуля станции РОСА построен на принципах дельта-сигма цифрового аналогового преобразователя (ЦАП) и обеспечивает уровень нелинейных искажений сигналов меньше 0,0001%. Реализованные параметры внутреннего генератора тестовых сигналов определяют высокое качество автономного метрологического обеспечения.

Система электропитания модуля выполнена на импульсном стабилизаторе с диапазоном питающих напряжений 9В - 45В. Мощность потребления 4-х канального модуля составляет около 1 Вт. Широкий диапазон входных напряжений позволяет осуществить питание линейных фрагментов по сейсмическому кабелю на расстояниях до 3 км в одну сторону. При увеличении длины расстановки до 10 км в одну сторону модули комплектуются дополнительным источником питания с входным напряжением в диапазоне 40В 121В.

Многоканальная многокомпонентная телеметрическая сейсмостанция РОСА, разработанная на элементной базе нового поколения, является импортозамещающей. По функциональным и техническим характеристикам она соответствует лучшим зарубежным аналогам, а по отдельным параметрам (стоимость, вес, габариты, потребление энергии, частота дискретизации и длительность регистрации) превосходит зарубежные станции, поставляемые в Россию. Станция позволяет реализовывать площадные системы наблюдения и многокомпонентную регистрацию, обеспечивает высокую эффективность детальных сейсмических работ, в том числе и совмещенных наземно-скважинных исследований при решении сложных геологических задач, относящихся к

области поиска, разведки и доразведки месторождений углеводородов.

Отличительными характеристиками станции РОСА являются:

- портативный 4-х канальный полевой модуль;
- иерархический принцип построения, работа в ведущем, ведомом и пассивном (мониторинг) режимах;
- синхронизация по сигналам точного времени (GPS) по всей расстановке системы;
- значительное по объему и спецификации внутреннее самотестирование;
- организация непрерывного и большого объема потока сейсмических данных без ограничения по времени;
- мониторинг системы в реальном времени.

Таким образом, наш собственный опыт построения многоканальных телеметрических станций с 24-разрядными аналого-цифровыми преобразователями высокого разрешения позволяет утверждать, что параметры регистрирующего тракта, такие как собственные шумы, динамический диапазон и т.п. в настоящее время достигли определенных пределов и могут быть повторены. Это связано, прежде всего, с доступностью новейшей элементной базы, в том числе и многократно программируемых логических микросхем. И, следовательно, достижение высоких характеристик сейсмического канала регистрации в настоящее время определяется не столько элементной базой, а в большей мере уровнем схемотехники, технологии проектирования и производства. Оптимальные результаты в создании современных сейсмических регистрирующих систем следует достигать в новых решениях, обеспечивающих высокую надежность регистрации больших объемов информации данных нескольких тысяч каналов, при минимизации энергопотребления и расширении сервисного программного обеспечения. Применение многократно программируемых логических матриц позволяет создать станцию с заданными параметрами и с возможностью осуществлять ее модернизацию под требования новых технологий полевых работ.

Литература

1. Васильев В.П., 2001, Технология и технические средства обеспечения региональных сейсмических работ. Методы, технические средства, методика обработки и интерпретации геолого-геофизических исследований при создании государственной сети опорных геофизических профилей: Доклады Всероссийского семинара (Новосибирск, 10-13 ноября 1999 г.) Новосибирск: СНИИГГИМС.
2. Васильев В.П., Шмыков А.Н., Сагайдачный А.В. и др., 2002, Способ сбора сейсмических данных и устройство для его осуществления. Патент РФ №2189615. Б.И. 26.
3. Сагайдачная О.М., Мальцев А.И., Птицына Т.С. и др. Отечественная многоканальная телеметрическая станция СТС-24Р для сейсмических исследований. Геофизический вестник ЕАГО, №10, 2002 г. с.10-16.
4. Шмыков А.Н., Сагайдачный А.В., Сагайдачная О.М., Щегольков А.В. Устройство фазовой автоподстройки тактовой частоты аналого-цифровых преобразователей в многоканальных системах сбора сейсмических данных. Решение о выдаче патента на изобретение от 11.09.02.
5. CS5320/21/22. Product Data Sheet (pdf) 10/1999, DS454PP1:796 Kb, Copyright, 1999, Cirrus Logic, Inc.
6. AN053 The CS5322 Digital Filter (pdf) 07/1996, AN53REV2:171 Kb, Copyright, 1999, Cirrus Logic, Inc.
7. CS5371/72. Product Data Sheet (pdf) 08/2001, DS225PP2:367 Kb, Copyright, 1999, Cirrus Logic, Inc.
8. Single-Sensor Seismic, Earthquake Monitoring, Sonar Copyright, 2001, Cirrus Logic, Inc.
9. Standard Seismic, Reservoir Monitoring, Sonar Copyright, 2001, Cirrus Logic, Inc.
10. Cirrus Logic's New Seismic Measurement Chip Pumps Up Next-Generation Energy-Exploration System Capabilities September 7, 2001 Copyright, 2001, Cirrus Logic, Inc.
11. Mixed-signal and DSP design techniques. Copyright © 2000 by Analog Devices, Inc. Printed in the USA.
12. A. Rodriguez-Vazquez, F. Medeiro and B. Perez-Verdi, 2000, High-Speed, High-Resolution УД Modulators: An Overview with Emphasis on Cascade Architectures - Workshop on Embedded Data Converters - Stockholm, September 22.

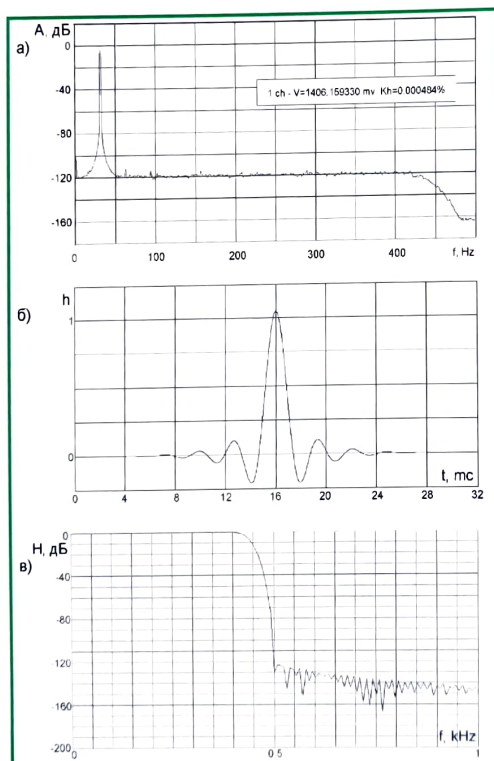


Рис. 5
а) Амплитудный спектр реального гармонического сигнала (А), полученного при измерении коэффициента нелинейных искажений сквозного тракта, (Kh);
б) импульсная характеристика КИХ-фильтра, (h);
в) амплитудно-частотная характеристика КИХ-фильтра (H) для интервала дискретизации 1 мс

Опыт создания сейсмических телеметрических систем для работ в условиях мелководья и транзитных зон (на примере ССТ-480 и ССТ-4)

Бородин В.М., Ксенофонов Ю.А., СКБ МГП НИПИокеангеофизика, г. Геленджик;
Сагайдачная О.М., Сагайдачный А.В., Шмыков А.Н., ФГУП "СНИИГГиМС" г. Новосибирск

Мелководные и транзитные зоны, под которыми обычно понимают участки акваторий (морей, озер, рек и других водоемов) с глубинами от 5 до 0 метров и прибрежной суши, занимают весьма значительные площади, особенно с учетом районов со сгонно-нагонными и приливными явлениями. Оставаясь "белыми пятнами" для сейсмических исследований, зоны затрудняют достоверную оценку перспектив нефтегазоносности прибрежных участков и планирование в этих районах разведочных работ на нефть и газ.

Следует особо подчеркнуть неблагоприятные приповерхностные сейсмогеологические условия зон: наличие прибрежных топей, илистых и заболоченных участков, участков распространения прибрежной и донной растительности. Проведение сейсмических исследований здесь можно уверенно отнести к работам в экстремальных условиях.

Экстремальные условия работ требуют специальных дорогостоящих транспортных средств и средств ведения сейсмической разведки, обеспечивающих получение максимума информации за один проход профиля.

Под средствами ведения сейсмической разведки здесь понимается сейсмическая система в составе: центральная станция, кабель сейсмический телеметрический (КСТ), сеймоприемники и цифровые телеметрические модули (ЦТМ).

Основные требования к центральной станции - достаточное быстродействие для обработки связей с ЦТМ, архивация сейсмических данных, их визуализация, а также сохранение работоспособности после транспортировки по пересеченной местности. Этим условиям вполне соответствуют компьютеры в промышленном исполнении.

Основные требования к конструкции сейсмического телеметрического кабеля: наличие двух жил питания, двух витых телеметрических пар и 2÷4 пар аналоговых. Существенные электрические параметры (электрическое и волновое сопротивление, сопротивление изоляции и т.д.) обеспечиваются изготовителями без особых проблем, при этом почти не влияют на стоимость кабеля. Напротив, важнейшие прочностные и массогабаритные характеристики телеметрических кабелей в виду их противоречивости: разрывное усилие от 2 до 10 кН при диаметре не

более 18-20 мм, устойчивость внешней оболочки к истиранию и порезам при высокой гибкости и относительно небольшой массе, - выполняются за счет резкого увеличения их стоимости.

В таблице 1 приводятся сравнительные характеристики нескольких телеметрических кабелей.

Все перечисленные в таблице кабели используются на акваториях и суше, но имеют один общий недостаток: при перестановке косы волоком они могут врезаться в донные отложения, что приводит к увеличению усилия буксировки (особенно в начальный момент движения). Появляется также и дополнительный риск получить повреждения кабеля из-за захороненных в донных отложениях всевозможных препятствий.

При сейсмических исследованиях на акваториях перспективно использование шланговых кабелей, у которых внешний диаметр от 43 мм и выше и масса в воде около 50 кг/км, такие кабели мало врезаются в дно.

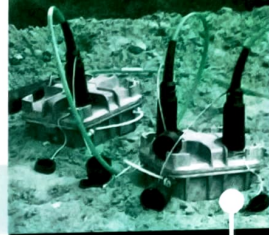
В аналоговых донных косах шланговые кабели применяются уже более 50 лет. Их эксплуатация в старт-стопном режиме при длинах до 2000 м особых проблем не вызывает. Использование телеметрических кос длиной в 5-7 км при глубине воды от 0 до 5 м безусловно создает проблемы. Если коса находится на профиле в неподвижном состоянии несколько часов на илистом дне, то сорвать ее с места для буксировки по профилю можно только специальными транспортными средствами, особенно на малых глубинах. Необходимо при этом помнить о весе и объеме шланговой косы в воздухе (ориентировочно масса косы в воздухе 1400 кг/км, объем 150 дм³/км).

На мелководье, с глубинами от 5 до 2 м, обычно применяются сейсмоприемные устройства с датчиками давления. В транзитной зоне, с глубинами от 2 до 0 м, используются устройства только с геофонами, так как приемники давления на глубинах менее 2 м имеют относительно низкую чувствительность.

Когда расстановка приемных устройств начинается в воде, например, на глубине 5 м и заканчивается на суше, сейсмоприемники должны быть комбинированными, т.е. иметь датчики давления и геофоны. Учитывая сложность ориентации приемников смещения в

Таблица 1

Параметры	Марка кабеля			
	КГТ-75	КСТ 25	КСТ 50	КС-11
Разрывное усилие, кН	75	25	50	5
Грузонесущий элемент	броня	нить ARMOS (Ø 3.4 мм)	нить ARMOS (Ø 4.45 мм)	-
Внешняя оболочка	броня	полиуретан	полиуретан	полиуретан
Внешний диаметр	18	14	15	14,5
Мин. диаметр изгиба, мм	≥500	≥ 28	≥ 30	≥ 30
Масса кабеля, кг/км	600	240	270	250
Стоимость, руб./км	80000	165000	210000	95000



воде, их необходимо обеспечивать системой самоориентации.

Для увеличения структурной эффективности сейсморазведки, особенно при изучении сложно построенных среда также определения литологического состава геологического разреза нужен анализ волновых полей и совместное использование волн различных типов. Для приема X,Y,Z - компонент волнового поля в СКБ МГП НИПИОкеангеофизика разработан ряд самоориентирующихся сейсмодатчиков, работающих в экстремальных условиях, в том числе трехкомпонентный самоориентирующийся датчик СД-4, который содержит X,Y,Z - геофоны и гидрофон.

Сейсмические исследования по различным методикам в крайне тяжелых геолого-географических условиях требуют одновременного съема информации с огромного количества полевых точек наблюдения: от нескольких сотен до нескольких тысяч. Таким требованиям отвечают только мультиканальные телеметрические системы.

С учетом вышеизложенного в 1997 году в СКБ МГП НИПИОкеангеофизика (г. Геленджик) началось проектирование 480-канальной системы сейсмической телеметрической (ССТ-480), предназначенной для работы на мелководье и в транзитных зонах. С 1998 года работы над системой продолжены совместно с ФГУП СНИИГГиМС (г. Новосибирск).

По независимым от разработчиков причинам завершение работ было отодвинуто более чем на один год, и из-за недостаточности средств изготовлено всего 120 каналов.

В 2000 г. работы по созданию системы ССТ-480, имеющей технические характеристики уровня зарубежных систем аналогичного назначения была завершена. При этом стоимость одного условного канала оказалась в 1,5 раза ниже стоимости канала подобной системы фирмы I/O.

В декабре 2000 г. успешно проведены приемочные испытания ССТ-480 в сильно заболоченном районе приазовских лиманов.

Система ССТ-480 (рис. 1) представляет собой телеметрическую станцию распределенного типа, основным элементом которой является сейсмическая коса с цифровыми телеметрическими модулями (ЦТМ). Отличительными характеристиками этой системы являются: открытая



Рис. 1 Цифровой телеметрический модуль системы ССТ-480

структура, работа в реальном времени без ограничения длительности наблюдения, кабельная система электропитания, строго герметичное исполнение основных частей телеметрической косы (ЦТМ, кабелей, сейсмодатчиков).

Сейсмическая коса, включающая линии телеметрии и питания, выполнена из кабеля с торцевой герметичностью КС-11, разработанного и изготовленного специально для этой станции. Масса кабеля составляет 250 кг/км. Максимальная длина одной косы ограничивается сечением питающих жил, которое выбрано исходя из энергопотребления 20 модулей в косе (120 каналов). Это позволяет иметь 6 километров



Рис. 2 Фрагмент сейсмической телеметрической косы системы ССТ-480

непрерывной расстановки с подключением к центральной станции одной линии (всего линий - 4). Для организации питания в кабеле используются выделенная медная пара сечением 3 мм². Внутренний источник ЦТМ имеет диапазон рабочих напряжений от 40В до 90В. Мощность потребления одного модуля не превышает 2,4 Вт. Коса выполнена в виде отрезков по 330 м с герметичными оконечными специальными разъемами и разъемами типа КСЛ через 50 м для подключения сейсмодатчиков. В кабеле расположены: пара питания, линия связи, три аналоговых пары и две запасные пары. Рабочая глубина погружения косы от 0 до 5 м. (Глубина ограничена из-за конструкции сейсмодатчиков и разъемов КСЛ).

ЦТМ выполнены в цилиндрическом корпусе с двумя разъемами подключения. Цилиндрическое исполнение ЦТМ имеет ряд существенных преимуществ. Прежде всего, примененная конструкция исключает трудоемкую операцию стыковки - расстыковки при расстановке регистрирующей системы на местности, при этом всегда имеется возможность работы на профиле способом конвейерного перемещения секций (допускается перемещение волоком с отключенными сейсмодатчиками и при отсутствии препятствий на профиле).

ЦТМ разработаны на основе решений, реализованных в модулях сейсмодатчик-телеметрической станции СТС-24Р [1]. Печатные платы были переработаны под новый конструктив модуля и собраны в виде "этажерки". На одной плате выполнены источник питания, система управления и тестовый генератор, на четырех платах исполнены аналого-цифровые преобразователи (АЦП) 6 каналов. Платы распаяны между собой и подсоединены к торцевым разъемам. Собранный модуль размещается в герметичном кожухе из алюминиевого сплава. Герметичность разработанной конструкции телеметрического модуля позволяет использовать его на глубинах до 250 м.

Канал регистрации сейсмических данных построен с использованием 24-разрядного дельта-сигма модулятора типа СК5321ВЛ. Канал регистрации начинается с коммутатора, позволяющего подать на вход усилителя напряжение с геофона, сигнал тестового генератора с устройства управления и подключить к входу эквивалент нагрузки. После коммутации сигнал усиливается инструментальным усилителем и через анти-алиасинговый фильтр поступает на дельта-сигма модулятор, данные которого обрабатываются цифровым фильтром комплекта СК5321ВЛ. Данные АЦП в виде 24-х разрядных слов по последовательному каналу поочередно считываются и передаются в устройство управления и далее в сейсмическую линию связи.

Система управления ЦТМ спроектирована для работы телеметрии по одной линии связи, работающей в полудуплексном режиме. Для организации прямого и обратного каналов передатчики и приемники включены в мостовую дифференциальную систему, выполненную на развязывающих трансформаторах и согласованную с линией связи по волновому сопротивлению. Такая схема построения позволила организовать полно дуплексный канал связи с достаточным уровнем развязки.

Телеметрия станции ССТ-480 обеспечивает передачу цифровых данных максимальным трафиком 8,192 Мбит/с, что обеспечивает сбор информации по одной линии в реальном времени с 960 каналов для частоты дискретизации 2 мс. Достоверность передаваемых данных обеспечивается применением избыточного кодирования с логикой выявления искаженной информации.

Логически ЦТМ представляют собой набор регистров с фиксированными внутренними адресами, обращение к которым позволяет производить рабочие настройки параметров регистратора и контролировать текущее состояние его параметров. Для устранения случайного изменения настроек ЦТМ применена многошаговая система доступа с использованием электронного ключа. Передача данных в линии происходит пакетами переменной длины, разделенными паузами. Для корректной работы системы дешифрации применена сбалансированность кода по количеству единиц положительной и отрицательной полярности в пакете данных. Система дешифрации кода построена с использованием цифровой фазовой подстройки. Внутренняя тактовая частота дешифратора составляет 32768 КГц, что является достаточным для безошибочного приема данных.

Система управления ССТ-480 собрана на программируемой матрице фирмы Altera. На матрице реализован шифратор-дешифратор данных и команд, регенератор и формирователь пакетов данных, кодер/декодер канального кода, микроконтроллер управления режимами работы модуля.

Станция ССТ-480 имеет встроенные средства самотестирования качества передачи данных с возможностью выявления сбойного участка косы, что позволяет предупредить потерю информации в случае повреждения кабеля при проведении полевых работ.

Построенная система управления позволила обеспечить достаточно высокие скорости обмена по линии связи, организовать надежную работу регистратора и оперативный дистанционный контроль параметров модуля.

Сейсмический канал регистрации в опытной эксплуатации подтвердил высокие значения технических параметров, но функциональные возможности встроенной самодиагностики являются недостаточными и их необходимо расширить. Нельзя считать удовлетворительными и габаритные размеры ЦТМ.

Дальнейшее развитие телеметрических сейсмостанций для переходных зон нашло свое отражение в новой разработке станции ССТ-4, предназначенной, в том числе, и для многокомпонентных наблюдений. В разработку заложены оригинальные идеи, как в конструкции, так и в схемотехнике, более глубоко проработаны вопросы технологичности изготовления, настройки, контроля и модернизации.

Выполнен переход на более удобный для использования 4-х каналный модуль регистрации (рис. 3), к которому можно подключить многокомпонентный сейсмоприемник или несколько однокомпонентных геофонов (и) или гидрофонов. Переход на меньшее количество каналов



Рис. 3 Печатные платы 4-х каналного цифрового телеметрического модуля системы ССТ-4

регистрации сокращает расстояние между модулями, что позволяет значительно (в разы) поднять скорости, увеличить пропускную способность канала связи и, соответственно, увеличить протяженность активной расстановки. Применение новых способов кодирования информации упростило схемотехнику приемопередатчиков линии связи при экономном использовании ее частотного диапазона. Реально достижимые скорости передачи данных ССТ-4 составляют 32 Мбит/с, что требуется при протяженной расстановке с многокомпонентными сейсмоприемниками.

Использование последних достижений в области микроэлектроники позволило сократить до двух количество печатных плат и уменьшить их размеры. Модуль ЦТМ ССТ-4 стал в несколько раз меньше и состоит только из двух плат: платы управления и АЦП размером 98×38 мм каждая. Межплатное расстояние составляет 6 мм. Сборка двух плат может быть упакована в цилиндрический корпус диаметром 40 мм и длиной 100 мм.

Двухступенчатая система электропитания была разработана специально для ССТ-4 и позволяет использовать как низковольтное питание 8 - 40 В, так и высоковольтное питание 40 - 120 В. Кабельная система может иметь протяженность до 8 - 10 км. Высоковольтное питание имеет дополнительно гальваническую развязку до 1500 В. Общее потребление модуля снижено до 1 Вт.

Система управления построена на высокочастотной матрице нового поколения фирмы Altera. На ресурсах матрицы выполнены четырехканальный 24-разрядный цифровой фильтр, микроконтроллер управления режимами ЦТМ, кодеры и декодеры приемопередатчиков. Система команд, распределение ресурсов, добавление новых функций или их модернизация могут легко изменяться при необходимости посредством перепрограммирования флэш-памяти. Система управления имеет встроенный мониторинг окружающей среды (температуры и влажности) и параметров электропитания, включая ток потребления. Появилась возможность контролировать состояние расстановки в реальном времени вне зависимости от режима работы, в том числе конфигурацию станции.

Литература

1. Васильев В.П., Шмыков А.Н., Сагайдачный А.В. и др., 2002, Способ сбора сейсмических данных и устройство для его осуществления. Патент РФ №2189615, Б.И. 26.

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Телеметрическая электроразведочная станция "ТЭС-24" и ее использование при решении задач прикладной геофизики

Мокроусов В.А., ООО "Специальные геофизические системы", г. Саратов, Россия
Кузин В.А., ОАО "Саратовнефтегеофизика", г. Саратов, Россия

Электроразведочная станция "ТЭС-24" была создана в конце 90-х годов коллективом разработчиков СКБ СП, г. Саратов [1,2,3]. Станция по своему построению является телеметрической (ТМ), т.е. в отличие от станций с линейным разделением каналов, информация с датчиков поля поступает на выносные электроразведочные блоки сбора данных (БСД-Э), оцифровывается в них, а затем по общему кабелю (телеметрическому каналу) в цифровом виде передается в бортовой комплекс. Телеметрический канал (ТК) обеспечивает также возможность дистанционного управления режимом работы и параметрами БСД, возможность синхронной регистрации параметров измеряемого поля при различных расстановках датчиков и систем возбуждения.

Зарубежным прообразом разрабатываемой станции можно назвать систему TEAMEX-90 (Германия). В России на тот момент полностью телеметрических электроразведочных систем еще не было. Некоторые существовавшие электроразведочные станции имели телеметрический канал, но предполагали передачу по нему уже собранной измерителем с линейным разделением каналов аналоговой информации с 6-ти 10-ти выносных усилителей.

Станция создавалась на базе сейсморазведочной телеметрической системы "Прогресс-Т", и с самого начала ее проектирования она задумывалась, как система, обеспечивающая возможность комплексирования методов сейсмо- и электроразведки на этапе полевых наблюдений. В тот период достаточно интенсивно в этом направлении проводились исследования в НВ НИИГТ, г. Саратов, поэтому исходные данные для проектирования ТЭС-24 были согласованы с этой организацией. В дальнейшем интерес к этой

станции проявила организация ОАО "Саратов-нефтегеофизика", она же в 1996 г. стала первым ее заказчиком.

Основное назначение ТЭС-24 - выполнение наземных поисково-разведочных работ при решении задач нефтяной и газовой разведки. В то же время станция в малокабельном варианте оказалась удобным инструментом для физического лабораторного и натурного моделирования и исследования процессов становления поля, например, при создании магнитоимпульсных дефектоскопов скважинных приборов, испытаниях датчиков магнитного поля dV/dt и др.

Состав станции:

- Наземный комплекс аппаратных средств.
- Бортовой комплекс аппаратных средств.

Комплект программных средств тестирования и управления ТЭС.

Комплект программных средств оперативной обработки и интерпретации результатов полевых измерений.

Наземный комплекс аппаратных средств содержит:

- блоки сбора данных БСД-Э;
- блоки регенерации БРГ;
- секции проводного телеметрического кабеля длиной 55 м и 110 м.

Параметры БСД-Э в сравнении с параметрами сейсморазведочных блоков БСД-С приведены в табл. 1.

Если наземный комплекс станции содержит более 48-ми БСД, то в состав комплекса дополнительно вводятся:

- полевые блоки питания БПТ (блок питания телеметрический);
- полевые источники питания ИПП.

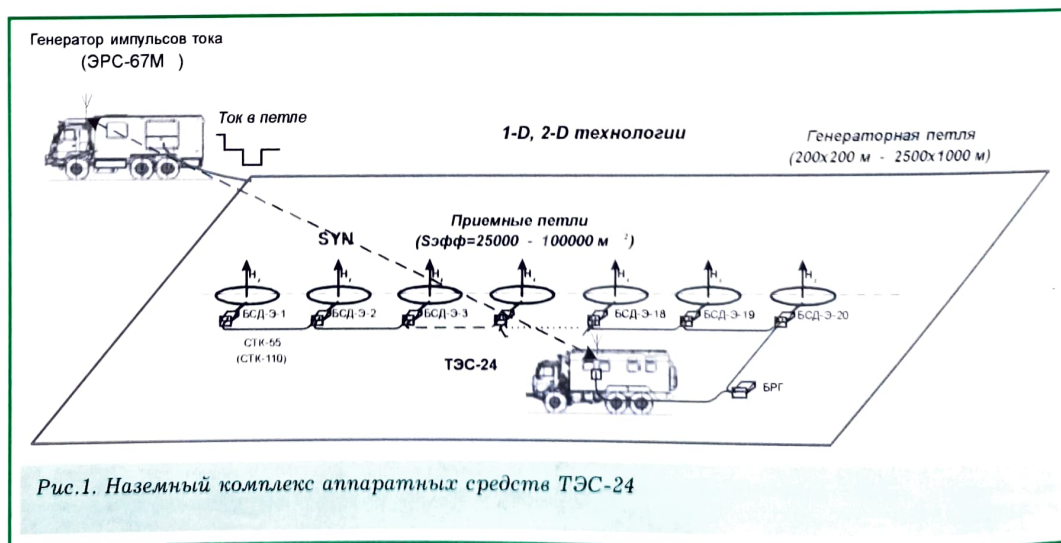


Таблица 1 Технические данные блоков сбора данных наземного комплекса

	БСД-С	БСД-Э
Число каналов	1	1
Тип входа	Трансформаторный	Открытый, дифференциальный
Индуктивность входного трансформатора Гн, не менее	1000	-
Входное сопротивление, МОм, не менее	-	1
Максимальный входной сигнал, мВ	724±7, эфф	±8192, ампл.
Уровень шумов при максимальной чувствительности, мкВ, в полосе частот 0.1 до 320 Гц, приведенных к замкнутому входу усилителя, мкВ эфф., (при температуре окружающей среды (22±5) С), не более	0.25	0.25
Коэффициент усиления предварительного усилителя, Кпу	8, 32, 128	1, 4, 16, 64, 256
Коэффициент усиления усилителя, Ку	-	1, 4, 16, 32
Напряжение смещения нуля, приведенное ко входу, мкВ, не более (при температуре окружающей среды (22±5) С)	0.5	-
Диапазон компенсации смещения нуля, приведенного ко входу, мВ	-	±10 000/ Кпу
Нижняя граничная частота, Гц	3	0.005
Фильтр верхних частот	вкл/ откл	Отсутствует
а) граничные частоты, Гц	а) 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32; б) 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60; в) 64, 68, 72, 76, 80, 84, 88	
б) крутизна среза, дБ/окт	12, 24	
Режекторный фильтр промышленной частоты, Гц	50	49, 49.5, 50, 50.5, 51
а) коэффициент подавления, дБ, не менее (при температуре окружающей среды (22±5) С°)	50	40
б) ширина полосы подавления, Гц		
на уровне минус 3 дБ	10	10
на уровне минус 40 дБ	1	0.25
Режекторный фильтр промышленной частоты, Гц	-	99, 100, 101
а) коэффициент подавления, дБ, не менее (при температуре окружающей среды (22±5) С°)	-	40
б) ширина полосы подавления, Гц		
на уровне минус 3 дБ	10	10
на уровне минус 40 дБ	1	0.5
Фильтр нижних частот:	Тейлора	Бесселя, 8 порядка
а) граничные частоты, Гц	а) 62.5, 125, 250; б) 80, 160, 320	320, 160, 80, 40, 20, 10
б) коэффициент подавления сигнала, не менее	Для f=2fгр, 70 дБ	48 дБ/октаву
Колебательный выброс на переходной характеристике фильтра, %, не более	10	1
Интервал дискретизации регистрируемых сигналов, мс	1, 1.25, 2, 2.5, 4, 5, 8, 10, 16, 20	
Максимальная длина одной записи канала, дискрет	16 000	
Число ступеней МАРУ (при величине ступени 21)	24 (15)	24 (15)
Число разрядов аналого-цифрового преобразования	15 (включая знак)	
Коэффициент нелинейности, %, не более	0.1	
Диапазон температур окружающей среды	от минус 40 С° до плюс 70 С°	
Напряжение питания, В	от 20 до 48	
Потребляемая мощность, мВт, не более	450	700
Масса, кг, не более	4.3	
Габаритные размеры, мм, не более	228x228x125	

При проектировании блока сбора данных БСД-Э было уделено особое внимание обеспечению точности и идентичности параметров аналогового тракта, таких как коэффициент усиления усилителя аналогового сигнала, АЧХ ФНЧ и канала в целом, величина выбросов на переходной характеристике и др.

Бортовой комплекс аппаратных средств в минимальной конфигурации содержит IBM PC совместимую ЭВМ, контроллер телеметрического канала, блок синхронизации с источником возбуждения, блок вторичного электрического питания.

В качестве управляющей ЭВМ используется

либо промышленный компьютер в корпусе для 19" стойки, оснащенный LCD дисплеем, либо встраиваемая или переносная рабочая станция. В ЭВМ установлен блок питания на 24 вольт, что позволяет питать ее непосредственно от аккумуляторных батарей.

Контроллер телеметрического канала (КТК) представляет собой полноразмерную плату, устанавливаемую в свободный ISA слот ЭВМ. КТК обеспечивает задание конфигурации и программное управление блоками наземного комплекса, синхронизацию процесса сбора данных в его каналах сбора данных и приема поступающей информации. Именно КТК

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

определяет интервал дискретизации и длину записи регистрируемой информации. При проектировании контроллера был реализован подход, при котором функционально КТК был разделен на две части: передатчик ТМ-команд и приемник данных из ТМ-канала. Передатчик проектировался как программируемый автомат, позволяющий после задания необходимых установок выдавать в ТМ-канал необходимое количество кадров команд, не занимая канал связи с ЭВМ. Приемник, наоборот, проектировался как устройство, постоянно использующее канал связи с ЭВМ в режиме прямого доступа к памяти (ПДП) для ввода и визуализации в реальном масштабе времени получаемой по ТМ каналу информации. КТК обеспечивает режимы начала регистрации информации:

- по поступлению внешнего синхроимпульса (режим "Ведомый");
- с выдачей синхроимпульса на генератор тока (режим "Ведущий");
- без синхроимпульсов (режим "Наблюдение").

Блок синхронизации обеспечивает синхронную работу генератора зондирующих импульсов тока и регистрирующей станции. Блок обеспечивает дешифрацию команды начала регистрации, поступающей с приемника радиостанции и формирование импульса запуска для КТК. Процедура синхронизации соответствует процедуре, принятой в генераторной установке ЭРС-67М.

Блок вторичного питания обеспечивает преобразование напряжения аккумуляторов (24 В) в напряжение питания телеметрического канала (48 В постоянного тока, выходной мощностью до 50 Вт). Блок питания позволяет обеспечить энергией до 48-ми БСД без применения каких-либо дополнительных источников питания наземного комплекса.

Наиболее комфортные условия работы на станции обеспечиваются при ее размещении на борту автомобиля повышенной проходимости, в КУНГе, оборудованном системой жизнеобеспечения и электропитания. Но при использовании управляющей ЭВМ на базе переносной рабочей станции возможна работа без применения каких-либо транспортных средств. В зависимости от числа каналов суммарный потребляемый ток станции от аккумуляторов составляет 3-4,5 А.

Комплект программных средств тестирования и управления ТЭС, позволяет автоматизировать процессы диагностики аппаратуры, измерения и накопления данных, а также выполнять в полевых условиях как оперативную, так и полную обработку данных.

Недостатком телеметрического принципа построения аппаратуры является увеличение ее стоимости. При этом кратность увеличения стоимости одного канала телеметрической электроразведочной станции оказывается значительно выше стоимости канала телеметрической сейсморазведочной станции. Дело в том, что в сейсморазведке давно стало вполне обычным

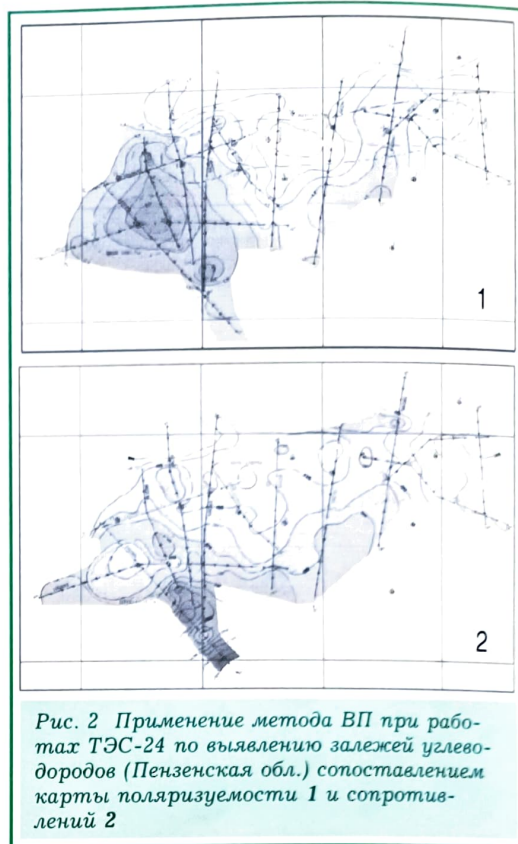


Рис. 2 Применение метода ВП при работах ТЭС-24 по выявлению залежей углеводородов (Пензенская обл.) сопоставлением карты поляризуемости 1 и сопротивлений 2

использование нескольких сотен каналов регистрации информации. В электроразведке, из-за больших размеров приемных петель, большой трудоемкости их развертывания редко используются станции, с числом каналов более 20. Из-за дороговизны пока не получили массового распространения компактные датчики поля dV/dt . Соответственно все производственные затраты делятся на меньшее число каналов и стоимость станции возрастает. Однако телеметрический принцип построения аппаратуры позволил значительно снизить межканальное влияние, что оказалось особенно важным в глубинной электроразведке, когда применяются датчики поля с эффективной площадью до 100 000 м². Данное преимущество особенно актуально при увеличении числа каналов станции. Отсутствие взаимовлияния и более качественные результаты накопления с применением статистических методов позволили использовать менее жесткие параметры фильтрации, как при регистрации, так и при обработке полевых данных. Это в свою очередь существенно повысило разрешенность и прослеживаемость электрических параметров вдоль линии профиля разреза и увеличило интервал исследований до 6-8 км.

В настоящее время разработчики ТЭС-24 опробовали в натурных экспериментах и подготовили к выпуску датчики поля dV/dt на основе аморфного магнитомягкого сплава. Предварительные экономические оценки позволяют надеяться на то, что уменьшение затрат на компенсацию "потрав" сельскохо-

зяйственных угодий и увеличение производительности полевых работ с использованием таких датчиков взамен традиционных приемных петель окупит затраты на их приобретение в течение одного-двух сезонов работы станции. Результаты этих работ совместно с данными первого полевого опробования в производственном режиме предполагается опубликовать в ближайших номерах этого журнала.

Отметим также, что первый образец ТЭС-24 уже около 5-ти лет находится в производственной эксплуатации в ОАО "Саратовнефтегеофизика". В основном станция используется для прогнозной оценки нефтегазоносности выявленных сейсморазведкой перспективных геологических структур. Преимущественно реализуются технологии электроразведки ЗС-ЗП и ВЭЗ-ВП. Объем выполненных за последние три года работ составляет около 625 км профиля ЗС и 770 км профиля ВП.

Комплекс электроразведочных методов ВП и ЗСБ, реализованный с применением аппаратуры ТЭС-24, позволяет решать, в частности, следующие геологические задачи:

- оконтуривания залежей углеводородов по данным метода ВП (при сопоставлении карт поляризуемости и сопротивления),
- поиска рифовых объектов, выделяемых локальными аномалиями на геоэлектрических разрезах удельной электропроводности,
- изучения характера строения подсолевых отложений в бортовой зоне Прикаспия и других регионов,
- выделения разрывных нарушений по резким изменениям параметров и смещению границ.

Поиски залежей углеводородов (УВ) проводились в различных регионах России: Астраханской, Саратовской и Пензенской областях (рис. 2),

Ставропольском крае, республике Татарстан.

Геоэлектрические разрезы названных регионов отличаются как литологическими составами и мощностями геологических слоев, слагающих осадочные толщи, так и уровнями их сопротивления и поляризуемости. Заказчиками работ выступали "Газпром", "Лукойл", "Сиданко" и другие компании. Используя в качестве эталонных данные по Михайловскому, Таловскому, Петровско-Благодарненскому, Бешкульскому и др. месторождениям, а также по ряду "пустых" объектов, с учетом данных электромагнитной разведки были даны положительные прогнозы нефтегазоносности Голубинской структуры (Ставропольский край), Стрепетовской, Карякинской и Тепловской структур (Саратовская обл.) и ряда других. Отрицательный прогноз, подтвержденный бурением на Полевой, Антустинской, Приозерской, Ханевской и др. площадях.

Решение задачи поиска месторождений в рифовых телах приобрело в настоящее время большую актуальность. Примеры их поиска с помощью ТЭС-24, как в самих рифах, так и в структурах обликания для условий Саратовской области (сходные условия возможны и в других регионах) приведены на рис. 3.

По данным ВП такие месторождения характеризуются чаще всего аномалиями повышенных значений поляризуемости, хотя иногда аномалии (возможно, из-за малых размеров месторождения и достаточно "крепких" покрышек) практически отсутствуют. По данным ЗС - характерными признаками рифа являются зоны повышенного сопротивления в пределах месторождения и кольцевые зоны пониженного сопротивления (повышенной проводимости) вокруг него, а также проводящие зоны в подстилающих породах. Иногда отмечаются

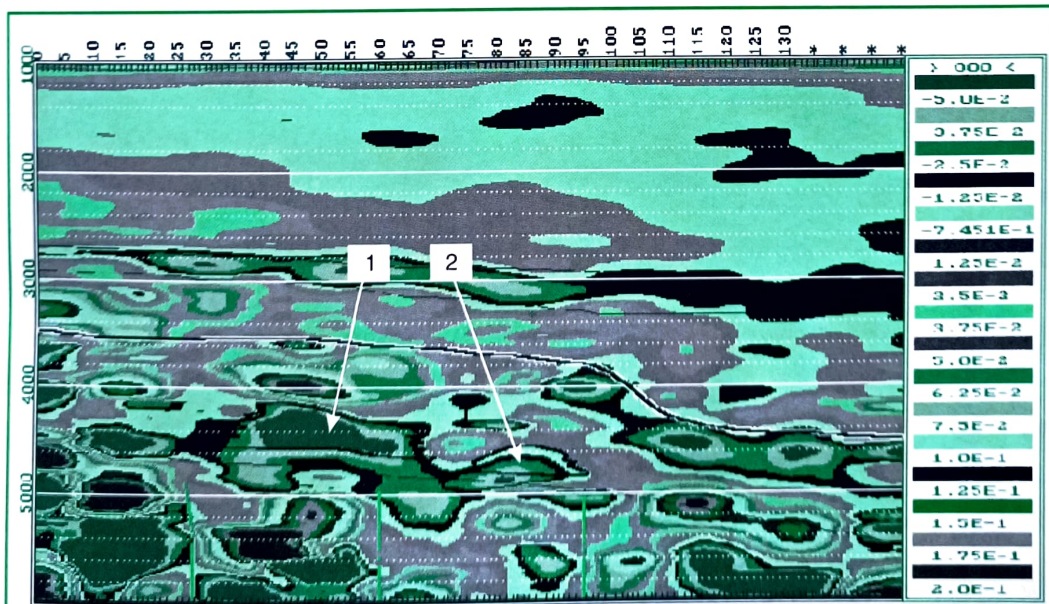


Рис. 3 Применение метода ЗСБ с использованием ТЭС-24 при поисках рифовых объектов 1,2 на Ровненском участке Саратовской обл.

Окончание см. стр. 30



Компания "СИ Технолоджи" приглашает
для руководителей и специалистов

**"Новые возможности для геофизических
зон с использованием телеметрических систем"**

29 сентября - 1 октября 2003 г., от

MARSH LINE

На презентации будут представлены новые цифровые телеметрические системы.
Область применения - проведение сейсморазведочных исследований на

**исследование глубоководных
зон (буксируемая коса)**

**исследования мелководных
зон (донная коса)**



г к участию в презентации-встрече
в в области сейсморазведки
исследований природных переходных
ских систем семейства XZone[®] ”
ль “Надежда”*****, Геленджик

сейсморазведка в переходных
зонах (“суша-море”)



еские системы для сейсморазведки (семейство XZone[®]).
оре, мелководье, в транзитных зонах и прилегающей к ним суше.

BOTTOM
FISH

Регистрационную форму можно заполнить на следующей странице



СИ Технолоджи

Презентация-встреча

"Новые возможности для геофизических исследований природных переходных зон с использованием телеметрических систем семейства XZone®"

29 сентября-1 октября 2003 г., отель "Надежда"*****, Геленджик

В программе:

- демонстрация телеметрических систем семейства XZone® ;
- технологические возможности применения систем семейства XZone® ;
- результаты работ в полевых условиях систем XZone® ;
- варианты использования XZone® Marsh Line для буксировки на суше, в том числе для исследования ВЧР;
- специализированные транспортные средства;
- дискуссия об аспектах применения систем семейства XZone® ;
- культурная программа (прогулка на теплоходе, экскурсия, фейерверк и т.д.);
- заключительный банкет участников презентации-встречи.

Регистрационная форма

Имя, фамилия _____

Компания _____

Должность _____

Сфера деятельности _____

Телефон _____ Факс _____ E-mail _____

☐

Я хочу участвовать в презентации-встрече 29 сентября-1 октября 2003 г.

Направьте, пожалуйста, заполненную форму по факсу : 8(86141)32318
Также регистрационную форму можно заполнить на сайте www.intromarin.ru

Более подробную информацию о презентации-встрече можно узнать по телефону 8(86141)54433(Крутов Андрей Леонидович) и на сайте www.intromarin.ru



ГЕОТЕХ-2003

15-18 СЕНТЯБРЯ, САРАТОВ



ОАО «Саратовнефтегеофизика»



СКБ СЕЙСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

СО ЕАГО

Очередная встреча профессионалов, тем или иным образом связавших свою деятельность с регистрацией полевых данных нефтяной геофизики, вновь состоится летом и вновь в Саратове — городе, где представлен весь спектр геофизических организаций самого разного профиля — научно-исследовательских, учебных, проектных, разведочных, промысловых, приборостроительных, в городе с глубокими традициями в развитии геофизической мысли.

Организаторы этой «Встречи на Волге», становящейся уже традиционной — саратовское отделение ЕАГО, ОАО «СКБ сейсмического приборостроения» и ОАО «Саратовнефтегеофизика» — планируют создать все условия ее участникам не только для плодотворной деятельности по проблематике конференции, но и познакомиться с чудесной природой «волжских далей», богатой культурной жизнью города.

Будем надеяться, что пребывание в нашем городе оставит у Вас в памяти массу неизгладимых впечатлений!

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.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

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

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше), 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 форматов: *.TIF, с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), *.JPG с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - A4. Максимально допустимое количество иллюстраций - не более 3. 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 статьями в редакцию направляются краткие сведения об авторах, необходимо указать город, место работы и должность, научную степень.

Отредактировано.

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

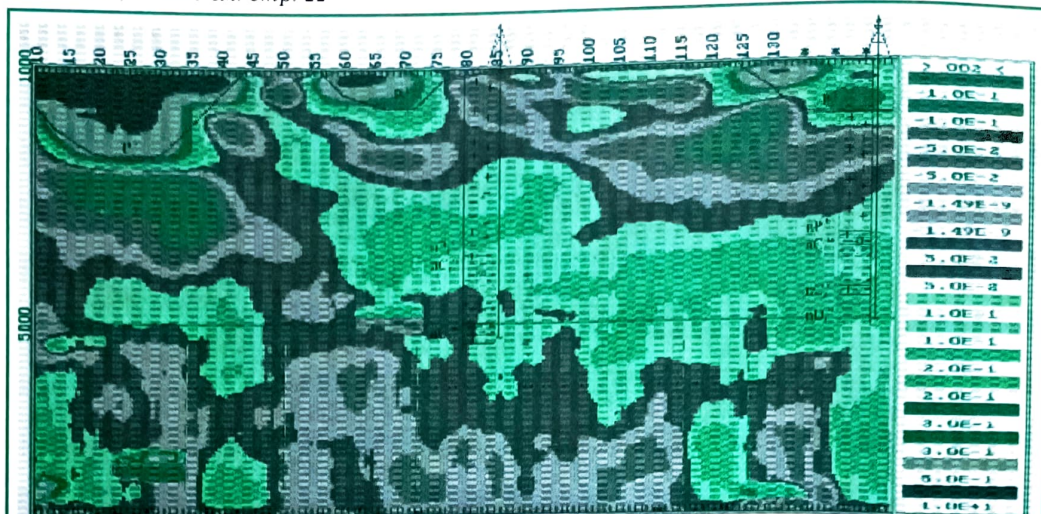


Рис. 4. Метод ЗСБ с применением ТЭС-24 при изучении характера подсолевых отложений на Карпёвском участке Саратовской обл.

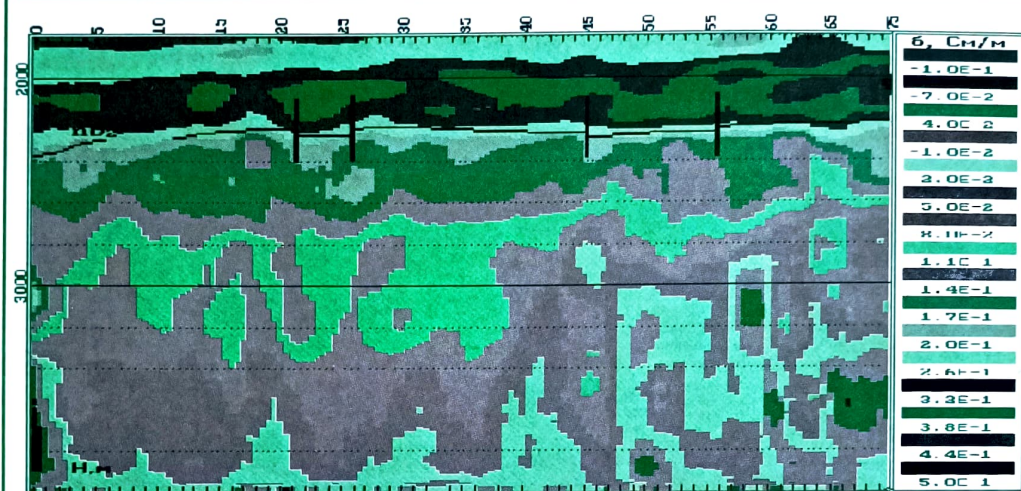


Рис. 5. Выделение разрывных нарушений по ЗСБ-ВП с использованием ТЭС-24 в девонских отложениях Алексеевского участка Степновского сложного вала (Саратовская обл.)

дополнительные "колебания" по вертикали на распределении электромагнитного поля, не отражающие изменение параметров разреза с глубиной и возможно связанные с присутствием ИВП при распространении токов вглубь разреза. Участие электроразведки с использованием ТЭС-24 при оценке перспектив нефтегазоносности подобных объектов существенно повышает достоверность выполняемого прогноза (рис.4, рис.5).

Проведенные работы комплексом электроразведочных методов ЗСБ-ВП показали эффективность такого подхода при решении задач по поискам залежей УВ. Подтверждаемость прогноза последующим бурением составляет на сегодняшний день для заполненных ловушек - 72%, для "пустых объектов" - 95%. Вопросы сочетания объемов работ каждого из методов, а также конкретные параметры применяемых установок решаются для каждого участка индивидуально. Наиболее часто для работ методом ВП используются линии АВ длиной 1000 м, при силе тока в линии до 30-40 А. При работах ЗС

применяются прямоугольные генераторные петли размерами 2000х1000 м или 3000х1000 м, сила тока зондирующего импульса доходит до 80-100 А.

Коллективом разработчиков станции были проведены демонстрационные работы по применению ТЭС-24 для изучения остаточных физических полей гипоцентральной области промышленного подземного ядерного взрыва на объекте ГСЗ "Регион-2". Методика исследований включала регистрацию сейсмического фона в полосе частот от 3-х до 250 Гц и проведение электромагнитного зондирования методом ЗС-ЗИ разреза в интервале 2501000 метров.

В качестве датчиков сейсмостанции использовались как штатный сейсмоприемник (велосиметр), так и модернизированный вариант сейсмоприемника СПАН-2М (акселерометр) с номинальным коэффициентом преобразования $G=2.8$ В/мс-2 (Рис.6).

Электромагнитное зондирование ЗС осуществлялось по методике многократного профилирования, с применением генераторной петли 500х250 м и многовитковых приемных петель



ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ведочной станции ТЭС-24 при решении различных вопросов прикладной геофизики характеризуют этот оборудование как вполне надежную "рабочую лошадку", пригодную и для выполнения объемных производственных задач нефтяной электро- и сейсмoeлектроразведки, и для нестандартных комплексных полевых экспериментов.

При проектировании ТЭС-24 разработчики были ограничены возможностями телеметрического канала и блока сбора данных станции "Прогресс-Т". Современное состояние сейсмoeлектроведочных телеметрических систем позволяет сформулировать направление развития электро-разведочных систем типа ТЭС-24:

- расширение вверх рабочей полосы частот аналогового тракта блока сбора данных и обеспечения минимального интервала дискретизации регистрируемых сигналов до 125 мкс для 12-ти канальных систем (до 250 мкс для 24-х канальных);
- применение 20+24 разрядных АЦП с Δ - Σ преобразованием;
- создание 3-х и 5(6)-ти канальных модификаций блоков сбора данных для регистрации нескольких или всех компонент электромагнитного поля.

Все это позволит существенно расширить спектр полевых приложений станции, наряду с глубинными исследованиями эффективно решать и актуальные задачи в средних и верхних интервалах геологических разрезов.

Литература

1. Д.Н. Бондаренко, В.В. Горячев, В.А. Кузин, В.А. Мокроусов. Телеметрическая электроразведочная станция "ТЭС-24". Тезисы докладов научно-практической конференции "Современные технологии регистрации геолого-геофизических данных при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ". Изд-во ГосУНЦ "Колледж", 1999 г., 56 с.
2. В.В. Горячев, В.А. Мокроусов, И.Г. Пимштейн, Л.А. Тепер, Д.Н. Бондаренко, В.А. Кузин. Электроразведочная станция нового поколения "ТЭС-24" (Первые результаты подконтрольной эксплуатации). Тезисы докладов научно-практической региональной конференции "Геология Русской плиты и сопредельных территорий на рубеже тысячелетий", посвященной памяти профессора В.В. Тикшаева. Саратов, 27-30 марта, 2000. Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского Нижневолжский НИИ геологии и геофизики.
3. В.В. Горячев, В.А. Мокроусов, И.Г. Пимштейн, Л.А. Тепер. Регистрирующая система "ТЭС-24" для сейсмо-электроразведочных технологий. Тезисы докладов на международной конференции "Неклассическая геофизика", НВ НИИГ, Саратов, 29-31 августа 2000 г., с. 80.

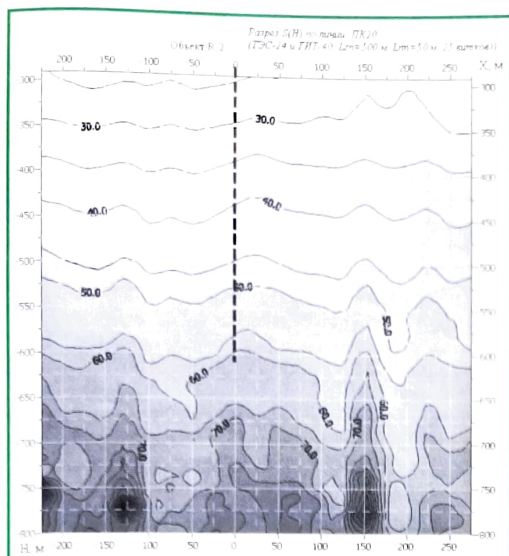


Рис. 7. Геоэлектрический разрез, построенный с применением ТЭС-24 в районе объекта "Регион-2"

(50x50 м, 24 витка), размещаемых на осевой линии с шагом 25 м. Регистрация сигнала становления осуществлялась в интервале от 1 до 400 мс, с шагом дискретизации 1 мс. Пример трансформации $S(H)$ полученных данных приведен на Рис. 7.

Для регистрации сейсмofона и сигналов ЗС использовались однотипные блоки сбора данных БСД-Э. В качестве генераторной установки использовался генератор импульсов тока ГИТ-40, разработанный в НИИМФ СГУ (г. Саратов), и устанавливаемый вместе со станцией ТЭС-24 на борту автомобиля. Управление генератором (задание полярности и длительности импульса тока) осуществлялось контроллером телеметрического канала станции ТЭС-24. Питание всей системы осуществлялось от аккумуляторных батарей 24 В и 48 В. Результаты демонстрационных работ показали преимущество станции ТЭС-24 перед штатными средствами.

Приведенные в данной статье примеры использования телеметрической электрораз-

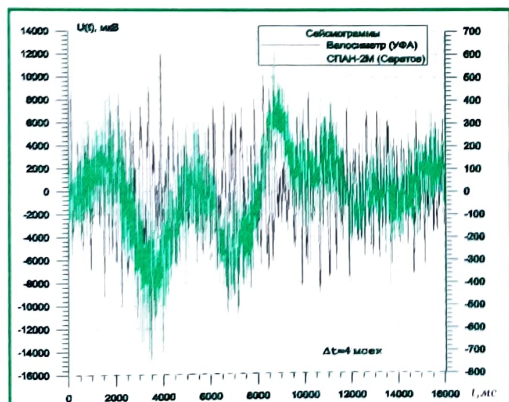


Рис. 8. Регистрация сейсмического фона в районе объекта "Регион-2" с использованием ТЭС-24 и различных типов сейсμοприемников

Кабели в полевой геофизике

Самойлов А.В., ЗАО "Соединитель", г. Миасс

Еще в середине 90-х годов на рынке полевой геофизики России преобладал кабель импортного производства. Основные страны импортеры Китай, Голландия, США, Франция. Доля отечественного кабеля была очень незначительна. В основном это была продукция производства "Подольскабель".

Начиная со второй половины 90-х годов ситуация резко изменилась. На рынок кабельных геофизических кос вышли СП "Ойо-Геоимпульс" г. Уфа и ЗАО "Соединитель" г. Миасс. Эти два предприятия коренным образом изменили расстановку сил на данном сегменте рынка.

Независимо друг от друга они провели разработку конструкций кабелей для телеметрических станций.

В настоящее время поставки нового кабеля для станций I/O, SERCEL, JDAPS и "Прогресс" полностью осуществляются отечественными производителями.

Имеющийся опыт эксплуатации, а также сертификат соответствия на кабель, выданный SERCEL (ЗАО "Соединитель") подтверждают, что отечественная продукция не уступает, а по некоторым параметрам и превосходит импортную.

Начиная с 1998 г. ЗАО "Соединитель" совместно с АО "НИКИ" (Научно-исследовательский кабельный институт) г. Томск занимается разработкой и производством кабелей для геофизики.

На сегодняшний день разработаны и изготавливаются практически все виды кабелей для полевой геофизики, как для телеметрических станций, так и для станций "Прогресс-96" и "Прогресс-Л" производства СКБ СП г. Саратов. Кроме кабелей для широко применяемых геофизических систем нами разрабатываются и выпускаются кабели для новых перспективных станций разработки СКБ СП г. Саратов и СНИИГиМС г. Новосибирск.

Остановимся подробнее на конструктивных особенностях кабеля производимого ЗАО "Соединитель".

Токпроводящие жилы кабеля выполнены из одной или нескольких медных проволок, диаметры которых обеспечивают технические требования к электрическому сопротивлению и наружному диаметру кабеля.

Для изоляции жил выбран полиэтилен низкого давления или сополимер пропилена, обладающие стабильными во времени электрическими и механическими характеристиками, соответствующими требованиям к кабелям по электрическим (емкость, затухание), конструктивным (масса) и климатическим параметрам (эксплуатация на открытом воздухе при температуре от -60 до +80°C). Изолированные жилы отличаются по цвету.

Для снижения взаимного влияния электрических цепей в кабеле пары скручены с разными и взаимно согласованными шагами и чередуются в паре групп (для 204 и 256 жильный кабель).

В связи со спецификой полевых работ было принято решение об обязательном включении в конструкцию кабеля грузонесущего сердечника. Это увеличило прочность кабеля на разрыв, но

также привело к незначительному увеличению массы и наружного диаметра кабеля.

Кроме того проработаны несколько типов материалов для оболочки кабеля.

В ходе проведенных исследований были опробованы и испытаны около десятка типов материалов.

На сегодняшний день для оболочки кабеля выбран полиуретан производства фирмы Elastogran GmbH BASF.

Электрические параметры на кабель для станций Sercel SN 388 представлены в табл. 1.

Кроме изготовления кабеля ЗАО "Соединитель" проводит гарантийные и послегарантийные ремонты кабеля.

Таблица 1 Электрические параметры на кабель для станций Sercel SN 388

Параметр	Требования Sercel	Кабель ЗАО "Соединитель"
Transmission pairs		
Затухание	< 72.5 дБ/км	52.2 дБ/км
Коэффициент отражения	< 0.09	0.068
Переходное затухание на ближнем конце	> 56 дБ	65 дБ
Geophone pairs		
Сопротивление жил	< 550 Ω /км	147 Ω /км
Переходное затухание на дальнем конце	> 100 дБ	> 118 дБ
Power pair		
Сопротивление жил	< 14 Ω /км	13.1 Ω /км

По желанию Заказчика могут производиться модернизированные типы кабелей с повышенными требованиями к усилию на разрыв и без сердечника, воздействию агрессивной среды, глубинные и плавучие кабели.

Появление на геофизическом рынке отечественных кабелей не уступающих по техническим характеристикам импортным кабелям, при более низкой цене и уже сложившемся уровне сервиса является серьезным подспорьем для снижения затрат на содержание кабельного хозяйства.

Научный потенциал, которым обладают ЗАО "Соединитель" и АО "НИКИ" позволяют достаточно быстро реагировать на новые потребности рынка и требования Заказчика.

ВНИМАНИЕ! НОВИНКА!

ЗАО «Соединитель» разработало и запустило в серийное производство соединитель СН-71-8, предназначенный для работы на глубинах до 50 м. Более подробную информацию можете получить по тел. (351-35) 4-70-07

Опыт применения телеметрических систем сбора сейсморазведочной информации в АО "Татнефтегеофизика"

Трофимов А.В., ОАО "Татнефтегеофизика", г. Бугульма

История применения телеметрических систем сбора сейсморазведочной информации в АО "Татнефтегеофизика" насчитывает 10 лет и ведет свой отсчет с 1994 года, когда была приобретена первая телеметрическая система INPUT/OUTPUT System TWO.

В комплект системы входило полевое оборудование на 720 каналов, что позволяло выполнять работы по технологии 3D.

Следует отметить, что внедрение в производство первой для нас телеметрической системы такого класса прошло достаточно успешно, несмотря на отсутствие у наших специалистов необходимого опыта. В том же 1994 году, в Оренбургской области были выполнены работы по технологии трехмерной сейсморазведки.

С 1998 года в практику сейсморазведочных работ АО "ТНГФ" стали внедряться телеметрические системы SN-388.

В настоящее время в сейсморазведочных партиях общества эксплуатируются 11 систем, в том числе:

- INPUT/OUTPUT Sys.2	- 5;
- SN388	- 4;
- 408UL	- 1;
- 408XL	- 1.

Сегодня, когда мы имеем десятилетний опыт эксплуатации различных телеметрических систем, можно подвести некоторые итоги.

Во-первых, применение телеметрических систем позволило реализовать различные модификации технологий трехмерной сейсморазведки.

Во-вторых, внедрение телеметрии позволило существенно снизить трудозатраты, стоимость и время, необходимые для выполнения полевых сейсморазведочных работ в зонах, ранее считавшихся труднодоступными или недоступными для их производства.

К таким зонам можно отнести территории, покрытые лесными массивами, в которых запрещена рубка просек, пригодных для передвижения автотракторной техники.

На наш взгляд, в основе технологического преимущества телеметрических систем лежит возможность передачи значительно больших объемов информации в расчете на одну пару жил сейсмического кабеля и соответственно меньший, по сравнению с аналоговым способом передачи информации, вес кабеля.

Оценивая технологические возможности систем I/O Sys.2, SN388, можно отметить, что они практически одинаковы.

В настоящее время в Российской Федерации наибольшее распространение получили кабельные телеметрические системы сбора и регистрации сейсмических данных.

В то же время, эти системы имеют один общий недостаток: необходимость надежной постоянной электрической связи посредством кабеля между

отдельными элементами системы и центральным контрольным модулем (сейсмостанцией), и, как следствие, серьезные ограничения в применении кабельных телеметрических систем в сложных орографических условиях, в густонаселенных районах с развитой дорожной сетью и коммуникациями, в общем, везде, где размотка кабеля и поддержание его в надлежащем состоянии либо невозможны, либо затруднительны. В подобных ситуациях разрыв или смещение профилей приема неизбежны, что приводит к потере кратности и, соответственно, к снижению достоверности результатов исследований.

Альтернативой кабельным телеметрическим системам могут служить радиотелеметрические и комбинированные системы. Они лишены основного недостатка кабельных систем, что делает их более гибкими, универсальными.

Одна из таких систем - 408UL Radio была внедрена в ОАО "Татнефтегеофизика".

Система 408UL Radio представляет собой модификацию системы 408UL производства фирмы SERCEL (Франция). Основными компонентами системы, обеспечивающими собственно радиотелеметрию, является полевой напольный модуль SU6-R (Рис. 1), представляющий собой шестиканальный модуль SU6, входивший в комплект системы SN388, снабженный радиоприемником, передатчиком и антенной, и модуль REM, установленный в кузове-фургоне сейсмостанции, обеспечивающий связь посредством радиоканала центрального контрольного модуля и каждого напольного модуля SU6-R.

К каждому SU6-R может быть подключено от одной до шести групп геофонов, помимо этого любой SU6-R может играть роль ретранслятора для соседних модулей, находящихся в зоне радиотени.

Применявшаяся система была укомплектована 250 модулями SU6-R (1500 каналов) с необходимым количеством косичек и групп геофонов, 4 модулями REM, 20 кабелями WL для вывода SU6-R из зоны радиотени и диагностическим оборудованием.

Работы проводились по методике 3D на юго-востоке Татарстана на площади с перепадами высот от 130 до 300м, развитой речной и овражно-балочной сетью, наличием крупных населенных пунктов, различных коммуникаций и сельскохозяйственных угодий. 50 % площади покрыто густым лесом. В качестве источников возбуждения упругих колебаний на открытой местности использовались сейсмические вибраторы, в лесных массивах - взрывы зарядов ВВ в групповых скважинах.

Каждый модуль REM был запрограммирован для работы с определенным количеством SU6-R на отдельной частоте. Таким образом, использовались 6 частот в диапазоне 216-230 МГц: 1 - командная (общая для всех SU6-R), 1 - аудио (с

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
ОБЪЕМНО ОПЫТОМ



подключенным микрофоном каждый SU6-R превращался в радиостанцию) и 4 частоты для приема информации от SU6-R.

Так как скорость обмена данными по радионамного ниже, чем по кабелю, использование четырех REM, работающих на разных частотах, было необходимым и сокращало время приема данных в 4 раза.

При работе с взрывными источниками упругих колебаний для приема данных от модулей, обслуживавших 384 активных канала, и длительности записи 4 секунды с шагом дискретизации 2 мс. время обмена данными составляло 1 минуту. При работе с вибраторами был выбран режим корреляции после суммирования.

Виброграммы каждого воздействия суммировались в модулях SU6-R, и на станцию передавалась суммарная запись длиной 16 секунд (12 сек. длительность свип-сигнала плюс 4 сек. запись). Время регистрации составило 3,5 минуты.

Для стоянки сеймостанции выбиралась самая высокая точка на площади в пределах нескольких блоков, при этом расстояние до самых удаленных модулей SU6-R составляло более 10 км, а минимальное расстояние иногда составляло 2-3 км.

В таких случаях подключенные последовательно блоки REM не могли обеспечить надежную связь с удаленными SU6-R, так как ослабление сигнала в 1,5 дБ на каждом последующем в цепи модулем REM существенно сказывалось на дальности радиосвязи. Для повышения дальности радиосвязи количество используемых REM сокращалось иногда до одного, что увеличивало время регистрации до 16 минут и снижало производительность в несколько раз.

Выходом из такого положения могло быть перемещение сеймостанции непосредственно на обрабатываемый блок, что, во-первых, не всегда было возможно, а во-вторых, требовало большой работы по переориентировке антенн SU6-R.

При работе с вибраторами SU6-R работали в режиме передачи значительно большее время, вследствие чего требовалось использование внешних источников питания, поскольку емкости встроенных аккумуляторов было недостаточно. В качестве внешних источников питания применялись аккумуляторы емкостью 14А/ч, которые поддерживали работоспособность SU6-R в течение нескольких суток.

Что касается расстановки оборудования (размотка кошичек, к которым подключаются группы геофонов, установка SU6-R и их программирование, настройка антенн) и его обслуживания, то эти процедуры занимали времени меньше, чем при работе с кабельными системами.

Благодаря полной автономности SU6-R и его возможности работать в качестве ретранслятора для соседних модулей, расстановка их на профиле могла быть неравномерной, т.е. SU6-R располагали в наиболее удобном и доступном месте при условии обеспечения надежной радиосвязи.

Эта особенность системы позволяла избежать пересечений кабелем дорог и рек, практически исключить смещение положения профиля от проектного при работе в населенных пунктах и



свести к минимуму количество замкнутых каналов (пропущенных пикетов приема). Обслуживание расстановки сводилось к замене внешних аккумуляторов или целиком модулей SU6-R, если внешние источники питания не использовались.

Бывало, что после сильного ветра или бури приходилось корректировать положение антенн, если они не были надежно зафиксированы при установке.

При всем удобстве системы в части расстановки, система имеет существенный недостаток - отсутствие возможности визуального контроля за уровнем шумов на профиле в режиме реального времени.

Вместо этого в окне монитора выводятся в графическом виде усредненные значения уровня сигнала на каждом канале непосредственно перед подачей оператором команды на "подрыв".

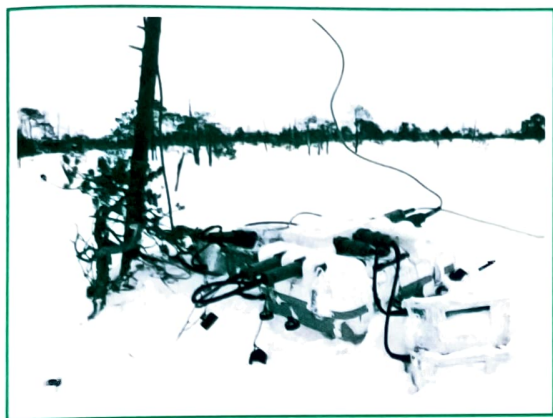
Иногда возникали проблемы с установлением связи с SU6-R, связанные с загруженностью эфира различными теле- и радиостанциями, работающими в этом же диапазоне частот, либо с другими помехами техногенной природы. Проблемы со связью возникали также из-за обледенения контактов разъемов фидеров антенн при температуре воздуха, близкой к нулю и большой влажности.

Из-за низкой производительности радиотелеметрической системы при использовании источников вибрационного типа, было принято решение о применении на свободных от леса участках площади кабельной системы.

Опыт эксплуатации радиотелеметрической системы 408UL и кабельных телеметрических систем в комплексе с различными по типу источниками возбуждения позволяет сделать вывод о целесообразности применения комбинированных вариантов при производстве сейсморазведочных работ на площадях, где по различным причинам применение кабельных систем ограничено.

Опыт эксплуатации телеметрических систем в ОАО "Башнефтегеофизика"

Спиридонов В.А., Шарифуллин Р.А., Цветков С.Д., ОАО "Башнефтегеофизика", г. Уфа



Ситуация, сложившаяся в ОАО "Башнефтегеофизика" с обеспечением сейсморазведочных партий регистрирующей аппаратурой в начале 90-х годов характерна для большинства геофизических предприятий России. На вооружении сейсморазведочных партий нашего общества к тому времени находилось достаточное количество как отечественных сейсмостанций типа Прогресс (2, 96, 96М), с помощью которых было выполнено подавляющее большинство сейсморазведочных работ последних десятилетий, так и поставленных в конце 80-х компанией MDS 120-канальных DFS-5, диковинных для нас, но, как морально, так и физически устаревших для западного производителя. Между тем стремительный рост объемов работ, внедрение трехмерных (3D) технологий в сейсморазведке требовал гораздо большего числа каналов, быстродействия и точности измерений, чему явно не соответствовали существующие вышеперечисленные линейные сейсмостанции. Наряду с этим развитие электронной техники, появление микросхем высокой степени интеграции, быстродействующих АЦП и т.д., к сожалению, не у нас, а на Западе, способствовало появлению новых разработок регистрирующих телеметрических комплексов в разведочной геофизике. Летом 1994 года ОАО "Башнефтегеофизика" приобрело новую телеметрическую сейсмостанцию I/O-2 на 360 каналов, впоследствии расширенную до 1100, а через год у нас появилась сейсмостанция SN 388 компании SERCEL. В настоящее время ОАО "Башнефтегеофизика" оснащено десятью телеметрическими сейсмостанциями, девять из которых приобретены у компании SERCEL. Преимущества телеметрических сейсмостанций перед линейными неоспоримы, и заключаются в следующем:

- высокая канальность: при шаге квантования 2ms до 1200 каналов одного АРМ, с возможностью последовательного соединения до восьми АРМ, следовательно, до 9600 каналов сейсмостанций SN 388;
- высокая производительность, обеспечивается высокой скоростью передачи данных полевой телеметрии - 89МБ в секунду и удобной программой регистрации, загруженной в рабочую станцию SUN ULTRA-5;
- применение системы SQC PRO (seismic quality control) дает возможность контроля качества сейсмограмм в реальном времени и анализировать следующие параметры: первые

вступления, энергию трассы, шум трассы, частотный спектр сигнала;

- возможность работ с взрывными виброисточниками сейсмических воздействий, а также накопление импульсных воздействий;

- кроме инструментального и полевого теста оборудования проводится импульсный тест приемной расстановки перед каждым физнаблюдением

- имеется возможность создания SPS- файлов по отработанным точкам физнаблюдений;

- применение операционной системы UNIX резко повышает производительность, дает возможность участия сразу в нескольких операциях (тестировании расстановки, работы с накопителями, создание рапортов и т.д.) в любом сочетании;

- возможность применения межпрофильных и обходных (Extension Cable) кабелей при работах 3D дает широкие возможности маневра при обходе препятствий;

- возможность работы с несколькими группами виброисточников (до 4-х групп по 9 вибраторов);

- совместимость со спутниковыми системами топосвязки GPS.

Наряду с неоспоримыми преимуществами телеметрических систем западного производства у них имеются и некоторые недостатки, а именно:

- все еще, для большинства потребителей, высокая стоимость сейсмостанций типа SN, UL и I/O;

- сложности, связанные с послегарантийным обслуживанием.

На последнем хотелось бы остановиться подробнее. К сервисному обслуживанию аппаратуры в период гарантии серьезные претензии у ОАО "Башнефтегеофизика" за почти десятилетний период эксплуатации не было. Неисправные платы, модули и др. менялись своевременно и качественно. По окончании гарантийного срока возникали следующие проблемы:

- ремонтировать платы и модули на уровне замен радиоэлементов французская сторона отказывалась, мотивируя это нерентабельностью затей (содержание специалистов высокого уровня и дорогостоящего оборудования), и предлагая взамен приобретать новые платы и модули, что очень дорого и долго;

- со временем мы научились самостоятельно ремонтировать полевые модули и платы даже на уровне замены радиоэлементов, но возникла другая проблема, а именно: производители электронных компонентов довольно быстро меняют свою комплектацию и снимают с производства ранее выпускавшиеся комплектующие, что создает трудности при их поиске фирмам поставщикам.

В целом же опыт эксплуатации телеметрических систем компаний SERCEL и I/O имеет глубоко положительное значение. Помимо улучшения качества геофизического материала, увеличения объемов сейсморазведочных работ, внедрение принципиально новых технологий, мы увидели и ощутили на себе результаты и возможности телеметрических систем. Отрадно заметить также, что этот опыт дал импульс и отечественным разработчикам, что вселяет надежду.

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
ОБЪЕМНЫЙ ОПЫТОМ

Автоматизированная оценка качества сейсмограмм в процессе их регистрации

Кондратьев О.К., ВНИИГеофизика, г. Москва

МЕТРОЛОГИЯ

Качество исходных сейсмических записей является главным фактором, определяющим эффективность дальнейшей их обработки и достоверность получаемых сейсмических разрезов. В современной нефтяной сейсморазведке применяются сверхплотные системы наблюдений с получением очень большого числа многоканальных сейсмограмм. Визуальная оценка качества сейсмических записей огромных массивов данных практически нереализуема. К тому же визуально можно выявить только несколько явных погрешностей записи, типа неработающих каналов и большого уровня аппаратурных шумов. При очень большом динамическом диапазоне уровня сейсмической записи, как по времени регистрации волн, так и по удаленностям точек их регистрации от ПВ, для визуального контроля необходимо специально воспроизводить запись сейсмограмм либо с автоматической регулировкой амплитуд (АРА), либо на нескольких разных уровнях усиления. Очевидно, что все это не соответствует требованиям высокой производительности работ и на практике приводит к тому, что контроль качества записи осуществляется не в нужной мере. Как существующая долгое годы "Инструкция по сейсморазведке", так и ее новая редакция, в своем разделе по оценке качества сейсмограмм явно устарели, поскольку целиком ориентированы на визуальный их просмотр. Не менее важным является и то, что подобная оценка "на глаз" всегда будет субъективной и некорректной.

И если вся обработка сейсмических записей полностью компьютеризирована, то для оценки их качества до последнего времени не было никакого программного обеспечения не только в нашей стране, но и за рубежом. Более того, не существовало какой-либо общепризнанной методологии и узаконенных четких, а главное, реально работающих, правил принятия решений, что считать хорошим, а что плохим в записях сейсмических колебаний. Все это побудило нас заняться разработкой программного обеспечения оценки качества сейсмограмм на всех этапах работы с ними, когда такая необходимость возникает, а именно:

- текущий контроль каждой сейсмограммы в процессе их регистрации в поле,
- потрассный контроль массива сейсмограмм супервайзером,
- оценка качества профиля сейсмограмм при их сдаче/приемке на ВЦ,
- объективная оценка качества выполненных работ Заказчиком.

Достаточно подробно созданные программы описаны в статьях [1,2]. Они объединены в автономной Системе AutoSOKS для персональных компьютеров типа PENTIUM. В данной статье мы основное внимание уделим первой задаче - текущему контролю качества сейсмограмм в процессе их регистрации, поскольку здесь имеется ряд специфических и до конца еще нерешенных технических проблем. В то же время, программное обеспечение всех

четырёх указанных выше этапов работ построено на единых принципах и алгоритмах анализа и оценки сейсмических записей, о чем нелишне напомнить и в данной статье.

Анализ качества сейсмограмм производится по 11 параметрам сейсмических записей условно разделенных на два уровня:

Первый уровень - потрассный анализ с целью выявления следующих бракованных трасс:

- с нулевой записью,
- с записью аппаратурных шумов,
- с записью 50-Гц электрических наводок,
- с несейсмической записью,
- с выбросами амплитуд,
- с большим уровнем микросейсм.

Считается, что такие трассы будут в дальнейшем исключены из обработки сейсмограмм.

Второй уровень - анализ сейсмограммы в целом с выявлением некондиционных трасс, которые не исключаются из обработки, но снижают качество ее результатов. К ним относятся следующие сейсмограммы:

- измененного спектрального состава,
- с низким энергетическим уровнем записи,
- с малым отношением сигнал/помеха,
- с интенсивными поверхностными волнами,
- с записью интенсивной звуковой волны.

Два первых случая бракованных трасс (нулевая запись и аппаратурный шум) не нуждаются в каких-либо условиях их обнаружения. Все остальные как бракованные, так и некондиционные трассы, выявляются в том случае, когда степень некачественной записи превышает некоторые заданные для каждого параметра пороги. Например, относительную длительность электрической наводки, величину и число выбросов амплитуд, отношение уровня записи микросейсм к полезной сейсмической записи на времени регистрации целевых отражающих горизонтов и т.п. При анализе сейсмограмм в целом их отнесение к некондиционным производится в том случае, если относительное число некачественных записей по параметрам Второго уровня превосходит заданный пороговый процент от общего числа трасс сейсмограммы.

Все эти условия и пороговые значения задаются в Проекте задания по анализу сейсмограмм, который зависит от "степени строгости" решения поставленных задач (к примеру, кинематическая и динамическая сейсморазведка) и остается постоянным для данного района и сейсмогеологических условий проведения работ.

Оценка качества сейсмограмм на третьем и четвертом этапе работ с ними (сдача/приемка на ВЦ и Заказчику) производится с помощью штрафных баллов (шБ), которые автоматически назначаются и суммируются за каждый вид некачественной записи отдельных трасс или всей сейсмограммы в целом. При этом используются заложенные в Систему AutoSOKS шкалы и Директивы принятия решений, которые также могут меняться в зависимости от задач и условий проведения работ, но только их Руководителем

при согласии Заказчика. Достаточно подробно эти вопросы освещены в статьях [1,2] При текущем и потрассном контроле сейсмограмм (первые два этапа работ) в оценке качества сейсмограмм с назначением ШБ нет большого смысла, поэтому здесь мы эту тему больше затрагивать не будем.

Одним из важнейших элементов контроля и оценки качества сейсмограмм является использование эталонной сейсмограммы. В новом районе она может быть получена при специальных опытных работах. В тех районах, где работы ранее проводились, из полученных материалов в качестве Эталона выбирается та сейсмограмма, которая по всем своим параметрам может считаться отличной. В системе AutoSOKS определяются и записываются в памяти ПЭВМ те характеристики записей трасс Эталона, в сравнении с которыми оцениваются параметры записи всех остальных анализируемых сейсмограмм. По результатам такого сравнения принимается решение браковать или нет отдельные трассы, а всю сейсмограмму в целом считать кондиционной или нет.

При использовании Эталонной сейсмограммы решается одна из важнейших проблем автоматической оценки качества сейсмических записей, а именно, учитываются сейсмогеологические особенности района и условия проведения работ. Очевидно, что характер волнового поля, к примеру, в Западной Сибири существенно отличен от Восточной Сибири, не менее различны записи сейсмических колебаний на суше и на море или при возбуждении волн взрывами в скважине и вибраторами на поверхности. Используемая Эталонная сейсмограмма и отображает эти особенности волновых полей. В то же время она является наилучшей записью сейсмических волн, которая может быть получена в этих условиях. Если же условия значимо меняются на разных участках одного

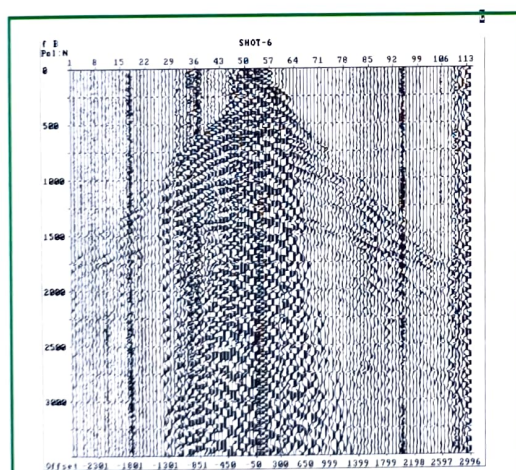


Рис. 1 Анализируемая сейсмограмма, полученная с невзрывным импульсным источником в одном из районов Западной Сибири.

района (что встречается не очень часто), то для таких площадей следует использовать разные Эталоны.

Из-за ограниченности объемов статьи приведем лишь один пример работы программы автоматического текущего контроля записи сейсмограммы. Для этого взята сейсмограмма достаточно низкого качества (рис. 1) среди

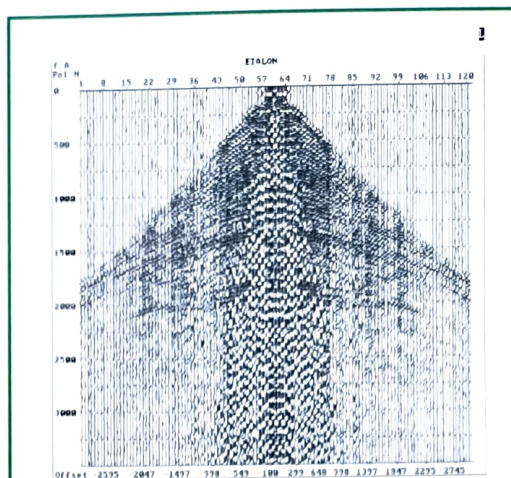


Рис. 2 Сейсмограмма, использованная в качестве Эталона при анализе записей на рис. 1

массива сейсмограмм, полученных в одном из районов Западной Сибири с маломощным невзрывным поверхностным источником возбуждения колебаний (с накоплением). На рис. 2 приведена наилучшая для этого профиля сейсмограмма, которая использовалась в качестве Эталона. В данном случае сравнительно интенсивный цуг поверхностных волн неизбежен для такого вида работ, и наличие его в Эталоне как раз



Рис. 3 Вид экрана дисплея при текущем анализе качества записи сейсмограммы на рис.1

и позволяет не относить такую особенность к разряду недоброкачественных записей.

На рис. 3 показан вид экрана дисплея после анализа сейсмограммы, приведенной на рис. 1. Верхний ряд цифр над цветными полосами соответствует номерам трасс. В левой части на поле разного цвета приведены названия анализируемых потрассных параметров (по которым бракуются трассы) и параметров, определяемых по всей сейсмограмме в целом. Среди последних оставлено 3 параметра из 5, т.к. отношение сигнал/помеха и характеристика поверхностных волн могут быть получены только по всем трассам или группе трасс. Поэтому эти два параметра не могут быть приписаны какому-либо конкретному номеру трассы. Бракованные и некондиционные трассы указываются на зеленом поле прямоугольниками соответствующего цвета. Единновременно подобная информация может быть выведена на экран для 120 трасс записи. Если их больше данного числа, то информация



выводится по частям. Кроме вывода данных на экран в памяти ПЭВМ в отдельном файле записывается справка о данной сейсмограмме в том виде, как это указано в табл. 1. Здесь содержится информация не для каждой трассы, а только их общее число с недостатками того или иного рода. Зато имеется возможность отметить и отсутствующую на экране информацию из анализа всей сейсмограммы в целом об отношениях сигнал/помеха и интенсивности поверхностных волн. Из таких справочных файлов может быть составлен единый документ

Таблица 1 Результаты оценок трасс и сейсмограммы

Номер сейсмограммы	6
Общее число трасс	114
Число некачественных трасс	34
из них бракованных (1й уровень)	20
некондиционных (2й уровень)	14
БРАКОВАННЫХ трасс 1-го уровня:	
• нулевой записи	0
• с аппаратурным шумом	15
• с наводками 50 Гц	0
• не сейсмической записи	5
• с выбросами амплитуд	0
• с большими микросейсами	0
НЕКОНДИЦИОННЫХ трасс 2-го уровня:	
• иного спектрального состава	13
• малого энергетич. уровня	0
• с интенсивным звуком	1
Сигнал/помеха Эталона	0.85
анализируемой сейсмограммы	0.71
Сигнал/помеха в конусе поверхностных волн	
Эталона	0.02
анализируемой сейсмограммы	0.01

сопровождения серии зарегистрированных сейсмограмм.

Если вернуться к сейсмограмме на рис. 1, то визуально еще можно отметить трассы с записью аппаратурного шума, да и то не все. Так, например, программным способом отмечается такой недостаток для трассы с номером 14 (рис. 3), которая на рис. 1 выглядит вполне нормальной. Однако, если ее визуализировать индивидуально,

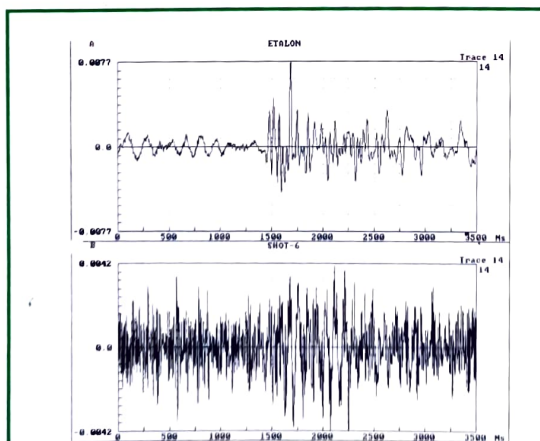


Рис. 4 Пример автоматического выявления трассы с записью аппаратурного шума: а - трасса эталонной сейсмограммы, б - трасса анализируемой сейсмограммы

сравнивая с аналогичной трассой Эталона (рис. 4), то хорошо видно, что при автоматическом анализе получено верное заключение. Также практически невозможно визуально выявить такой недостаток, как неверный спектральный состав записи отдельных трасс. К примеру, на экране (рис. 3) некондиционной трассой по данному признаку отмечена трасса с номером 15. Последующий спектральный анализ записи этой трассы показал, что ее спектр в сравнении со спектром аналогичной Эталонной трассы действительно аномален (рис. 5).

В общей системе анализа записей сейсмограмм AutoSOKS имеется программа, позволяющая получить полную потрассную информацию о качестве каждой трассы отдельной сейсмограммы по всем проверяемым параметрам. Эта программа применяется для того, чтобы настроить систему AutoSOKS на правильное обнаружение некачественных записей с минимальными пропусками цели и выдачи неверных заключений. В какой-то степени подобные погрешности присущи любой системе распознавания объектов на основе сравнения с Эталоном. Наш опыт работ с системой AutoSOKS показал, что надежность разработанных нами алгоритмов оценки качества сейсмических записей достаточно велика. Поэтому мы берем на себя смелость утверждать, что проблему автоматической оценки качества сейсмограмм в части создания программного обеспечения можно считать решенной для всех перечисленных выше стадий работ. В то же время имеются некоторые особенности и затруднения применения данного программного продукта для контроля записи сейсмограмм в процессе их регистрации. Именно к этим вопросам и хотелось бы привлечь внимание разработчиков геофизической аппаратуры.

Прежде всего, и это весьма принципиально, для оценки качества сейсмограмм используются не только чисто технические, но и геофизические параметры записи. Более того, последние наиболее важны и, в то же время, визуально практически не могут быть выявлены. К ним относятся все те характеристики, которые связаны с какими-либо приемами выделения волн или разделения волнового поля на его составляющие (отношение сигнал/помеха, оценка поверхностных и звуковых волн, энергетический уровень полезной сейсмической записи и микросейсм и т.п.). Для их определения необходима определенная информация о полученной сейсмограмме, которая в явном виде не содержится в самой исходной ее записи. Так, надо более или менее точно знать расстояние каждой точки записи трассы от ПВ (offset). Сама Эталонная сейсмограмма во всех случаях должна быть записана в формате SEG-Y с этикетками трасс, в которых такая информация содержится. Все остальные сейсмограммы, в том числе и анализируемые в процессе регистрации, могут не иметь параметра offset только в том случае, когда расстановка ПП по этому параметру записи строго постоянна и в точности соответствует расстановке, при которой получена Эталонная сейсмограмма. Если это условие не выполняется, то необходимо разработать дополнительные аппаратные и программные средства оперативного введения в память бортовой ЭВМ данных о координатах ПВ и ПП или параметры offset трасс каждой новой полученной сейсмограммы.

Окончание см. стр. 40



GEO-IMPULSE ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл"

INTERNATIONAL

ПРЕДПРИЯТИЕ ПРЕДЛАГАЕТ:

Сейсмоприемники

Кроме широко известных GS-20DX начато серийное производство новых сейсмоприемников GS-32CT и GS-30CT. Получен сертификат на право выпуска этих приборов от компании "Гео Слейс" (США). Данные типы сейсмоприемников в наибольшей степени отвечают требованиям, предъявляемым сегодня к геофизическим исследованиям.

Кабель

С 1993 года предприятие разрабатывает и выпускает кабель и готовые секции (косы). В настоящее время выпускается свыше 20 типов кабеля с числом жил от 2-х до 254. Материал наружной изоляции морозостойкий полиуретан фирмы BASF.

С 2003 года при производстве кабеля используются специальные добавки, отпугивающие грызунов. Для телеметрических систем сбора данных выпускаются секции телеметрического кабеля с числом жил от 6 до 27. Жилы могут быть как однопроволочными, так и многопроволочными. Конструкция кабеля имеет грузонесущий кевларовый элемент, существенно увеличивающий прочность кабеля. В настоящее время выпускаются секции кабеля для систем I/O Sercel, станций Саратовского СКБ СП.

Предприятие обладает всем необходимым для выпуска любого типа кабеля. Запущена новая импортная линия по производству кабеля, аналогов которой нет в России. При необходимости внутрь кабеля закладывается специальный герметизирующий состав, обеспечивающий повышенную продольную гидроизоляция.

Все секции телеметрического кабеля проходят 100% контроль по следующим параметрам:

- переходное затухание;
- утечка;
- коэффициент затухания телеметрических пар;
- сопротивление шлейфов;
- коэффициент отражения;
- емкость пар и асимметрия по емкости;
- взаимное влияние по геофонным и телеметрическим каналам.

Разъемы

Тип разъема, устанавливаемого на кабель, определяет заказчик. Мы предлагаем следующие типы канальных выводов: KCK-2; KCL; PPT (SPT); Herma; AmphiB.

Концевые разъемы изготавливаются из высокопрочной пластмассы (наружный корпус). Внутренняя контактная часть разъема закупается у ведущих мировых производителей. В производстве разъемов используются современные термоластавоматы, закупленные в Германии.

Секции телеметрического кабеля прошли сертификацию в Центральном сертификационном органе ЕАГО и имеют Сертификаты соответствия ЕАГО.

Блоки питания МВР для систем I/O

Изготавливаются из высокопрочной пластмассы. Комплекуются терморезистором, разъемом и предохранителем.

По желанию заказчика блоки могут комплектоваться аккумуляторами.

Тестеры

Начато производство различных типов тестеров, как для кабелей систем I/O, так и для Sercel. В полевом варианте тестер позволяет контролировать следующие параметры:

- обрывы;
- полярность;
- сопротивление изоляции между парами с чувствительностью не хуже 200 кОм.

Обрывоискатель собственной разработки позволяет определить место обрыва жил кабеля с точностью до 1 см., в том числе у линейных кабелей с числом жил до 100.

Ремонт и сервисные работы

Предприятие имеет большой опыт по ремонту телеметрических секций и любого кабеля. Мы производим полное тестирование и 100% восстановление работоспособности практически любых типов секций кабеля и разъемов. Дефектация и ремонт групп сейсмоприемников в условиях завода-изготовителя позволяет существенно продлить срок службы и сократить затраты. После ремонта дается гарантия на все выполненные работы.

Наш принцип - минимальные сроки при максимальном качестве

450001, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Кировоградская, 36.

Телефон: /3472/ 25-39-73

E-mail: geoimp@ufanet.ru

Факс: /3472/ 24-73-44

<http://geoimp.on.ufanet.ru>

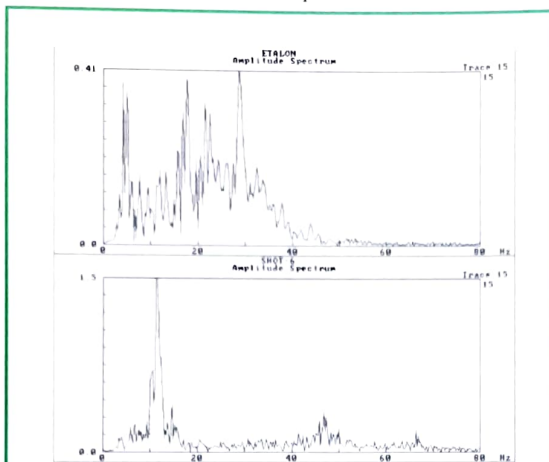


Рис. 5 Пример автоматического выявления трассы с существенно иным спектром записи колебаний: а - спектр трассы эталонной сейсмограммы, б - спектр трассы анализируемой сейсмограммы

Необходимо также оперативно преобразовать форматы записи из полевого типа (SGY-D или какой-либо иной) в демультимплексированный формат SEG-Y, а при использовании вибраторов еще и с преобразованием в записи коррелограмм. Система анализа качества сейсмограмм AutoSOKS исходит из того, что такие процедуры в программном обеспечении бортовых ЭВМ имеются, иначе надо дооснастить эту систему набором программ с учетом того, что разные типы сейсмостанций могут использовать разные форматы записи сейсмограмм при их регистрации.

Таким образом, описанное выше программное обеспечение оценки качества сейсмограмм для начального этапа работ в поле нуждается в определенном аппаратном оснащении и адаптации для включения в типовые системы бортовых компьютеров.

Несколько слов о функциях и особенностях работы супервайзеров с системой AutoSOKS. Очевидно, что без такой системы их контроль качества получения сейсмограмм в поле мало эффективен. В процессе их регистрации они могут только контролировать условия проведения работ (глубину заложения заряда, параметры группы вибраторов, качество установки сейсмографов и т.п.), что и без них может делать оператор сейсмостанции. Как было сказано выше, визуальный контроль каждой вновь полученной сейсмограммы объективен, субъективен и крайне ограничен. Бытует мнение о том, что следует прямо в поле получать временные сейсмические разрезы, по которым уже судить о качестве выполняемых работ. На наш взгляд оно ошибочно. Во-первых, первичные временные разрезы без углубленной обработки с коррекцией статических и кинематических поправок, как правило, мало информативны и на них редко прослеживаются глубокие отражающие горизонты. Во-вторых, и это самое главное, по технологии сейсмических работ МОВ-ОГТ такой временной разрез может быть получен только после отработки всего или достаточно большой части профиля. Если при этом и выяснится недостаточное качество сейсмических материалов, то вряд ли кто будет вторично обрабатывать весь или отдельные участки профиля. Контроль

полевых сейсмограмм эффективен только в том случае, если сразу после их регистрации оператор получает информацию о качестве произведенной записи, и в случае необходимости может продублировать ее или оперативно что-то исправить при регистрации следующей сейсмограммы.

Роль же оснащенной системой AutoSOKS супервайзера заключается в том, чтобы с самого начала выбрать и заложить в систему нужную Эталонную сейсмограмму, а при существенном изменении сейсмогеологических условий проведения работ на каких-то участках заменить ее на новую. Далее надо на первых этапах проведения работ по отдельным типовым сейсмограммам настроить систему AutoSOKS, т.е. подобрать нужные условия определения параметров записи и пороги принятия решений. После этого ежедневно или через какие-то промежутки времени, пользуясь программами потрассового или полного (с назначением ш.б. см. выше) контроля сейсмограмм системы AutoSOKS, производить приемку материалов от оператора.

В заключение следует особо отметить и еще одну важную особенность автоматического контроля и оценки качества сейсмограмм. Из-за необходимости адаптации системы AutoSOKS к условиям проведения работ и требованиям решаемых задач она должна быть открыта для Пользователя в части определения характеристик и назначения допустимых порогов записи сейсмических колебаний. На первый взгляд, это делает возможным некоторый произвол выбора режимов работы системы, в том числе и снижения требований к качеству получаемых материалов. И это действительно так, если не обеспечить единство требований к качеству сейсмограмм на всех указанных выше этапах его определения. Если оператор будет знать требования предъявляемые к качеству сейсмограмм супервайзером, супервайзер, в свою очередь, будет знать требования при приемке материалов на ВЦ и, наконец, будут учитываться требования Заказчика при оценке качества проданных работ, то во всех этих звеньях производства геофизических работ нет никакого смысла в том, чтобы как-то "облегчать свою жизнь", снижая эти требования. Постоянство же требований обеспечивается тем, что на всех этих этапах используется единый Проект задания и единые Эталонные сейсмограммы. В том случае, если Заказчик в силу каких-то причин не владеет системой AutoSOKS или не может сам определить нужный уровень требований к качеству сейсмограмм, то такая экспертная услуга может быть оказана ему специализированной геофизической фирмой.

По нашему мнению, только таким образом может быть реально повышено качество получаемых сейсмических материалов, в чем, в конечном счете, должны быть заинтересованы и производители геофизических работ. Кроме того, это исключит какие-либо субъективные противоречия между Заказчиками и Исполнителями этих работ на этапе оценки качества их выполнения.

Литература

1. Кондратьев О.К., Автоматизированные системы оценки качества сейсмограмм и волновых сейсмических разрезов ОГТ, Геофизика, Специальный выпуск "Технология сейсморазведки-1", 2002, 3-12.
2. Кондратьев О.К., Автоматизированный контроль и оценка качества сейсмограмм и сейсмических разрезов, Геофизический вестник, 3-4, 2003, 18-24.

Применение стандартных компонентов промышленной электроники при проектировании и разработке приборов и систем разведочной геофизики

Турлов А.П., Ефимов Р.Г., компания "Трайтек", г. Саратов

Сегодня на рынке представлена широчайшая номенклатура стандартных компонентов промышленной электроники, предназначенных для построения разнообразных систем сбора и обработки данных. В их числе имеются решения, которые отвечают самым строгим эксплуатационным требованиям и способны функционировать в исключительно неблагоприятных для обычной электроники условиях. Системы, построенные на таких компонентах, защищены от действия пыли, влаги, вибраций, низких температур и идеально подходят для выполнения специфических задач. Одной из возможных областей, где **подобные системы** могут эффективно применяться, без сомнения, является разведочная геофизика.

Приборы и системы разведочной геофизики смело можно отнести к классу устройств промышленной электроники. Во-первых, потому что они работают в тяжелых, в данном случае полевых, условиях, ведь часто подобные системы размещаются на платформах грузовых автомобилей. И во вторых, основной задачей для большинства этих устройств является регистрация и обработка информации. В большинстве таких системы используются компьютерные технологии, в их состав входят микропроцессоры, память различного типа для хранения данных и цифровые устройства для сбора и обработки информации со всевозможных датчиков.

Очевидным решением задачи разработки и модернизации подобных систем представляется использование современных стандартных компонентов и устройств промышленной электроники, которые изначально спроектированы для работы в жестких условиях. В этом случае нет необходимости тратить время на создание "с нуля" необходимых модулей, отвечающих желаемым требованиям, а на первый план выходит собственно задача разведочной геофизики, т.е. разработка алгоритмов сбора, обработки, преобразования и хранения данных. Ведь современные цифровые устройства, построенные на базе микропроцессоров, в том числе и в промышленном исполнении, отличаются в основном интеллектуальной "начинкой". И отраслевая специфика, специфика разведочной геофизики, состоит именно в этой программной "начинке".

Опираясь на многолетний опыт компании "Трайтек" по комплектации производства устройств промышленного назначения, можно сформулировать два основных требования, которые необходимо учитывать при проектировании современных промышленных систем: где система будет развернута и какова внутренняя архитектура системы. Первое требование определяет, в каком виде будет выполнена система: стоечной, настенной, напольной, встроенной, мобильной и т.д. Второе требование определяет такие параметры системы, как тип

системной шины, типоразмеры модулей, тип соединительных разъемов, интерфейсные протоколы и т.д. На текущий момент в промышленной электронике существует несколько равноправных стандартов, таких как ISA, MicroPC, PC-104, Compact PCI, VME и др. Выбор того или иного стандарта обуславливается разными причинами. Как правило, при выборе стандарта учитывают уже сложившиеся наработки или специфические требования отрасли и производителей, а также наличие на рынке устройств, с которыми нужно обеспечить совместимость.

В общем случае промышленная система включает в свой состав следующие компоненты:

- конструктив;
- вычислительный модуль;
- модули ввода/вывода;
- модули хранения данных;
- система питания;
- операторский интерфейс.

Компания "Трайтек" предлагает разработчикам и производителям оборудования разведочной геофизики готовые компоненты более 40 зарубежных фирм-производителей. И, проектируя систему сбора и обработки данных, заказчик выбирает компоненты от лучших производителей данного класса оборудования для каждой части системы.

Среди конструктивов различных производителей первое место, безусловно, занимает оборудование немецкой фирмы Schroff. Под этой торговой маркой поставляются напольные промышленные шкафы и шкафы для настенного монтажа, корпуса различных типоразмеров и стойки. Оборудование Schroff отличается надежностью и высокой степенью защиты, подтвержденной международной сертификацией. В зависимости от модели конструктивы могут быть как полностью штампованные, так и наборные, что позволяет варьировать их характеристики.

В конструктивах размещаются функциональные блоки в виде отдельных плат, в том числе вычислительные модули и модули ввода/вывода. На сегодняшний момент для тяжелых условий

ЗА ЧЕРТЕЖНОЙ ДОСКОЙ.



эксплуатации подходящее оборудование различных стандартов предлагают такие фирмы как Octagon Systems и Fastwel, Advantech и Siemens, и многие другие. Одним из наиболее популярных форматов встраиваемых модулей является MicroPC. В этом формате на рынке представлен полный спектр модулей: контроллеры, системы ввода/вывода и обработки информации, различные коммуникационные модули и т.д. Размеры плат MicroPC всего 114x124 мм, что достаточно даже для наиболее компактных конструктивов, а специальная технология их изготовления обеспечивает работу при температурах от -40 до +85 °C и устойчивость к вибрациям до 5g и ударам до 20g. Таким образом, устройства, построенные на основе формата MicroPC, успешно работают в экстремальных условиях. В частности оборудование фирмы Octagon Systems, используется на самолетах, космических кораблях Space Shuttle, подводных аппаратах, на железнодорожном транспорте, в нефтяной и газовой промышленности. Одной из особенностей формата MicroPC является полная (в том числе и конструктивная) совместимость с шиной ISA. Благодаря этому модули формата MicroPC легко встраиваются в любое оборудование, оборудованное этой шиной. Почти всю разработку и отладку программного обеспечения можно производить на обычном ПК, установив в него платы ввода-вывода MicroPC, а затем переносить готовое программное обеспечение в PC-совместимый контроллер.

Для хранения информации в современных промышленных системах широко используются flash-накопители. Они не содержат механических узлов, не выделяют много тепла, потребляют мало энергии, устойчивы к жестким условиям эксплуатации. Наиболее популярными являются модули flash-памяти фирм M-System и SanDisk. Компания M-Systems является одним из крупнейших производителей устройств энергонезависимой flash-памяти, отличающихся чрезвычайно низким энергопотреблением, устойчивостью к ударам и вибрации, совместимостью с распространенными коммерческими и промышленными операционными системами. Flash-диски M-Systems работают с лучшей на сегодняшний день файловой системой для flash-памяти TrueFFS®, позволяющей полностью эмулировать жесткие диски. Что касается flash-дисков SanDisk, то их основной отличительной чертой является аппаратный метод эмуляции жестких дисков, что позволяет полностью обойтись без специализированных драйверов для поддержки этих устройств. Изделия фирмы SanDisk полностью совместимы со всеми компьютерными системами и программным обеспечением.

Система питания также должна удовлетворять самым жестким требованиям. Здесь хорошо себя зарекомендовала продукция фирм Octagon Systems и Artesyn Technologies. Источники питания этих производителей обладают высокой эффективностью, широким диапазоном входного и выходного напряжения и нагрузочной способ-

ности, низким уровнем шума и обеспечивают возможность работы без средств принудительного охлаждения.

Для организации операторского интерфейса служат различные дисплеи и клавиатуры. Среди цветных графических дисплеев стоит обратить внимание на ЖК-дисплеи производства компаний Planar и Siemens. Их отличает прочность конструкции, высокое значение яркости и термостойкость. Для вывода текстовых данных можно воспользоваться матричными дисплеями немецкой фирмы IEE, которые предназначены для работы в широком температурном диапазоне и способны выдерживать удар до 20g. В качестве устройств ввода информации прекрасно подойдут промышленные клавиатуры фирм Indukey и Texas Industrial Peripherals.

При разработке программного обеспечения для систем разведочной геофизики на базе PC-совместимых микроконтроллеров очень полезным может оказаться программный пакет UltraLogic, представляющий собой среду разработки для систем сбора, обработки и управления данными на основе технологии блочных диаграмм по стандарту МЭК IEC 61131. UltraLogic позволяет быстро разрабатывать оригинальное программное обеспечение для PC-совместимых контроллеров и промышленных компьютеров с открытой архитектурой, сокращая время макетирования и изготовления новых приборов и устройств. При использовании этой среды также снижаются требования к программистской квалификации специалистов-разработчиков.

Одним из вариантов организации операторского интерфейса является промышленный ноутбук. Это современное решение для сбора и обработки информации в жестких полевых условиях, позволяющее унифицировать рабочие места операторов мобильных и стационарных центров сбора и обработки геофизической информации. Одним из мировых лидеров в производстве ноутбуков для жестких условий эксплуатации является фирма MITAC.

Специалисты компании "Трайтек" имеют большой опыт в подборе и поставке компонентов для разработки и производства приборов и устройств промышленного назначения, и готовы предложить комплексное решение поставленной задачи, исходя из требуемых эксплуатационных характеристик, совместимости компонентов и, конечно, цены.



410012, г. Саратов, Привокзальная площадь, 1

Телефон/факс: (8452) 520101, (095) 7339332

E-mail: auto@tritec.ru

Internet: <http://www.tritec.ru>

СЕЙСМИЧЕСКАЯ МНОГОКАНАЛЬНАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

РОСА

Российская
Сейсмическая
Аппаратура

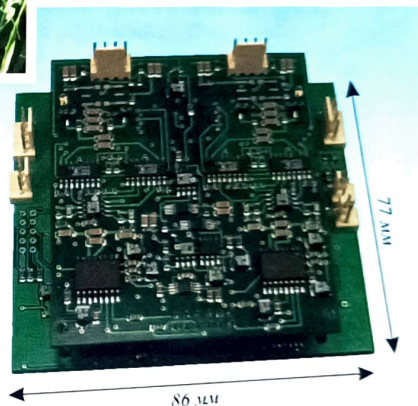
Сейсмотелеметрическая многоканальная станция РОСА предназначена для проведения сейсмических работ различной размерности (2D, 3D, 4D) с различными источниками возбуждения (взрывными, импульсными и вибрационными).

Станция обеспечивает регистрацию в реальном времени данных нескольких тысяч сейсмических каналов. Полевые модули выполнены с дистанционным мониторингом технических параметров и температуры окружающей среды и рассчитаны на подключение многокомпонентных датчиков.



Основные технические характеристики полевого модуля:

- количество каналов регистрации	4
- интервал дискретизации, мс	0.125; 0.25; 0.5; 1.0; 2.0; 4.0; 8.0; 16.0
- аналого-цифровой преобразователь	23 разряда + знак
- мгновенный динамический диапазон, дБ	>120
- коэффициент нелинейных искажений, %	<0.0005
- взаимные влияния между каналами, дБ	<-110
- потребляемая мощность в рабочем режиме на канал, Вт	<= 0.2
- способ питания	1 аккумулятор на 60 каналов
- масса полевого модуля, кг	< 1
- габариты полевого модуля, мм	145x87x65
- диапазон рабочих температур, °C	- 40 ч +60
- длительность регистрации	практически не ограничена (до и более 200 000 отсчетов на канал)



Печатные платы полевого модуля

Отличительными характеристиками станции являются:

- 4-х каналный полевой модуль;
- работа станции в ведущем, ведомом и пассивном (мониторинг) режимах;
- синхронизация по сигналам GPS по всей расстановке системы;
- значительное по объему и спецификации внутреннее самотестирование;
- организация непрерывного и большого объема потока сейсмических данных без ограничения по времени;
- мониторинг системы в реальном времени.

Сейсмотелеметрическая станция РОСА по своим функциональным и техническим характеристикам соответствует лучшим мировым аналогам, а по отдельным параметрам (стоимость, вес, потребление энергии, длительность регистрации) превосходит зарубежные станции, поставляемые в Россию.

Федеральное государственное унитарное предприятие
Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья
(ФГУП СНИИГГиМС)

630091, Новосибирск, Красный проспект, 67
тел.: (3832) 22 07 29 факс: (3832) 22 07 29, 21 49 47
e-mail: seismic@ace.ru <http://www.sniggims.ru>



Страницы истории отечественного геофизического приборостроения

Зайченко В.Ю., ВНИИгеосистем, г. Москва

*"Отыщи всему начало и
ты многое поймешь"*
К. Прутков

(Продолжение, начало см. в №01(03)2003 г.)

Во ВНИИгеофизике в эти годы были развернуты беспрецедентные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию гравиметрической аппаратуры различного назначения.

На базе теории нелинейных гравиметров и новых принципов измерения силы тяжести (К.Е. Веселов) был создан целый ряд приборов таких как ГАК-3М (К.Е. Веселов, П.И. Лукавченко), пригодный для съемок в труднодоступных местностях; ГАК-4М, ГАК-Н, Дельта, ГНУК-1, ГНУК-В с улучшенными характеристиками (К.Е. Веселов, Л.В. Калишева, Ю.С. Евдокимов, Р.А. Юдина, Н.М. Геренблат, Л.А. Петров, С.И. Хитров и др.). Эти типы гравиметров были поставлены на серийное производство на заводах "Нефтекип" и "Геологоразведка", объемы их выпуска обеспечивали всевозрастающее производство гравиметрических исследований на все виды полезных ископаемых и применение высокоточной гравиметрии для решения инженерно-геологических задач (Таблица 1).

Начатые в 1930 году систематические определения силы тяжести на море по инициативе и при участии Л.В. Сорокина (МГУ) показали возможность использования этих данных для выявления нефтегазоперспективных структур и, прежде всего, в шельфовой зоне. Проведенные им исследования на Апшеронском полуострове в Азербайджане привели к необходимости прослеживания в шельфовой зоне Каспийского моря выявленных в пределах суши

нефтяных месторождений. Это потребовало создания специальной аппаратуры для измерения силы тяжести на дне водоемов.

Во ВНИИгеофизике в 50-х годах были впервые разработаны донные астазированные металлические гравиметры ДГПЕ (Г.Ч. Рудаковская, А.М. Лозинская, П.И. Лукавченко, К.Е. Веселов), которые начали широко применяться в производственных условиях.

Положительные результаты, полученные при поисках нефтегазоперспективных структур в прибрежной части Каспийского моря, укрепили позиции донной гравиметрии, которая заняла достойное место в общем комплексе поисковых геофизических работ.

Позже на базе кварцевых астазированных гравиметров во ВНИИгеофизике были разработаны и усовершенствованы донные гравиметры марки ГДКА с фотоэлектрической индикацией и электромеханической и электростатической компенсацией, а затем КДГ-II и КДГ-III, в которых приращение силы тяжести измерялось способом возвратного потенциала.

В 1962 - 1964 гг. был создан донный кварцевый гравиметр с электромеханическим телеуправлением ГДК-ЭМТ. (П.И. Лукавченко, В. Демченко, М.А. Белкин, К.Е. Веселов, О.И. Науменко-Бондаренко). Несколько раньше был разработан телевизионный металлический донный гравиметр (Г.М. Минензон, М.С. Давыдов, Ю.К. Рябиков), но он широкого распространения не получил [1]. В дальнейшем донные гравиметры подвергались только автоматизации, а их конструкция существенным изменениям не подвергалась.

В этой работе активное участие принимали А.А. Аликберли, К.Е. Веселов, Л.Д. Немцов, В.Ф. Попов и Л.А. Губенко.

Донные гравиметры в различных модификациях выпускались на заводе "Нефтекип" и по

Таблица 1 Выпуск гравиметров различных типов на заводах отечественного приборостроения (штук)

Наименование заводов и типов продукции	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Завод "Нефтекип" гравиметры:															
ГНУ-К2	140	0	155	130	140	130	135	120	130	125	120				
ГНУ-К1	16	0	25	30	30	20	25	25	20	20	25	30	25	-	20
ГНШ-К2	15	0	-	18	-	-	12	-	-	14	-	-	-	-	-
ГДК-Г	5	5	5	5	6	4	5	5	4	4	4	5	6	6	7
ГМН-72	2	4	3	4	5	5	4	5	5	2	-	-	-	-	-
ГМН-К											4	5	5	8	10
ГНУ-КС						-	13	30	10	10	15	20	30	90	150
ГНУ-КВ						50	50	50	71	50	40	50	80	100	45
Завод "Геологоразведка" гравиметры:															
"Дельта - 2"	100	100	100	-	50	50	30	30	30	30	40	40	30	40	-
ГНШ-К2	-	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-

своим характеристикам удовлетворяли требованиям производства (таблица 1).

Измерения силы тяжести, выполненные в 30-х годах Л.В. Сорокиным, а также его учеником профессором В.В. Федынским, на движущихся судах нефтеналивных танкерах в Каспийском море (1933 г.), курсирующих между Баку и Махачкалой, Астраханью и Красноводском, выделилось в самостоятельное направление - изучение гравитационного поля Мирового океана и акваторий морей, сыгравшее определяющую роль в геологическом изучении литосферы, для расчетов траекторий искусственных спутников Земли также полетов космических аппаратов.

Первые измерения проводились с маятниковыми приборами с погруженных подводных лодок, а в тихую погоду - с бортов обыкновенных судов [6]. Необходимо отметить, что первые измерения силы тяжести в морских условиях были выполнены еще в 1893-1896 гг. во время экспедиции Ф. Хансена в Северном Ледовитом океане с вмержшего в лед судна, являющегося устойчивым основанием [3].

В 1901-1909 гг. определения силы тяжести на море проводил и немецкий ученый Гельмерт. Ему удалось получить данные о различии сил тяжести над глубоководными районами и у берегов материков, но из-за несовершенства приборов, а также их неустойчивости на корабле во время качки были допущены большие погрешности, которые не позволяли использовать полученный материал для решения геологических задач [3].

Почти четверть века после этого считалось невозможным осуществлять измерения силы тяжести на неустойчивых основаниях, пока в 1923-1924 гг. голландскому ученому Вейнинг-Мейнецу не удалось благодаря специальному приспособлению использовать гравиметр в морских условиях и получить удовлетворительные по точности данные о распределении силы тяжести в морях и океанах [3].

Но, коренной перелом в морском гравиметрическом приборостроении наступил, когда выдающийся советский ученый профессор К.Е. Веселов (ВНИИ геофизика) впервые в мире доказал возможность преодоления принципа эквивалентности сил инерции и сил тяготения. Им было показано, что данные силы могут быть разделены по направлению, по изменчивости во времени и изменчивости в пространстве и что влияние сил инерции можно исключить на основе измерения и соответствующей обработки элементов траектории движения [1]. На этих принципах была построена практически вся морская набортная и аэрогравиметрическая аппаратура в нашей стране и за рубежом. Уже в 1954 году Л.П. Смирнов провел набортные измерения силы тяжести со статическими гравиметрами с большей точностью, чем с маятниковыми приборами. В последующие годы морские статические гравиметры были существенно усовершенствованы (В.О. Баграмянц, К.Е. Веселов, А.И. Райнот и др.) и организован их серийный выпуск на заводе "Нефтекип" под маркой ГМН-К, в приборах этого типа использовалась кварцевая астазированная чувствительная система с жидкостным демпфированием и температурной компенсацией, с обратной связью на основе форсирования и электрической регистрации [1].

Использование морских гравиметров типа ГМН-К при морских съемках показало их

значительную эффективность. Стало возможным проведение кондиционных съемок М 1:200000 на обширных акваториях морей и океанов с набортными гравиметрами. За счет усовершенствования методики измерений (учет поправки Этвеша, учет изменений нуля пункта по донным опорным пунктам, применения цифровых фильтров и т.д.) удалось повысить точность измерений до нескольких десятых миллигала в некоторых случаях и до сотых долей миллигала (В.Г. Буданов, В.О. Баграмянц, И.Я. Французов). Это позволило осуществить в последующие годы кондиционную гравиметрическую съемку нефтегазоносных участков дна Баренцева, Охотского и Карского морей, составить и издать гравиметрические карты масштаба 1:1000000 для Баренцева моря, восточной части Норвежского и западной части Карского морей, а также 1:200000 для Кольского шельфа (В.А. Журавлев, И.Я. Французов, М.М. Павлова).

Создание морских набортных гравиметров позволило осуществлять поиски нефтегазоперспективных структур на больших территориях морей и океанов и даже прогнозировать на них отдельные залежи.

В последующие годы гравиметры ГМН-К совершенствовались путем повышения чувствительности, улучшения термостатирования, введения линейаризации показаний, регистрации показаний многочисленных датчиков на машинном носителе и т.д., что позволило создать новую его модификацию, получившую название ГМН-Флагман (В.О. Баграмянц). Созданием морских набортных гравиметров занимались и другие организации: ИФЗ (Е.И. Попов, Л.К. Железняк, В.А. Тулин и др.), Южморгеология (Л.Д. Немцов и др.), ГАИШ (В.Л. Пантелеев, В.Д. Гладун и др.), Тульский политехнический институт (В.С. Кутепов) [5]. Эти и другие гравиметры, разработка и улучшение которых продолжается до настоящего времени, достигли высокого совершенства и обеспечили становление и развитие морских гравиметрических исследований в нашей стране, однако точность измерений, хотя и в меньшей мере, продолжает зависеть от точности навигационных данных [5].

Создание статических гравиметров для измерений силы тяжести с подвижных оснований подтолкнули развитие и аэрогравиметрии, которая была необходима для изучения труднодоступных территорий. Для этих целей во ВНИИ геофизике в 1956 году был создан струнный гравиметр (А.М. Лозинская, М.С. Давыдов), который можно было применять при гравиметрических съемках с самолетов и вертолетов. В последующие десятилетия во ВНИИ геофизике был разработан целый комплекс аэрогравиметрической аппаратуры (А.М. Лозинская, И.Л. Яшаев, В.О. Баграмянц, М.С. Давыдов, К.Е. Веселов, Ю.К. Рябиков), пригодной для осуществления гравиметрических съемок различного масштаба. Этот комплекс в отличие от морской набортной гравиметрической аппаратуры оснащался приборами для определения высоты полетов и ее вариаций, а также более точной и надежной системой ориентации и стабилизации оси чувствительности гравиметров.

Для измерения высоты и ее вариаций использовались радиовысотометры и барометрические измерители вертикальной скорости, для стабилизации направления оси чувствительности

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

высокоточная гиropлатформа; для определения горизонтальных координат и скорости аэро-навигационная аппаратура. В связи с наличием в аэрогравиметрическом комплексе многочисленных датчиков возникла проблема согласованной фильтрации и корреляции множества их показаний. Для ее решения во ВНИИгеофизике была разработана специальная автоматизированная система обработки аэрогравиметрических данных, которая обеспечивала точность измерений на самолете при прямолинейном полете около 6 мГал, а на вертолете около 1 мГал. В связи с быстрым совершенствованием спутниковой навигации появилась реальная возможность существенного увеличения точности аэрогравиметрических съемок более чем на порядок, что может приблизит их по точности к наземным съемкам [1].

Необходимо отметить, что точность гравиметрических съемок во многом зависит от точности измерений на опорной сети I класса, которые производятся в нашей стране с помощью маятниковых приборов. Это лишний раз было подтверждено работами ЦНИИ ГАИК (Ю.А.

Славин, Н.А. Гусев), когда в 1964 году ими был изготовлен и испытан новый малогабаритный двухмаятниковый вакуумированный комплекс (ОВМ), позволивший значительно улучшить измерения на сети пунктов I класса.

Средняя квадратическая погрешность на пунктах этой сети оказалась равной 0,033 мГал, а систематическая погрешность, определенная из 14 сравнений, полученных с баллистическими гравиметрами разных стран в интервале 3,5 Гал, была равна нулю.

С ОВМ были выполнены измерения на опорных пунктах 30 государств и определены 10 опорных пунктов в Антарктиде. Точность на антарктических пунктах была во всех случаях не ниже 0,15 мГал.

На базе ОВМ в 1967-1968 гг. был построен морской автоматизированный прибор АМП-1, предназначенный для применения с подводных лодок. Сокращение продолжительности измерений до нескольких минут и полная автоматизация работ была достигнута благодаря реализации предложения М.Е. Хейфеца о цифровой фильтрации единичных колебаний маятников [6].

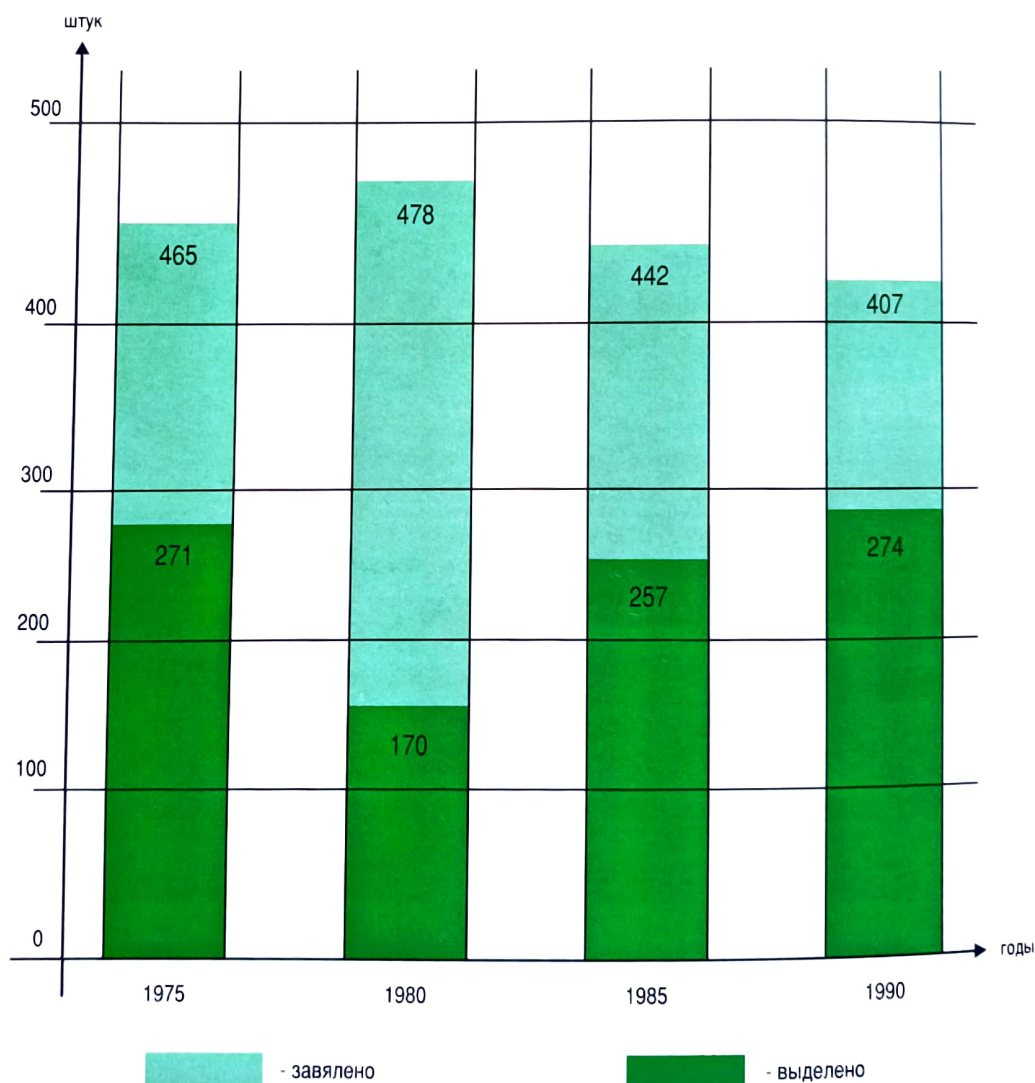


Рис. 1 Удовлетворение потребностей геофизических организаций Мингео СССР полевыми гравиметрами всех типов

Таблица 2 Классификация гравиметрических приборов

ТИП (по состоянию пробной массы - в движении или в покое)	КЛАСС (по принципу измерения)	ВИД (по физическому способу измерения)	ГРУППА (по рабочему месту)	ПОДГРУППА (по способностям менять пункты измерений)	ОТДЕЛ (особенность)	МАРКА или рекомендуемое, сокращенное наименование
ДИНАМИЧЕСКИЕ	АБСОЛЮТНЫЕ	ГРАВИМЕТРЫ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ	НАЗЕМНЫЕ	СТАЦИОНАРНЫЕ		ГАС - гравиметр абсолютный стационарный
				ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ		ГАТ - гравиметр абсолютный транспортабельный
			БОРТОВЫЕ			ГАБ - гравиметр абсолютный бортовой
		ПРИБОРЫ МАЯТНИКОВЫЕ	НАЗЕМНЫЕ	СТАЦИОНАРНЫЕ		МАС - маятник абсолютный стационарный
				ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ		МАТ - маятник абсолютный транспортабельный
			БОРТОВЫЕ			МАБ - маятник абсолютный бортовой
		ВАРИОМЕТРЫ				ДВ - динамический вариометр
		ГРАДИЕНТОМЕТРЫ				ДГ - динамический градиентометр
	ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ	ПРИБОРЫ МАЯТНИКОВЫЕ	НАЗЕМНЫЕ	СТАЦИОНАРНЫЕ		МОС - маятник относительный стационарный
				ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ		МОТ - маятник относительный транспортабельный
			БОРТОВЫЕ			МОБ - маятник относительный бортовой
СТАТИЧЕСКИЕ	АБСОЛЮТНЫЕ	ВАРИОМЕТРЫ				СВ - статический вариометр
		ГРАДИЕНТОМЕТРЫ				СГ - статический градиентометр
	ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ	ГРАВИМЕТРЫ СТРУННЫЕ	БОРТОВЫЕ	МОРСКИЕ		ГБСМ - гравиметр бортовой струнный морской
				АВИАЦИОННЫЕ		ГБСА - гравиметр бортовой струнный авиационный
			СКВАЖИННЫЕ	До 2,5 км - А Глубже - Б		ГСС-А(Б) - гравиметр скважинный струнный
		ГРАВИМЕТРЫ ПРУЖИННЫЕ	НАЗЕМНЫЕ	ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ	УЗКО-ДИАПАЗОННЫЕ	ГНУ - гравиметр наземный узкодиапазонный
				СТАЦИОНАРНЫЕ	ШИРОКОДИАПАЗОННЫЕ	ГНШ - гравиметр наземный широкодиапазонный
			СКВАЖИННЫЕ	До 2,5 км - А Глубже - Б	КОМБИНИРОВАННЫЕ	ГСП-А(Б) - гравиметр скважинный пружинный
			ДОННЫЕ			ГД - гравиметр донный
			БОРТОВЫЕ			ГБП - гравиметр бортовой пружинный

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ



Таблица 3 Параметрический ряд гравиметров и их основные параметры

Параметр	Средняя квадратическая погрешность мГал (10^{-5} мс^{-2}) в рейсах продолжительностью:			
	1 час	4 часа	8 часов	20 суток
1. Гравиметры наземные узкодиапазонные		0,03		
1.1. ГНУ-КВ серийный		0,02		
1.2. ГНУ-КА 1990		0,015		
1.3. ГНУ-1				
2. Гравиметры наземные широкодиапазонные			0,015	
2.1. ГАГ-2 серийный			0,08	
2.2. ГНШ-1 1989			0,06	
2.3. ГНШ-2				
3. Гравиметры донные			0,15	
3.1. ГД-К серийный			0,10	
3.2. ГД-1 1990			0,06	
3.3. ГД-2				
4. Гравиметры скважинные		0,015		
4.1. ГС-110 1987		0,08		
4.2. ГС-А		0,25		
4.3. ГС-Б				
5. Гравиметры пружинные бортовые		1,0	2,5	100
5.1. ГМН серийный		0,6	1,5	150
5.2. ГБП "Флагман" 1990		0,4	1,3	160
5.3. ГБП-2				
6. Гравиметры струнные бортовые морские и авиационные		1,0	2,0	100
6.1. ГАМС макет		0,5	1,5	100
6.2. ГБС-1 1990		0,4	1,0	100
6.3. ГБС-2				
7. Морские гравиметрические комплексы МГК		0,7	1,2	150
7.1. МГК "Океан" 1990		0,4	1,0	180
7.2. МГК-2				
8. Градиентометры -СГ *				
9. Маятники относительные наземные				
9.1. "Агат" серийный	0,04			
9.2. МСТ	0,02			
10. Маятники относительные бортовые				
10.1. ПДМ серийный			1,0	5
10.2. МОБ			1,0	15
11. Маятники относительные стационарные - МОС	0,01			
12. Гравиметры баллистические				
12.1. ГАБЛ		0,01		
12.2. ГАС			0,005 (0,001 за 24 часа)	
12.3. ГАТ			0,03 (0,01 за 24 часа)	

* Средняя квадратическая погрешность градиентометра за 5 минут - $2-5 \text{ с}^{-2}$

Изготовленный для этой цели в 1971 году новый прибор АМП-2 (Э.М. Березин, А.А. Ларин, С.М. Лукашук и др.) был установлен на одном из глубоководных аппаратов и показал хорошие результаты.

Совершенствование маятниковой аппаратуры продолжалось и в последующие годы. В 1971 году был создан маятниковый комплекс "Агат" (Ю.А. Славин, Н.А. Гусев), который имел существенные преимущества по сравнению с ОВМ по точности измерений, по числу приборов, включенных в комплекс, по массе, по потребляемой мощности. Таким образом, появилась возможность заменить статические гравиметры при создании сети I класса маятниковыми приборами и отказаться от аэрогравиметрии при выполнении этих работ. За период с 1978 по 1983 год была создана новая сеть, состоящая из 502 пунктов. Средняя квадратическая погрешность, полученная из уравнивательных вычислений, составила 0,029 мГал, а систематическая по отношению к современным баллистическим измерениям 0,00 - 0,01 мГал [6]. Созданная и закрепленная сеть гравиметрических пунктов I класса на территории СССР является одной из лучших в мире и служит надежной опорой для привязки пунктов II и более низших классов.

Как видно, гравитационные маятниковые приборы не утратили своего значения, они будут и в дальнейшем совершенствоваться для осуществления специальных гравиметрических наблюдений высокой точности.

Особо следует остановиться на скважинной гравиметрии.

В начале 50-х годов П.И. Лукавченко впервые в мире предложил измерять силу тяжести непосредственно в скважинах, разработал и испытал первый металлический скважинный гравиметр [1]. В последующем скважинные гравиметры разрабатывались на базе кварцевых астазированных гравиметров (П.И. Лукавченко, И.Н. Михайлов, М.А. Белкин, К.Е. Веселов). Ими же были разработаны основы теории и технологии гравитационного каротажа. Первые практические результаты по измерению силы тяжести в скважинах были получены в 1958 году с кварцевым скважинным гравиметром ГСК-175. Ошибки измерений в точках наблюдений располагавшихся через 40 и 80 м составляли 0,8 - 1,6 мГал. В последующем был создан гравиметр ГСК-130 с уменьшенным внешним диаметром скважинного прибора равным 130 мм и глубиной применения до 3х км. В 1964-1965 гг. этот прибор был испытан в Башкирии и Татарии и показал точность единичного измерения равной 0,5 мГал при расположении точек через 100 м.

В последующие годы во ВНИИгеофизике шло непрерывное усовершенствование скважинных гравиметров в направлении уменьшения внешнего диаметра, повышения температурного порога и усовершенствования измерительной системы с целью повышения точности наблюдений. В 1958 году был создан скважинный гравиметр диаметром 110 мм (ГСК-110), что расширило возможности применения скважинной гравиметрии для решения геологических задач особенно в нефтегазоразведочных скважинах (разработчики: П.И. Лукавченко, М.А. Белкин). Гравитационный каротаж как метод определения плотности горных пород в условиях

естественного залегания позволял решать как геологические задачи, так и изучать плотность промежуточного слоя и решать вопросы редуцирования наблюдаемого поля силы тяжести.

Методику обработки и интерпретации данных гравитационного каротажа разработали - П.И. Лукавченко, А.С. Варламов, И.Н. Михайлов, Е.М. Петров, М.Ю. Лазарев и Н.А. Дмитриев (ВНИИгеофизика).

Таким образом, в 1950-1990 годах была создана отечественная приборная база гравиметрии, обеспечившая необходимой измерительной техникой производство гравиметрических исследований в различных условиях на поверхности Земли, на море, в воздухе, в скважинах, в шахтах и рудниках. Это позволило гравиразведке занять одно из ведущих мест в общем комплексе геофизических методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий, а также при решении археологических, экологических и других задач.

Страна была полностью избавлена от необходимости импорта гравиметров, что имело немаловажное значение для осуществления независимой государственной политики в обеспечении гравиметрических измерений для нужд народного хозяйства и обороны.

В 80-е годы в различных организациях страны в эксплуатации находилось порядка 1350 гравиметров различного назначения. При общем производстве приборов различного типа на отечественных заводах в количестве 250-270 штук ежегодно, можно было обновлять имеющийся парк на 20-22 %, что являлось неплохим показателем, хотя заявки на гравиметры полностью и не удовлетворялись (рис. 1). Обновление в основном происходило за счет ввода в эксплуатацию гравиметров с повышенной точностью измерений, что позволяло расширять количество решаемых с помощью гравиразведки задач.

В 1984 году гравиметрист В.В. Камянской разработал классификацию современных гравиметрических приборов (таблица 2), а также их параметрический ряд (таблица 3), которые не утратили своего значения и до настоящего времени [4].

Гравиразведка как один из старейших методов изучения Земли будет и в дальнейшем служить человечеству, а измерительные приборы будут постоянно совершенствоваться на базе современных достижений физики, электроники, электротехники и материаловедения.

Литература

1. Веселов К.Е., В.О. Баграмянц. 50 лет гравиразведке во ВНИИгеофизике, состояние, проблемы, перспективы. Прикладная геофизика, М., Недра, 1994, № 131.
2. Горная энциклопедия, том 2. М., изд. Сов. энциклопед., 1986.
3. Ильина Т. Д. Формирование советской школы разведочной геофизики, М., изд. "Наука", 1983.
4. Камянской В.В. Классификация и параметрический ряд гравиметрической аппаратуры. Геофизическая аппаратура. Санкт-Петербург, 1992, вып. 96.
5. Справочник геофизика, том V. М., Недра, 1968.
6. Хейфец М.Е. К истории развития гравиметрической съемки в нашей стране. Геодезия и картография. М., Геодезиздат, 1992, № 4.

СТРАНА И ЕЕ ИСТОРИЯ



SERCEL представляет новую телеметрическую систему 408UL

SERCEL, Франция

ТЕЛЕМЕТРИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Система 408UL компании Sercel, впервые представленная на выставке SEG в г. Хьюстон в 1999 году, оказывает сейчас большое влияние на технологию проведения полевых работ. Система показала прекрасные результаты в реальной работе. Оборудование 408UL предпочли многие сейсмические подрядчики для работы в различных регионах мира. Это оборудование было выбрано ими как лучшее в своем классе, благодаря непревзойденной гибкости и производительности.

Самыми первыми 408UL стали использовать канадские подрядчики в очень сложной горной местности, где они смогли в полной мере воспользоваться преимуществами малого веса полевого оборудования 408UL. Поскольку оборудование 408UL весит в два раза меньше самого легкого оборудования предыдущего поколения, эти сейсмпартии сообщали о значительном росте производительности и эффективности работ. Эти сейсмпартии также сообщали о непосредственном и важном влиянии нового оборудования на логистику, использование вертолетов и производительность их полевых отрядов, работающих на линии. В некоторых партиях появилась возможность удвоить число каналов на одну загрузку вертолета и быстрее и проще достигать удаленных мест работы.

Конструкция 408UL с интегрированной электроникой и кабелями подтвердила свои преимущества как в транспортировке, так и в расстановке. Характеристики полевого наземного оборудования 408UL позволяют полевому персоналу легко переносить в смотанном виде оборудование, необходимое например для расстановки двух регистрирующих каналов, включая электронику и кабель, соответствующий 55 метровому интервалу, с общим весом 6 кг. Тот факт, что число каналов, выбранное для расстановки в расчете на один полевой отряд не является строго ограниченным только из-за веса оборудования и может быть адаптировано к конкретным условиям работы, является важным фактором, который может предложить только система 408UL.

Система 408UL показала себя исключительно хорошо и в совершенно отличных от горных условиях пустыни Ближнего Востока. В этих условиях система сейсмической регистрации должна обеспечивать очень быструю расстановку, эффективный контроль качества QC, поддержку очень большого количества каналов для проведения работ наиболее эффективным способом. Эти сейсмпартии должны отрабатывать несколько тысяч виброточек в день, соответственно высокая надежность оборудования жизненно необходима. Оборудование 408UL продемонстрировало исключительные возможности и надежность в данных условиях. Полевые партии сообщали лишь о нескольких незначительных проблемах с электроникой и воспользо-

вались всеми преимуществами приспособляемости технологии расстановки 408UL, хорошо подходящей к условиям Ближнего Востока.

Система 408UL также продемонстрировала и подтвердила свои возможности по всему миру. Каждый раз оператор работающий на 408UL смог оценить преимущества ее надежности, гибкости и производительности.

Многие подрядчики в течении многих лет полагались на то, что SERCEL предоставит им оборудование, которое благодаря своей надежности обеспечит необходимую поддержку их бизнеса. Система 408UL продолжает эту традицию, благодаря своей открытой архитектуре, особенностям конструкции, возможности воспринимать новые технологии в процессе развития. Два примера сегодня система может работать с цифровыми датчиками и производить работы 3С.

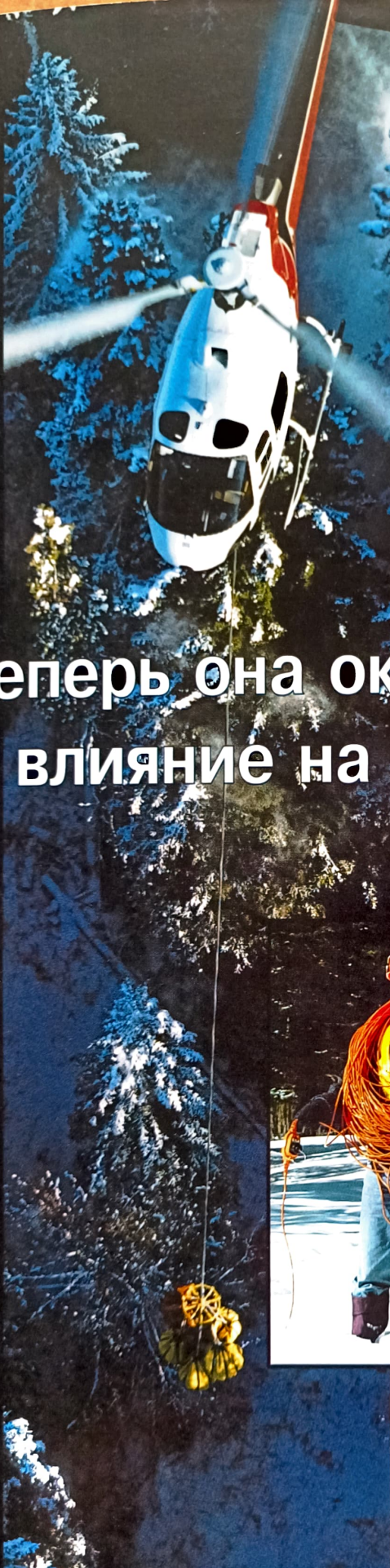
В конструкции 408UL заложена возможность развития. Последняя версия включает возможность полной поддержки двойной телеметрии (кабельной и радио) с использованием новых модулей - Remote Eagle Modules (REM). Этот радиопередатчик может быть установлен в поле, близко к полевым радиомодулям, и передавать полученные данные назад в кабину регистрации, используя либо радиоканал либо кабель. Эта возможность увеличивает расстояние, на которое в ряде случаев нужно передать данные в режиме обычной радиопередачи.

Разработка возможности высокоскоростной передачи данных, называемой Fast Transverse Option, позволяет 408UL передавать данные до 8,000 каналов в расчете на один кабель межлинейных соединений в реальном времени, или десятки тысяч каналов в нереальном времени. Передача данных по высокоскоростной линии Fast Transverse Option значительно повышает пропускную способность мульти-межлинейных соединений, реализация которых возможна с 408UL, особенно для очень большого числа каналов.

Вибросейсмическая технология Слип-Свип (Slip-Sweep) также как возможность Навигации Вибраторов вместе с электроникой вибраторов Sercel VE432 предлагают новые, самые последние возможности для повышения производительности вибросейсмических работ.

Все эти первые годы работы оборудования 408UL в поле принесли большой успех как Sercel, так и пользователям оборудования, которые использовали эту новую, не имеющую аналогов, систему.

Представительство фирмы
"Генеральная геофизическая компания"
в г. Москве:
123557, г. Москва, Б. Тишинский пер., 8/2
тел. (095)254-19-24
факс (095)254-17-52



408UL

Теперь она оказывает огромное влияние на полевые работы

Система, выпуск на рынок которой произвел фурор в мире сейсморазведки, доказала свой ошеломительный успех в поле.

- Полная работоспособность в поле меньше чем через 2 месяца после запуска в производство.
- В два раза легче вес – В два раза ниже затраты на логистику.

