

Линейные сейсморазведочные станции: Вчера, сегодня, завтра

Бондарев В.И., Крылатков С.М., УГГГА, Екатеринбург

Линейные сейсморазведочные станции - это сейсморегистрирующие системы, в которых для соединения сейсмоприемников с регистратором используется отдельная двухпроводная линия (топология коммуникационной структуры типа "звезда" - см. врезку "Коммуникационные структуры"). Возможен и другой вариант соединения - топология типа "шина", используемая в телеметрических сейсморазведочных системах.

В этом номере журнала подобрана информация именно по линейным станциям: об эволюции структуры, элементной базы и конструкторско-схематических решений, о технических характеристиках современных станций, о проблемах метрологического обеспечения эксплуатации станций, признанных средствами измерения, о новых, одобренных Госгортехнадзором РФ устройствах для синхронизации источников возбуждения волнового поля с регистраторами, об опыте внедрения современных средств навигации элементов сейсморегистрирующего комплекса, да и о многом другом прямо или косвенно связанном с линейными сейсморегистрирующими системами.

Введение

Первые сейсморазведочные работы в СССР были начаты методом преломленных волн в окрестностях г. Грозный в 1929 году под руководством проф. Никифорова П.М. Широкое промышленное применение метода началось в 1931 году. В качестве регистрирующих устройств на первых этапах этих работ использовались механические сейсмографы системы Минтропа и Швейдера с оптической регистрацией данных. Однако вскоре они были вытеснены более совершенными электромагнитными и электродинамическими сейсмографами зарубежного производства фирмы "Аскания" (Германия). В эти же годы в Сейсмической лаборатории Нефтяного геолого-разведочного института (НГРИ) под руководством проф. Гамбурцева Г.А. были разработаны первые отечественные микрофонные сейсмографы СМ - 4. В последующем в Ленинградском электрофизическом институте были разработаны более совершенные сейсмографы СМ - 5 (6) ЛЭФИ.

В 1933 году был подписан договор между Всесоюзной конторой геофизических разведок (ВКГР) и французской фирмой "Шлюмберже" о внедрении в ряде районов нашей страны новых геофизических технологий в области электрического каротажа скважин и сейсморазведки методом отраженных волн. Переданные этой фирмой комплекты узлов шести-канальной сейсморазведочной аппаратуры (сейсмографы, усилители, осциллографы, регистраторы и др.) позволили отечественным специалистам уже весной 1934 года (профессор Гамбурцев Г.А. и Рябинкин Л.А., работы на озере Байкал) впервые в стране зарегистрировать отраженные волны. Летом того же года в Башкирии и на Эмбе (Западный Казахстан) под руководством Коридалина Е.А., Масарского С.И., Больших С.Т. и Островского А.Е. были также успешно зарегистрированы отраженные волны.

В 1936 году фирма "Шлюмберже" дала разрешение на копирование в СССР их аппаратуры на отечественной элементной базе. Уже в 1938 г. в геофизических мастерских ВКГР была создана первая отечественная (8 - канальная) сейсморазведочная станция СС - 8 под руководством Шведчикова Л.К. Всего было выпущено 14 комплектов такой аппаратуры. Именно на этой аппаратуре, включая несколько действующих французских комплектов

аппаратуры фирмы "Шлюмберже", и работали отечественные сейсморазведчики все предвоенные и военные годы. Имеющаяся аппаратура позволила сейсморазведке в СССР достичь за это время значительных успехов как в методическом отношении (освоение и внедрение метода отраженных волн, создание основ корреляционного метода преломленных волн и др.), так и в результативном плане (открыто крупное Бузовинское месторождение на Апшероне, достигнуты крупные успехи в разведке новых залежей нефти и газа в районе Южной Эмбы, в юго-западных районах Туркмении и др.). Начинаясь эпоха быстрого совершенствования конструкций отечественных сейсморазведочных станций.

Вчера

В Ленинграде во Всесоюзном институте разведочной геофизики (ВИРГ) на основе опыта эксплуатации вышеупомянутых первых отечественных 8-канальных станций были разработаны более совершенные конструкции 12 и 24-канальных сейсморазведочных станций. Однако начавшаяся война прервала эти работы. Серийное изготовление сейсморазведочной аппаратуры на советских заводах началось только в 1947 году. На базе выполненных предвоенных разработок был начат серийный выпуск в заводских условиях первых отечественных многоканальных сейсморазведочных станций типа "ЭХО - 1" (1947 г.), СС - 24 - 48 (1948 г.), СС - 26 - 51Д (1951 г.) с прямой осциллографической записью сейсмограмм на фотобумагу. Всего их было выпущено около 60 экземпляров. Их выпуском завершилось формирование основных элементов структуры сейсморазведочных станций первого поколения - сейсморазведочных станций с прямой осциллографической записью на бумажном носителе. Характерной и главной особенностью конструкций таких станций являлось получение в процессе записи сейсмограммы в окончательном виде, без возможности ее последующего воспроизведения (без производства повторного возбуждения). Упомянутые сейсморазведочные станции имеют общую принципиальную блок - схему, показанную на рис.1. К станциям первого поколения можно отнести:

- Сейсморазведочную станцию СС - 30/60 - 58 конструкции 1958 года, содержащую уже 60 сейсмических каналов (4 группы по 15 каналов) с отдельными фильтрами НЧ и ВЧ.
- Сейсморазведочную станцию СС - 24П, представляющую собой первую отечественную

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.

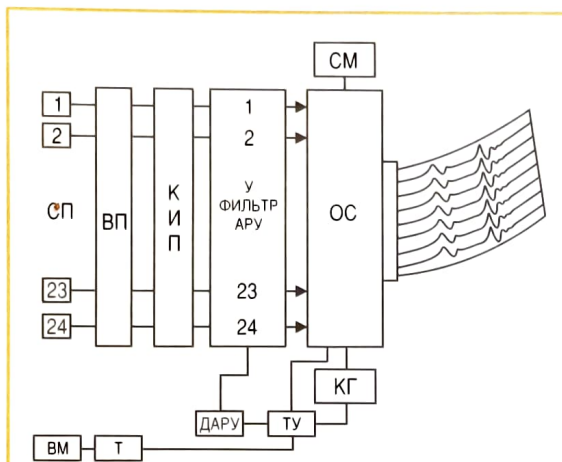


Рис.1. Принципиальная блок-схема сейсморазведочной станции с осциллографической записью:
СМ - смеситель; КГ - камертонный генератор;
ТУ - телефонный узел; Т - телефон; ВМ - взрывная машинка; АРУ - полуавтоматический регулятор усиления; ВП - входная панель; КИП - контрольно-измерительная панель; У - усилители; ОС - осциллограф шлейфовый.

многоканальную переносную станцию с 24 каналами (выпущена большим тиражом более 1500 экземпляров).

- Сейсморазведочную станцию СС - 60 - 5, содержащую 60 сейсмических каналов и ставшую первой отечественной широкодиапазонной станцией, приспособленной для регистрации колебаний в диапазоне от 15 до 350 Гц при сейсморазведочных работах методом отраженных волн (МОВ) и корреляционным методом преломленных волн (КМПВ).

Пик популярности сейсморазведочных станций первого поколения на производстве пришелся на середину 60-х годов прошлого века. Работы с использованием станций этого типа при разведке месторождений нефти и газа после 1975 г. практически уже не велись. Лишь при проведении инженерно - геологических работ сейсморазведочные станции этого поколения использовались и в последующие годы.

Достижения с использованием аппаратуры первого поколения практические успехи, особенно в области нефтяной геологии, выдвинули сейсморазведку в бесспорные лидеры среди геофизических методов разведки. Это лидерство сейсмическая разведка сохраняет и укрепляет до наших дней.

Сейсморазведочные станции с промежуточной аналоговой записью

Уже в начале применения сейсмического метода разведки многим геофизикам стало ясно, что возможность "воспроизвести" сейсмическую запись (без проведения дополнительного взрыва) открывала бы новые широкие перспективы сейсмической разведки. При этом вначале полагали, что главным преимуществом "воспроизводимости" записи было бы использование различных видов фильтраций.

В 1935г. Ф. Рибер (США) предложил регистрирующее устройство ("сонограф"), при котором зарегистрированные сейсмические записи можно было многократно "воспроизводить". В его аппарате запись велась на фотопленку способом переменной плотности. При воспроизведении интенсивность светового луча, прошедшего через фотопленку, регистрировалась фотозлементом. Это позволяло использовать "сонограф" для определения

изменения амплитуды сейсмической волны в зависимости от величины кажущегося угла выхода. Подобные идеи, развиваемые в СССР Л.А.Рябинкиным независимо от Ф. Рибера, к началу пятидесятих годов позволили создать весьма эффективный и простой метод сейсмической разведки - метод регулируемого направленного приема (МРНП), который широко применялся у нас в стране до 1975 года. Для практической реализации метода в СССР выпускалась аппаратура АРНП - 2. В этой аппаратуре регистрация сейсмических колебаний, прошедших через усилители обычной сейсморазведочной станции, осуществлялась в осциллографе поперечной записи ОПЗ - 2. Записи получались при помощи зеркальных гальванометров на двух киноплёнках шириной 35 мм каждая. На каждую пленку записывалось девять трасс способом переменных плотностей. Их совокупность образовывала одну "сейсмопленку" с 17 трассами. Воспроизведение осуществлялось в перописателе фотоэлектрического сумматора ПФС - 2. Фотоэлектрическое воспроизведение и суммирование записи производилось при помощи девяти равномерно освещенных узких щелей, способных перемещаться относительно друг друга и дающих световые полосы на трассах пленки. Световые пучки, проходящие сквозь отдельные дорожки (трассы) движущейся "сейсмопленки", собирались на катоде фотозлемента. Возбужденный в нем ток усиливался, фильтровался в специальном усилителе и поступал в перописец. С его помощью записывались суммарные колебания на бумажной ленте.

В истории отечественной сейсморазведки эта аппаратура оставила весьма заметный след: она позволила успешно выполнять сейсмические работы в сложных сейсмогеологических условиях (в областях развития солянокупольной тектоники) и получать достоверные геологические результаты.

Однако главным средством создания воспроизводимой сейсмической записи оказалась магнитная аналоговая запись. Первые результаты в этом направлении на Западе были получены в 1952 году. В СССР уже к 1957 году была разработана и выпущена первая отечественная станция с промежуточной магнитной записью ССМ - 57. С этого времени началась эра сейсморазведочных станций **второго поколения** - станций с аналоговой магнитной записью.

Принципиальная блок - схема станций с аналоговой промежуточной магнитной записью показана на рис.2. Сейсморазведочные станции этого типа состоят из двух основных частей: блока записи и блока воспроизведения.

Блок записи содержал в себе входную панель, контрольно - измерительную панель (КИП), усилители с фильтрами и системами регулирования усиления (АРУ, РУ), магнитный регистратор (МР), блок управления (БУ), содержащий устройства для управления процессами записи, воспроизведения, включения и выключения различных узлов станции и проверки их исправности. По взрывной линии ВЗР осуществляется связь с пунктом возбуждения с целью синхронизации времени взрыва (воздействия) с работой регистрирующих узлов. По этой же линии поступает в станцию отметка момента возбуждения.

Блок поканального (последовательного)

воспроизведения содержал только один тракт воспроизведения, состоящий из блока считывающих головок, расположенных в магнитном регистраторе МР, усилителя воспроизведения с системой АРУ и фильтрами Ф, перописца П, записывающего колебания на бумагу, укрепленную на барабане ВВ. При протягивании магнитной ленты МЛ мимо блока магнитных головок воспроизведения к входу усилителя присоединяется одна или несколько магнитных головок, считывающих запись с соответствующих трасс МЛ. Одновременное присоединение нескольких головок позволяет осуществить смещение или накопление сигналов. При каждом обороте барабана ВВ

регистрирующих каналов и улучшенные характеристики всей аппаратуры. Широкого применения на практике этот вариант аппаратуры не получил.

АПМЗ - ЧМ - аппаратная приставка для промежуточной магнитной записи с частотной модуляцией - была предназначена для работы с широко распространенной станцией того времени типа СС 60 - 5. Имела 30 каналов записи и 5 каналов для записи служебной информации. Частотный диапазон регистрируемых колебаний от 3 до 400 Гц. Запись осуществлялась рулонным магнитным регистратором на магнитную ленту шириной 35 мм. Длительность записи - до 5 мин. Воспроизведение - одновременное с использованием сейсмической станции с осциллографической записью.

Сейсморазведочная станция СС-24-61М имела 24 основных канала записи и 4 вспомогательных канала для регистрации марок времени, отметки моментов взрыва и вертикального времени. Использовался прямой способ записи на ленту с высокочастотным подмагничиванием. Имелась система АРУ, РУ, ПРУ и разные способы смещения колебаний, что позволило добиться достаточно хороших характеристик.

Сейсморазведочная станция СМП - 24 разработки Саратовского СКБ СП (в последующем СМОВ - ОВ - 24) была предназначена для разведки нефтегазовых структур в сложных сейсмо-геологических, климатических

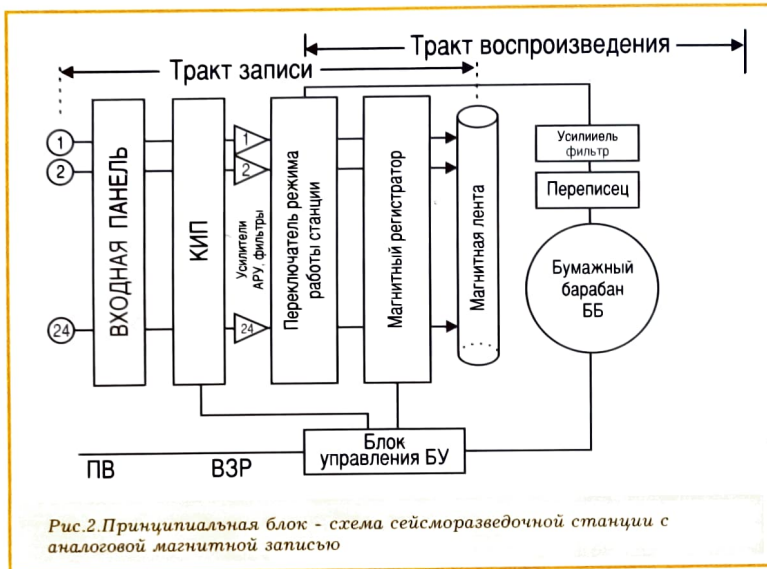


Рис.2. Принципиальная блок-схема сейсморазведочной станции с аналоговой магнитной записью

переписывается одна трасса. Блок управления БУ обеспечивает автоматический режим последовательного воспроизведения всех трасс.

При параллельном воспроизведении блок воспроизведения имеет более сложную структуру. В этом случае каждая считывающая головка МР соединена со входом отдельного усилителя, содержащего системы АРУ, РУ и фильтров. Число усилителей УВ равно числу каналов станций. К входу каждого усилителя присоединяют, как и ранее, одну или несколько магнитных головок, расположенных в регистраторе МР. При движении магнитной ленты МЛ к входу каждого усилителя подаются считываемые сигналы, которые после усиления, фильтрации и регулирования попадают каждый на свой гальванометр, объединяясь в одном блоке - шлейфовом осциллографе Ос. Здесь осуществляется запись колебаний на светочувствительную бумагу. Сейсморазведочная станция ССМ-57 в силу ряда причин не получила широкого распространения на производстве.

ППМЗ - 2 - приставка промежуточной магнитной записи - была предназначена для применения совместно с осциллографическими станциями того времени. В состав входило 25 усилителей записи - воспроизведения, магнитный регистратор, усилитель отметки взрыва, контрольно-измерительный блок. При воспроизведении применяются те же магнитные головки и усилители, что и при записи. Сигналы с выхода каждого усилителя поступали на вход усилителей стандартной осциллографической станции для записи на фотобумагу. Модернизированный вариант этой аппаратуры ППМЗ - 4 имел 30

и дорожных условиях и содержала 24 рабочих канала и 4 вспомогательных канала (для записи вертикального времени, отметки момента взрыва, марок времени и кривой усиления). В режиме воспроизведения станция позволяла получать сейсмическую запись в видимой форме на бумаге путем поканальной записи при помощи чернильного перописца.

Усилитель воспроизведения имел смеситель для смешивания сигналов соседних трасс, набор фильтров низких и верхних частот с различной граничной частотой и различными значениями крутизны срезов, программируемый и автоматический регулятор усиления с различными параметрами срабатывания и отпускания. Конструктивно станция была выполнена в виде двух блоков: блока записи и блока регистрации. Это первая отечественная станция, выполненная полностью на транзисторах. В силу своих конструктивных удобств и надежности получила широкое распространение на производстве. Тираж ее выпуска был рекордно большим (более 2300 экз.) для отечественных и зарубежных станций и не перекрыт до сих пор. Ее выпуск был начат в конце шестидесятых годов и продолжался более 15 лет. Эта станция, на наш взгляд, является одним из самых ярких и совершенных представителей отечественных станций второго поколения. Отдельные экземпляры в ряде непрофильных (неспециализированных) сейсмических организаций работают до сих пор.

В начале 60-х годов в СССР было разработано целое семейство сейсморазведочных станций различного назначения (МОВ, КМПВ, малые глубины). Эти сейсморазведочные станции имели одновременно тракты аналоговой осциллографической и магнитной записи. Они получили

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.

общее название "Поиск".

Для работы методом отраженных волн предназначались следующие сейсморазведочные станции: Поиск - 1 - 24 - МОВ - ОВ, Поиск - 1 - 48 - МОВ - ОВ, Поиск - 1 - 72 - МОВ - ОВ, Поиск - 1 - 24 - МОВ - ПВ, Поиск - 1 - 48 - МОВ - ПВ (последние две станции были известны также под названием СМ - 24 и СМ - 48). Наибольшее распространение на практике получили сейсморазведочные станции типа Поиск - 1 - 48 - МОВ - ОВ (выпущено более 400 экз.). Эта сейсморазведочная станция (как и все другие варианты станций ряда "Поиск") представляла собой гибрид аппаратуры первого и второго поколений. Она содержала входную панель, блок усилителей с ручной, автоматической и полуавтоматической регулировкой усиления, блок фильтров НЧ и ВЧ с широким набором значений граничных частот и крутизн. Выходы усилителей соединены одновременно с магнитными головками и гальванометрами. Осциллографическая запись могла быть получена одновременно с записью на магнитную ленту (или без записи на магнитную ленту) или в процессе воспроизведения с магнитной ленты. Блок управления станцией позволял выполнять контроль работы усилителей, проверку режимов питания станции, проверку сейсмоприемников и кос, включение и выключение станции, программную регулировку коэффициентов усиления усилителей в процессе записи, двустороннюю связь между оператором и взрывпунктом и целый ряд других функций. Используемый способ записи на магнитную ленту шириной 125 мм - прямой, с высокочастотным подмагничиванием. Время записи - 5 или 10 с. Качество осциллографического тракта записи (как станции первого поколения) в аппаратуре этого типа достигло достаточно высокого уровня. Эти станции, по существу, были последними видами аппаратуры первого поколения. Аппаратура типа "Поиск" достаточно широко применялась на производстве с 1965 года до начала 80 - х годов. Именно эта аппаратура (и СМОВ - ОВ - 24) работала на производстве до прихода (1978 - 1982 гг.) надежной аппаратуры третьего поколения - станций с цифровой магнитной регистрацией.

Сейсморазведочные станции с цифровой магнитной регистрацией

По мере того, как аналоговая магнитная запись входила в практику сейсморазведочных работ, сейсморазведчики все более ясно стали осознавать, что повышение качества и эффективности работ требует высокого уровня автоматизации процессов обработки получаемой информации. Особенно остро это ощущалось в связи с началом внедрения (1965 г.) в СССР новой технологии - метода общей глубинной точки (МОГТ). При этом стало очевидным, что аналоговая магнитная запись, имеющая низкий динамический диапазон (40 - 46 дБ), несмотря на все аппаратно - технические ухищрения в процессе обработки (на базе аналоговых обрабатывающих устройств типа ПСЗ - 2,4, Луч, МС - 2 и др.) не способна принципиально изменить качество получаемой информации. Назрел вопрос о создании принципиально новой записывающей аппаратуры третьего поколения - аппаратуры с цифровой магнитной записью. Предполагалось, что она позволит принципиально сильно изменить как качество исходной информации (за счет резкого расширения динамического диапазона), так и, в особенности, качество и результативность обработки получаемой информации за счет более эффективного и широкого применения современной вычислительной техники.

Преимущества цифровой регистрации сейсмических колебаний реализуются за счет количественного измерения мгновенных значений входного сигнала сейсмоприемников, формирования его цифрового кода и записи полученного кода на магнитной ленте. Принципиальная блок - схема цифровой сейсморазведочной станции показана на рис. 3.

Сигналы от сейсмоприемников поступают на широкополосный аналоговый предварительный усилитель (ПУ) 1 с трансформаторным входом. В усилителе осуществляется аналоговая частотная фильтрация трех видов: ФНЧ для подавления высокочастотных помех с большой крутизной среза (до 50 дБ/окт.), ФВЧ для подавления интенсивных низкочастотных поверхностных волн; РФ - для подавления помех промышленной частоты. Выходы усилителя 1 подаются на коммутатор каналов 2, обеспечивающий квантование сигналов по времени путем последовательного циклического опроса всех каналов со строго определенной частотой. Дискретизированные сигналы всех каналов в виде амплитудно - импульсных выборок по единому тракту поступают в основной усилитель 3, осуществляющий окончательное усиление с сохранением широкого динамического диапазона сигналов, на основе системы МАРУ. С выхода усилителя 3 сигналы поступают на преобразователь 4 "аналог - код" (ПАК), осуществляющий квантование сигналов по амплитуде. Двоичный код каждой выборки сигнала подается в устройство 5, обеспечивающее

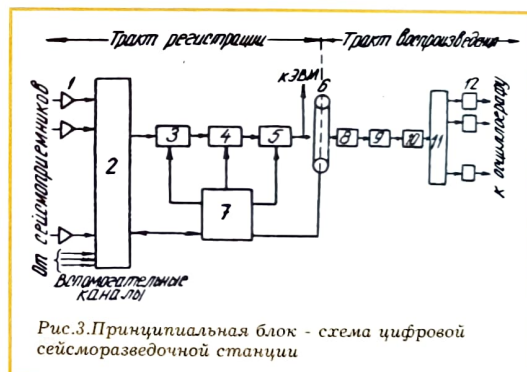


Рис.3. Принципиальная блок - схема цифровой сейсморазведочной станции

формирование кода сигнала в соответствии с избранным в станции форматом записи. Код с форматора 5 записывается магнитным регистратором 6. Магнитный регистратор снабжен устройством для управления и контроля, автоматической нумерации записей и маркировки их начала и конца. Вышеназванные узлы работают под управлением блока логики 7. Регистратор заканчивает тракт записи цифровой сейсморазведочной станции.

Схема оперативного контроля качества получаемых записей предусматривает тракт их воспроизведения. Считанные с помощью тракта чтения регистратора 6 и усиленные схемами кодовые сигналы подаются в систему восстановления динамического диапазона, после чего подвергаются действию цифрового АРУ 9 и преобразуются в аналоговую форму преобразователем "код - аналог" 10. После демультимплексирования 11 аналоговые сигналы подвергаются фильтрации ФНЧ, ФВЧ и регулированию 12 и подаются на электро-статический плоттер (или осциллограф).

Первой отечественной цифровой сейсморазведочной станцией была станция ССЦ - 1.

созданная в 1966 г. под руководством Г.М. Борковского. Она имела 24 основных канала, 10 - разрядный преобразователь "аналог - код". В силу целого ряда конструктивных недоработок станция в производственных организациях была воспринята негативно. Было выпущено всего 16 экземпляров. Станция использовалась, главным образом, для обучения операторного корпуса работе с цифровыми сейсморазведочными станциями.

Сейсморазведочная станция ССЦ - 2 была первой отечественной цифровой сейсморазведочной станцией, которая достаточно успешно и долго (1970 - 1976 гг.) работала на производстве. Было выпущено более 150 экземпляров станции. Она имела 24 рабочих канала, один вспомогательный канал, 12 - разрядный преобразователь аналог - код, систему МАРУ на 36 дБ, время опроса каждого канала - 2 мс, длительность записи до 20 с. По существу все конструктивные решения, заложенные в этой станции, определили облик отечественных цифровых сейсморазведочных станций последующих лет. В ней впервые в СССР (и в мире) была применена система МАРУ, другие важные конструктивные решения. В последующих моделях станций отказались только от использования широкой магнитной ленты и шлейфового осциллографа. Другие конструктивные решения и параметры этой станции в последующих моделях только улучшались и совершенствовались.

Сейсморазведочная станция ССЦ - 3 была разработана институтом ВНИИГЕОФИЗИКА (Москва) при участии фирмы "Серсель" (Франция) в 1972 году. Ее выпуск был начат в 1974 году. С 1976 года выпускался модернизированный вариант станции под маркой ССЦ - 4. Сейсморазведочная станция ССЦ-3 (ССЦ - 4) была предназначена для работ МОВ, МОГТ и МПВ.

Общий вид этих станций и многие конструктивные решения, используемые в них, были близки к тем, которые имеются у французской станции SN - 338 фирмы

разработаны по единой схеме - конструктивной основе и имели четыре модификации:

"Волжанка - А" 24 - канальная аппаратура для работы со взрывными источниками;

"Волжанка - Б" 48 - канальный вариант для работы со взрывными источниками;

"Волжанка - АН" 24 - канальная аппаратура с накопителем для работы со взрывными и невзрывными источниками;

"Волжанка - НК" 24 - канальная аппаратура с накопителем - коррелятором для работы с различными источниками, в том числе и с вибрационными.

Все модификации станций "Волжанка" устанавливались в специальном кузове СГК - 6 на шасси автомобиля ЗИЛ - 131. Основная аппаратура конструктивно оформлена в виде трех стоек и содержала тракт записи и воспроизведения, комплект сервисной аппаратуры: пульт проверки входных линий, коммутатор ОГТ и аппаратуру ССВ - 1, обеспечивающую передачу по радиоканалу команды на производство возбуждения и приема по радиоканалу отметок момента возбуждения и вертикального времени. Запись осуществлялась на магнитную ленту шириной 12,7 мм в формате С - 1, представляющим некоторый модернизированный вариант формата SEG - В. Воспроизведение записанной информации в видимой форме впервые в СССР осуществлялось электростатическим плоттером либо одновременно с записью информации, либо после записи. Выпуск этих станций продолжался сравнительно недолго - до конца семидесятых годов. В 1978 году отечественным заводам, производящим сейсморазведочные станции, было разрешено использовать элементную базу высшего качества. Это позволило в короткий срок ОКБ завода "Геофизприбор" (Москва) переработать конструкцию выпускаемых станций "Волжанка" и на этой основе, с учетом конструктивных особенностей американской сейсморазведочной станции DFS-IV фирмы TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, подготовить и начать выпуск лучших отечественных цифровых сейсморазведочных станций 80-х годов - станций типа "Прогресс".

Развернутый на заводе "Геофизприбор" к началу 80-х годов ежегодный выпуск станций в количестве 250 экземпляров позволил уже в 1983 г. в СССР полностью перейти на цифровую запись (при работах на нефть и газ).

Сейсморазведочные станции "Прогресс" выпускались в трех вариантах:

"Прогресс - 1" - 48 - канальная станция для регистрации колебаний от взрывных источников;

"Прогресс - 2" - 48 - канальная станция для работы в режиме накопления (или без него) с импульсными источниками (взрывным или

невзрывным);

"Прогресс - 3" - 48 - канальная станция с накопителем - коррелятором для работы с вибрационными источниками.

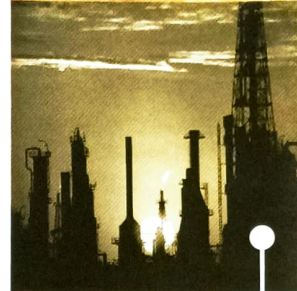
Линейная функциональная блок - схема цифровой сейсморазведочной станции (ЦСС) типа Прогресс - 1 по существу мало отличается от принципиальной блок - схемы цифровой

Основные технические характеристики цифровых сейсморазведочных станций ССЦ-3 и ССЦ-4

Характеристики	ССЦ - 3	ССЦ 4
Число сейсмических каналов	24;48	24; 48
Интервал квантования, мс	22;	4
Число разрядов ПАК	14 + знак	14 + знак
Частотный диапазон	4-125	3-120
Уровень шумов, приведенных к входу, мкВ	0.3	0.3
Диапазон регулировки усиления, дБ	0-60	0-60
Формат магнитной записи: тип	С-2	С-2
число дорожек	9;21	9
ширина ленты, мм	12.7; 25.4	12.7
плотность записи, имп/мм	32; 14	32
Число разрядов преобразователя "код - аналог"	9 + знак	9 + знак
Способ визуализации записи	Осциллограф ОС-11	Осциллограф ОС-11
Потребляемая мощность, Вт	360	360

"Серсель". Станции были достаточно широко распространены на производстве с середины 70 - х годов до середины 80-х.

В 1975 - 1976 гг. Саратовским СКБ сейсмического приборостроения был разработан и начат выпуск новой серии отечественных цифровых сейсморазведочных станций типа "Волжанка". Станции были



Основные технические параметры сейсморазведочной станции Прогресс - 1

Число сейсмических каналов	48
Число вспомогательных каналов	5
Полоса регистрируемых частот, Гц	0-125
Число разрядов ПАК	14 + знак
Период квантования, мс	2, 4
Максимальный входной сигнал, мВ	360, 180
Длительность записи, сек	2-32
Потребляемая мощность, Вт	600

сейсморазведочной станции, описанной ранее. Из числа устройств, не описанных ранее в тракте записи, следует назвать устройство контроля кос (УКК), состоящее из омметра и схем коммутации. Использовалось для определения сопротивления линии станция - сейсмоприемник - станция. С его помощью также было возможно определение наличия утечек тока в этой цепи на землю.

В станциях типа Прогресс - 1, 2, 3 форматор кодов вырабатывает специальный формат С - 1 записи на магнитную ленту. Магнитный регистратор осуществляет запись информации на ленту, движущуюся со скоростью 1,15 или 2,1 м/с, с плотностью записи 32 имп./мм (800 бит/дюйм). В магнитофоне использовались катушки диаметром 10 дюймов, содержавшие 732 м ленты шириной 12,7 мм. Запись информации на ленту производилась методом без возврата к нулю с реакцией на единицу (БВН-1). Тракт воспроизведения станции предназначался для визуализации сейсмической информации с магнитной ленты для целей оценки качества полевых записей. Поскольку теоретический динамический диапазон записи составлял 168 дБ, то для воспроизведения таких записей на бумаге необходимо осуществлять его сжатие до приемлемого уровня. В станциях ряда Прогресс различные варианты фильтрации и автоматического регулирования амплитуды записи при воспроизведении осуществлялись одним и тем же устройством - блоком ФАРУ (блоком фильтрация и АРУ).

ЦСС Прогресс - 2 отличалась от станции Прогресс - 1 наличием дополнительной стойки с накопителем сейсмической информации НПС - 48. Это позволяло станции иметь следующие новые возможности:

- накопление до 999 слабых воздействий;
- исключение импульсной помехи в каждом канале путем редактирования входных данных по уровню стационарного шума;
- задержку пуска источников возбуждения между накоплениями в цикле от 0 до 99 секунд с шагом 1 секунда;
- запись 24 - канальных сейсмограмм длительностью до 31 с при шаге квантования 2 мс, на 48 каналах - при шаге 4 мс.

ЦСС Прогресс - 3 могла работать во всех режимах станций Прогресс - 1, Прогресс - 2 и дополнительно - работать с источниками вибрационного действия. Для этого в ЦСС Прогресс - 3 предусмотрена возможность осуществления операции свертки (вычисление функции взаимной корреляции - ФВК) сейсмических сигналов по каждому каналу с опорным сигналом (свином) вибратора в месте излучения. Результат выполнения свертки - коррелограмма - выдавалась в блок воспроизведения для визуализации с целью оценки качества записи. На магнитную ленту регистратора станции записывалась только виброграмма - запись сейсмических сигналов от

сейсмоприемников. Виброграммы подлежали окончательной обработке в вычислительном центре.

В начале 80-х годов всем сейсморазведчикам стало очевидно, что дальнейшее совершенствование регистрирующей сейсморазведочной аппаратуры возможно только на базе широкого использования быстро совершенствующейся микропроцессорной техники. Уже в 1985 году отечественным конструкторам сейсморазведочной аппаратуры удалось создать первый прообраз такой регистрирующей аппаратуры четвертого поколения - цифровой компьютеризированный комплекс "Горизонт" (1985 г.). Сейсморегирующая система "Горизонт" представляла собой первый отечественный образец компьютеризированной аппаратуры, состоящей:

- из аналого - цифрового блока, обеспечивающего мультиплексирование, высококачественное усиление и кодирование информации по 96 основным и 5 вспомогательным каналам,
- процессора мини - ЭВМ,
- оперативной памяти большой емкости,
- накопителя информации на магнитной ленте и ряда других вспомогательных устройств.

Система предназначена для проведения работ как со взрывными, так и с вибрационными источниками. Однако в силу целого ряда конструктивных недоработок эта модель не была запущена в серийное производство.

Последней моделью сейсморазведочной станции советского периода, запущенной в серийное производство, была разработка Саратовского СКБ геофизического приборостроения 1987 года - цифровая сейсморазведочная станция Прогресс - 96. Выпуск этой аппаратуры был начат в 1989 году на Московском заводе Геофизприбор. За все время производства было выпущено две модификации станции общим числом более 150 штук. ЦСС Прогресс - 96 была предназначена для работы с взрывными и импульсными невзрывными источниками, в том числе, в режиме накопления. Другая модель - сейсморазведочная станция Прогресс - 96В могла работать во всех режимах станции Прогресс - 96 и, в силу наличия коррелятора, дополнительно могла работать с вибрационными источниками колебаний. В структуру ЦСС типа Прогресс - 96 впервые в отечественной практике была органически встроена микропроцессорная техника. Эта сейсморазведочная станция открыла эру отечественных станций четвертого поколения компьютеризированных сейсморазведочных станций. На основе применения микропроцессорной техники в этих станциях впервые в отечественной практике была создана развитая система диагностики и контроля основных параметров канала записи и система поиска неисправностей станции в полевых условиях. Наличие микропроцессорной техники в станции позволяло гибко формировать ее конфигурацию в соответствии с условиями работ.

В станции было предусмотрено три рабочих режима:

- регистрация одиночных возбуждений 48 каналами с периодом квантования 2 мс и 4 мс, и 96 каналами с периодом квантования 4 мс;
- регистрация одиночных возбуждений 48 каналами с периодом квантования 0,5 мс и 1 мс, и 96 каналами с периодом квантования 1 мс и 2 мс;
- регистрация в режиме накопления слабых

Основные технические параметры ЦСС Прогресс - 96

Число сейсмических каналов	48, 96
Число вспомогательных каналов	5
Число входных каналов коммутатора ОГТ	192
Период квантования, мс:	
в режиме 96 каналов	1, 2, 4
в режиме 48 каналов	0.5, 1, 2, 4
Частотный диапазон регистрации колебаний, Гц	3-500
Разрядность ПАК	14 + знак
Скорость движения магнитной ленты, м/с	2, 1
Плотность записи бит/дюйм	800
Формат мультитрассовой записи	C-1 (SEG-B)
Потребляемая мощность, Вт	1400

воздействий при любых согласованных значениях канальности и времени квантования сигналов.

Первый режим предполагал запись информации на магнитную ленту в реальном масштабе времени. При работе во втором и третьем режимах скорость выдачи информации на выходе устройства кодирования превышает возможности магнитного регистратора. Поэтому информация предварительно записывалась в накопитель, а затем из него переписывалась на магнитную ленту регистратора с обычной для него скоростью. Одновременно с записью на магнитную ленту во всех трех режимах сейсмограмма могла воспроизводиться на электростатическую бумагу группами по 48 каналов. Был возможен также просмотр любого участка записи на экране видеоконтрольного устройства.

Сегодня

К середине 90 - х годов отечественные конструкторские бюро сейсмического приборостроения в сложившихся неблагоприятных условиях, после некоторого периода поисков, начали создавать новые типы отечественных линейных сейсмозаписывающих станций с широким использованием уже зарубежной элементной базы. Среди них следует назвать разработку Саратовского конструкторского бюро (СКБ) сейсмического приборостроения - сейсмозаписывающую станцию типа Прогресс - Л и разработку конструкторского бюро ЗАО СИ

Технолоджи (г. Геленджик) с торговой маркой Интротарин L2. Авторские материалы по указанным изделиям читайте в этом номере журнала.

Помимо указанных отечественных типов станций в России в том или ином количестве используются также и зарубежные сейсмозаписывающие станции производства фирм США и Франции. В настоящее время в ряде производственных организаций успешно продолжают работать несколько линейных сейсмозаписывающих станций типа SN-358 французской фирмы SERCEL.

Заметное место среди производителей линейной сейсмозаписывающей аппаратуры, поставляемой на рынки России, занимает объединенная японо-американская фирма OYO GEOSPACE Instruments, Inc. Имея опыт разработки и выпуска малоканальных (12-24 канала) сейсморегистрирующих систем в Японии для ведения малоглубинных сейсмических исследований (системы McSEIS - 1500, McSEIS - SX и др.), фирма создала на основе своих традиций новую сейсморегистрирующую систему DAS - 1 (Data Acquisition System), пригодную для использования в нефтяной сейсмозаписке. В основу структуры станции положены блочные принципы построения, что позволяет ее транспортировать.

В настоящее время эта фирма приступила к выпуску более совершенной станции подобной идеологии DAS - 2.

Завтра

Все выше описанные сейсмозаписывающие станции по современной классификации относятся к классу линейных станций, у которых аналоговые сигналы сейсмодатчиков обрабатываются и регистрируются в одном центральном блоке. Этот блок и принято называть сейсмозаписывающей станцией. Качественное представление о жизненном цикле сейсмозаписывающих станций первого (и последующих) поколений линейных станций дает рис.4, на котором показана в условном масштабе (в долях от максимума) относительная плотность распространения во времени на производстве сейсмозаписывающих станций каждого поколения. С момента появления первой конструкции сейсмозаписывающей станции каждого поколения до пика ее популярности на производстве обычно проходило около 15 лет. Столько же лет после этого еще проходило до момента полного прекращения использования на производстве аппаратуры данного поколения.

Сейсмозаписывающие станции линейного типа

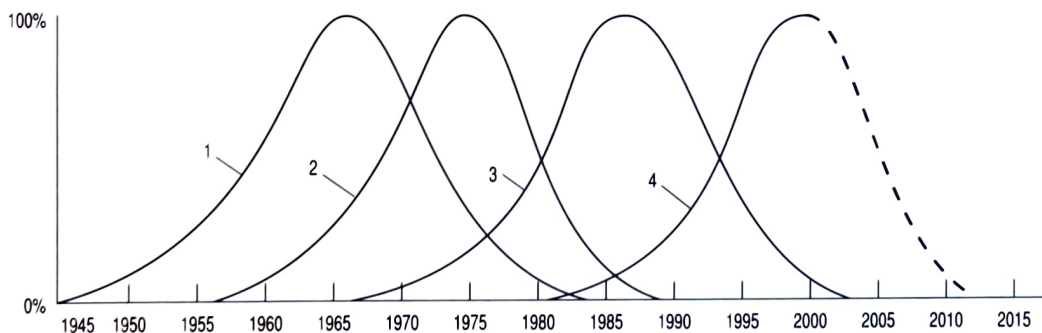


Рис.4. Относительная плотность распространения во времени на производстве отечественной сейсмозаписывающей аппаратуры разных поколений: 1 - сейсмозаписывающая аппаратура с прямой осциллографической записью; 2 - сейсмозаписывающая аппаратура с аналоговой магнитной записью; 3 - цифровая сейсмозаписывающая аппаратура; 4 - компьютеризированная сейсмозаписывающая аппаратура

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

сыграли свою выдающуюся роль в истории сейсморазведки. В настоящее время принципы построения этих станций подвергаются переосмыслению. Объем использования этих станций на производстве непрерывно уменьшается за счет все более широкого применения телеметрических сейсморегистрирующих систем. Объяснений этому может быть два:

относительное уменьшение объемов работ по технологии 2D и снижение интересов нефтяных компаний заказчиков сейсморазведочных работ к результатам работ, получаемых с использованием таких станций.

По ориентировочным данным авторов в 2001 году в России в работах на нефть и газ было задействовано около 150 - 170 сейсморазведочных систем сбора сейсмической информации, структура парка которых отражена в нижеприведенной таблице.

С позиций сегодняшнего дня в мировом сейсмическом приборостроении достаточно четко просматриваются три тенденции в развитии конструкции линейных сейсморазведочных станций. Первая из них - это построение сейсморазведочной станции для разведки нефти и газа с достаточно большим числом каналов (до 144) по традиционной схеме с высоким уровнем сервисного программного обеспечения на стадии самоконтроля технического состояния и ведения предварительной обработки сейсмических данных. Типичный пример этому - отечественная станция типа "Интротарин - L2". Вторая тенденция - создание высокотехнологичных, компактных и универсальных сейсмо-

разведочных станций для использования в самых разнообразных целях от решения задач малоуглубинной сейсморазведки при инженерно-геологических исследованиях до региональных сейсмических работ. Типичный пример станции такого типа "DAS - 1", "DAS - 2". Третья - выпуск различных модификаций

Структура парка сейсморазведочных станций в России на конец 2001 года

Наименование комплексов	Количество работающих комплексов в 2001г.	Средняя относительная доля комплексов, %
INPUT/OUTPUT - TWO	60 - 65	38
Прогресс - 1,2,3,96,Л	45 - 50	29
Интротарин L, L2	25 - 30	18
Sersel SN-358, 368, 388, 408	15 - 20	12
DAS 1	2 - 3	2
SYNTRAK 480 - 24	3 - 2	1
Итого	150 - 170	100

сейсмостанций, выполненных на базе унифицированных узлов и блоков с возможностью быстрой адаптации аппаратных и программных возможностей сейсмостанции к конкретным задачам геофизического предприятия. Это направление развития демонстрирует "Прогресс-Л". По какому из этих путей пойдет развитие и совершенствование сейсморазведочных станций, покажет будущее. Можно предположить, что линейные компьютеризированные сейсморазведочные станции выйдут из употребления где - то после 2010 - 2015 года. Правильность данного прогноза покажет время.

Коммуникационные структуры (Турлов А.П., ООО «Трайтек-системс», Саратов)

При построении распределенных измерительно-управляющих систем (ИУС) важную роль играет правильный выбор коммуникационной топологии системы, влияющей на распределение интеллектуальных возможностей и протокол взаимодействия между компонентами ИУС.

Общепринятыми являются следующие термины:

- коммуникационная инфраструктура ИУС - набор коммуникационных элементов ИУС, объединяющих все компоненты ИУС в единую систему по правилам коммуникационной топологии;
- узел функциональный компонент ИУС, обменивающийся информацией с другими компонентами ИУС посредством коммуникационной инфраструктуры ИУС;
- центр функциональный компонент ИУС, выполняющий также объединительную коммуникационную функцию для нескольких узлов;
- линия связи - элемент коммуникационной инфраструктуры ИУС, выполняющий функцию связи типа "узел-узел" или "узел-центр".

Коммуникационные структуры могут иметь одну из двух топологий: типа "звезда" и типа "общая шина" (достаточно редко из-за экономических соображений используется вырожденный вариант топологии типа "кольцо").

Наиболее распространенными коммуникационными топологиями являются топологии типа "звезда" и типа "общая шина".

Топология "звезда" характеризуется обязательным наличием центра, с которым связаны все узлы посредством линий связи. Топология "шина" состоит из узлов, последовательно соединенных линиями связи. Объединение разных топологий в рамках одной коммуникационной инфраструктуры, как правило, не допускается, т.к. в этом случае либо возникают разные типы узлов, либо требуется излишняя функциональность узла.

Рассмотрим различия между топологиями с точки зрения различий в уровне интеллектуальности компонентов ИУС.

Под интеллектуальностью будем понимать:

- а) способность компонента к диалоговому общению;
- б) возможность отличать компоненты одного типа друг от друга в рамках одной коммуникационной инфраструктуры (адресуемость).

Функциональные возможности компонента ИУС не будем считать интеллектуальными.

В рамках топологии "звезда" узлы могут быть абсолютно неинтеллектуальными, т.е. быть не адресуемыми и не диалоговыми. Они могут работать по принципу непрерывной передачи информации к центру или от него по линии связи. В этом случае узел однозначно идентифицируется центром по номеру линии связи, а все узлы делятся на две группы по направлению передачи информации "от узла" или "к узлу". Очевидно, что в такой топологии стоимость центра будет существенно выше стоимости узла и линии связи.

В рамках топологии типа "шина" каждый узел выполняет также функцию центра для двух соседних узлов. Узлы должны быть адресуемыми и диалоговыми, поскольку связаться друг с другом узлы, не являющиеся соседними, смогут только передавая информацию через другие узлы. Стоимость такого "шинного" узла будет значительно выше, чем у имеющего такую же функциональную нагрузку "звездного" узла.

Таким образом, выбирая коммуникационную топологию для ИУС, можно достаточно легко построить алгоритм оптимизации структуры ИУС с точки зрения удельной цены интеллектуальности различных типов узлов и центров, а также суммарной стоимости линий связи в составе ИУС. В частности, при определенном количестве узлов, экономически выгоднее может оказаться топология "звезда", минимизированная по длине линий связи. В то же время, при большом удалении узлов друг от друга выгоднее может быть топология "шина", позволяющая сильно уменьшить суммарную длину линий связи и снизить стоимость системы.