

Новое поколение сейсмических станций для инженерных геофизических исследований – SGD-SEL96B CMP, SGD-SEL48B, SGD-SEL48B CMP, SGD-SEL24BE, SGD-SET и SGD-SMT «TUNNEL»

Золотарёв В.Н., Ревунов А.Б., Сорокин И.Л., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П., ООО НПК «СибГеофизПрибор», г. Новосибирск

В ноябре 2003 года ООО НПК «СибГеофизПрибор» завершило разработку и выпустило три первых образца инженерной сейсмостанции SGD-SEL. Станция была выпущена в трёх исполнениях – двенадцать (ОАО Башнефтегеофизика), двадцать четыре (ООО ГеоДэйта-Консалтинг) и сорок восемь (ОАО Самаранефтегеофизика) каналов.

Сейсмостанция предназначена для изучения скоростных характеристик верхней части разреза (ВЧР) при поиске и разведке месторождений нефти и газа, поиске и разведке рудных и угольных месторождений, а также при проведении малоглубинных инженерно-геофизических исследований при строительстве высотных зданий и сооружений, автомобильных и железнодорожных мостов, насыпей и путепроводов, железнодорожных туннелей, метро и т.п.

С учётом замечаний, полученных при проведении полевых работ в период 2003 - 2004 гг. с первыми образцами станций, в 2004 году был начат выпуск второй версии сейсмостанций.

В 2007 году была проведена модернизация сейсмостанции:

- вместо ЖК установлен новый дис-

плей типа TFL повышенной яркости и контрастности с расширенным диапазоном рабочих температур до минус 20°C;

- применен ударопрочный герметичный (IP-67) корпус № 1400 красного цвета из сополимерного полипропилена компании «PELICAN» (USA);
- существенно переработано программное обеспечение.

Питание сейсмостанции на 24 (или 12) канала регистрации (SGD-SEL24B и SGD-SEL12B) осуществляется от встроенного блока аккумуляторных батарей.

Всего за 9 лет в период с ноября 2003 по июль 2012 года было выпущено 72 станции, в том числе: SGD-SEL48 – 42, SGD-SEL24B – 25 и SGD-SEL12BE – 5.

Для изучения зоны малых скоростей (изучения ВЧР) было использовано 44 станции, в том числе: SGD-SEL48 – 27, SGD-SEL24B – 12 и SGD-SEL12BE – 5.

Для инженерных геофизических исследований было использовано 28 станций, в том числе: SGD-SEL48 – 15, SGD-SEL24BE – 13.

Сейсмостанция выпускается почти девять лет и поэтому назрела необхо-

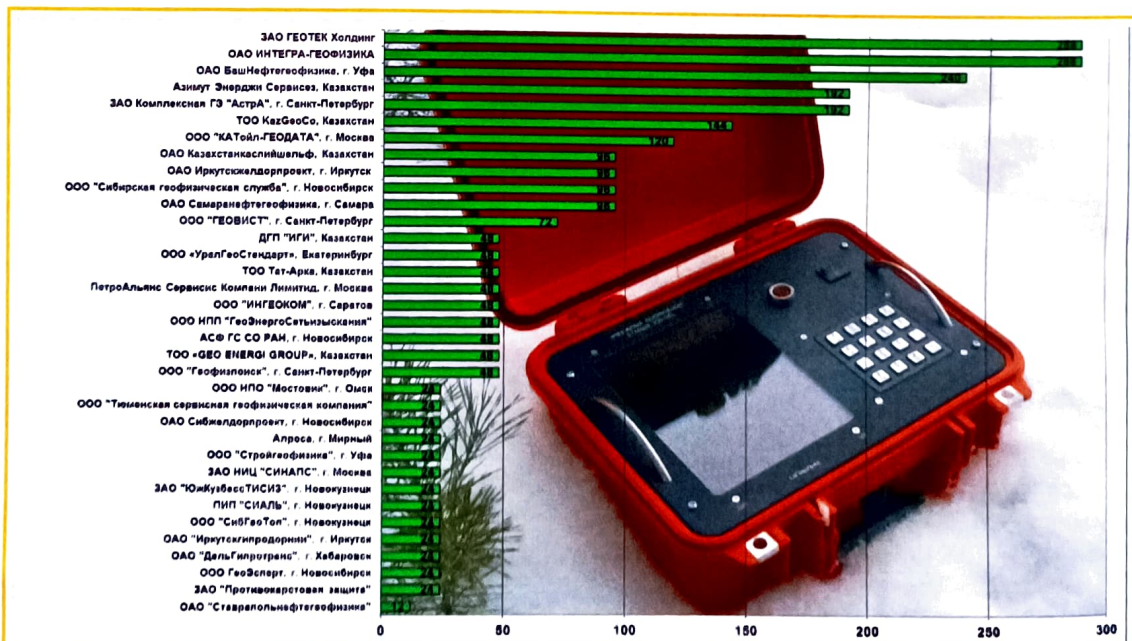


Рис. 1. Объем выпуска сейсмостанции SGD-SEL в период 2003-2012 годы

димость подготовить существенно обновленную версию. Кроме того, применяемые комплектующие либо технически устарели, либо находятся в стадии снятия с производства.

В настоящее время более 90% российского рынка малоканальных (до 96 каналов) портативных сейсмостанций с линейным разделением регистрирующих каналов, предназначенных для

исследования ВЧР и инженерной геофизики, занимают пять компаний: ООО НПК «СибГеофизПрибор» (г. Новосибирск), ООО «ГЕОСИГНАЛ» (г. Москва), Группа компаний «ЛОГИС-ГЕОТЕК» (г. Москва), НТК «Диоген» (г. Москва) и СКБ СП (г. Саратов). Сравнительные характеристики трех лучших и массовых сейсмостанций приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Ед. Изм.	SGD-SEL 2003	SGD-SEL 2012	ЭЛЛИСС-3 2009	Лакколит X-M3 2008
Количество каналов регистрации	шт.	24/48	24...96	1...96	24
Количество дополнительных каналов	шт.	2	2	-	-
Уровень собственных шумов канала	мкВ	0,13	0,1	0,1	0,2
Коэффициент пред. усиления канала		1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128	1, 4, 16, 64, 256, 1024	1, 4, 16, 64, 256	1,10,100
Мгновенный динамический диапазон	дБ	105	116	120	103
Коэффициент взаимных влияний между каналами	дБ	120	130	130	103
Коэффициент подавления синфазного сигнала	дБ	85	100	100	90
Коэффициент нелинейных искажений канала	%	0,0025	0,001	0,001	0,007
Период квантования регистрируемого сигнала	мс	2, 1, 0,5, 0,25, 0,125	2, 1, 0,5, 0,25, 0,125	2, 1, 0,5, 0,25 0,125, 0,0625 0,05, 0,0125	2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,0625
Количество разрядов АЦП		23 + знак	23 + знак	23 + знак	23 + знак
Длительность регистрации (в отсчётах)	шт.	2000	неограничен	8192	5120
Максимальное количество накоплений	шт.	24	неограничен		
Системы синхронизации /синхронизация		SGD-S,SGD-SP SGD-SAH	SGD-S,SGD-SP SGD-SAH	сух. контакт, радиозапуск	сух. контакт, радиозапуск
Диапазон рабочих температур регистратора	°C	- 20 ... + 60	- 30 ... + 70	- 40 ... + 70	- 40 ... + 50
Диапазон рабочих температур управления	°C	-	-	NoteBook*	- 30 ... + 70
Напряжение питания	В	10,5 ... 28	10,5 ... 28	10,5 ... 13,5	12 ± 30%
Потребляемая мощность блока регистрации	Вт	16/24	11/12	5,8	6
Потребляемая мощность блока управления	Вт	-	-	NoteBook*	5*
Потребляемая мощность на один канал	Вт	0,5/0,66	0,46/0,25	0,5*	0,46*



Степень защиты блока регистрации		IP64	IP66	IP66	IP66
Степень защиты блока управления		-	-	NoteBook*	IP66
Габаритные размеры блока регистрации	мм	340•295•152	340•295•152	340•295•152	250•170•55
Габаритные размеры блока управления	мм	-	-	NoteBook*	215•150•75
Масса блока регистрации	кг	7,5/5	7,5/8	5**	1,26
Масса блока управления	кг	-	-	1,5*	6**
Масса блока питания (аккумулятора)	кг	-/6	-	6**	3**
Масса общая	кг	7,5/11	7,5/8	12,5**	10,26**
Масса на один канал	кг	0,31/0,23	0,31/0,17	0,52/0,26	0,43

В таблице 2 приведены сравнения весовых и стоимостных показателей трёх сейсмостанций SGD-SEL24, SGD-SEL48 и SGD-SEL48*2 на 24, 48 и 96 каналов регистрации, соответственно.

SGD-SEL48*2 - это две станции по сорок восемь каналов регистрации каждая, одна из которых регистрирует продольную составляющую сейсмического поля, а вторая – поперечную. Во всех

Таблица 2

	Сейсмостанция	Кол., шт.	Стоимость, руб.	Стоимость канала, руб.	Масса, кг	Масса канала, кг
1	Сейсмостанция SGD-SEL2405	1	473 888	19 745/\$607	40,5	1,69
1.1	Сейсмостанция SGD-SEL24B	1	399 902		7,5	
1.2	Коса сейсмическая 24/5м (РКП-2М)	1	49 914		24	
1.3	Геофон GS-20DX/PC-801 (KCL-4FA)	12	11 328		4,2	
1.4	Геофон GS-20DX-2B/PC-801(KCL-4FA)	12	12 744		4,8	
2	Сейсмостанция SGD-SEL4805		743 872	15 497/\$477	79,5	1,66
2.1	Сейсмостанция SGD-SEL48	1	577 964		5,5	
2.2	Коса сейсмическая 24/5м (РКП-2М)	2	99 828		48	
2.3	Геофон GS-20DX/PC-801 (KCL-4FA)	24	22 656		8,4	
2.4	Геофон GS-20DX-2B/PC-801(KCL-4FA)	24	25 488		9,6	
2.5	Блок аккумулятор. батарей SGD-B1212C	1	17 936		8	
3	Сейсмостанция SGD-SEL4805*2		1 487 744	15 497/\$477	159	1,66
3.1	Сейсмостанция SGD-SEL48	2	1 155 928		11	
3.2	Коса сейсмическая 24/5м (РКП-2М)	4	199 656		96	
3.3	Геофон GS-20DX/PC-801 (KCL-4FA)	48	45 312		16,8	
3.4	Геофон GS-20DX-2B/PC-801(KCL-4FA)	48	50 976		19,2	
3.5	Блок аккумулятор. батарей SGD-B1212C	2	35 872		16	

случаях осуществляется одновременная регистрация продольной и поперечной составляющих сейсмического сигнала. В таблице представлен полный минимальный комплект сейсмостанции, необходимый для выполнения геофизических работ, в том числе и аккумуляторные блоки со встроенными зарядными устройствами. Время непрерывной работы 6...8 часов. Нет только системы синхронизации и источника возбуждения сейсмических колебаний, т.к. они общие для всех трех разновидностей станций.

В таблице 3 приведены сравнения весовых и стоимостных показателей четырех телеметрических сейсмостанций SGD-SET24, SGD-SET48, SGD-SET96 и SGD-SET192 на 24, 48, 96 и 192 каналов регистрации, соответственно. Отличительная особенность станций - это два встроенных геофона типа GS-20DX и GS-20DX-2B в каждом полевом модуле для одновременной регистрации продольной и поперечной составляющих сейсмического сигнала.

В таблице представлен полный минимальный комплект сейсмостанции, необходимый для выполнения геофизических работ, в том числе и аккумуляторные блоки со встроенными зарядными устройствами. Время непрерывной работы 6...8 часов. Нет только системы синхронизации и источника возбуждения сейсмических колебаний т.к. они общие для всех четырех разновидностей станций.

Всего за период 2007 - 2011 годы было поставлено семь сейсмостанций SGD-SET с общим количеством каналов, равным 626 (ООО «ИНГЕОКОМ», ООО "Сибирская Геофизическая Служба", ОАО «Ленгипротранс» и ЗАО "Гео-ИнТех").

В таблице 4 приведены результаты сравнения стоимостных и весовых характеристик сейсмостанций SEG-SEL и SEG-SET. Вес оборудования для 96-ти канальной (48 полевых модулей) телеметрической станции почти в два раза меньше классической станции. Стоимость оборудования при этом в 1,22

Таблица 3

	Сейсмостанция	Кол., шт.	Стоимость, руб.	Стоимость канала, руб.	Масса, кг	Масса канала, кг
1	Сейсмостанция SGD-SET2405	1	601 210	25 050/\$770	29,5	1,23
1.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	199 892		14	
1.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
1.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	1	59 944		5,5	
1.2	Звено ПМ SGD-SET/L1205FU2	1	401 318		15,5	
2	Сейсмостанция SGD-SET4805		1 007 720	20 994/\$646	45,5	0,95
2.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	199 892		14	
2.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
2.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	1	59 944		5,5	
2.2	Звено ПМ SGD-SET/L0805FU2	3	807 828		31,5	
3	Сейсмостанция SGD-SET9605		1 815 548	18 912/\$582	77	0,8
3.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	199 892		14	
3.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
3.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	1	59 944		5,5	
3.2	Звено ПМ SGD-SET/L0805FU2	6	1 615 656		63	
4	Сейсмостанция SGD-SET19205		3 551 092	18 495/\$569	151	0,79
4.1	Модуль бортовой SGD-SET/CUA	1	319 780		25	
4.1.1	Блок управления SGD-SET/FD	1	139 948		8,5	
4.1.2	Блок регистрации SGD-SET/FR	3	179 832		16,5	
4.2	Звено ПМ SGD-SET/L0805FU2	12	3 231 312		126	



Таблица 4

		Стоимость одного канала, руб./\$				Масса одного канала, кг			
	Количество каналов	24	48	96	192	24	48	96	192
1	Сейсмостанция SGD-SEL	19 745	15 497	15 497		1,69	1,66	1,57	
2	Сейсмостанция SGD-SET	25 050	20 994	18 912	18 495	1,23	0,95	0,8	0,79
3	SGD-SEL /SGD-SET					1.37	1.75	1.96	
4	SGD-SET/ SGD-SEL	1.27	1.35	1.22					

раза (22%) больше. Однако уменьшение общего веса сейсмостанции, повышение технологичности и качества полевых работ позволит снизить производственные издержки и вернуть дополнительные затраты уже в первом полевом сезоне.

Из опыта внедрения инженерных телеметрических станций SGD-SET в период 2007 – 2012 годы следует, что производители психологически и материально не готовы к внедрению и освоению нового оборудования. Надо сказать, что в нефтяной сейсморазведке переход от классических линейных станций к телеметрическим станциям произошел довольно быстро.

Для обеспечения детальности геофизических исследований при строительстве высотных зданий и сооружений, автомобильных и железнодорожных

мостов, насыпей и путепроводов, железнодорожных туннелей, метро и т.п. необходимая глубина исследований достигает 100 метров. При работе методом преломленных волн (МПВ) – основным методом инженерной сейсморазведки, необходимая длина профиля равна 3-4 h (h – глубиной залегания преломляющей границы) т.е. 300 – 400 метров. Для обеспечения детальности шаг между точками наблюдения (геофонами) должен лежать в интервале 2,5 – 5 метров, т.е. количество точек регистрации 60 – 160. Таким образом, при одновременной регистрации продольной и поперечной составляющих волнового сейсмического поля количество каналов регистрации должно быть 120 – 320 каналов. Кроме того, для обеспечения детальности сейсмических исследований до первых метров необходимо использовать геофоны с полосой пропускания 500-1000 Гц, а частота квантования регистрируемого сигнала должна быть 2 – 4 кГц ($T = 0.25 \dots 0.5$ мс).

Кроме того, станции с линейным разделением каналов уступают цифровым телеметрическим сейсмостанциям в качестве регистрации сейсмического сигнала [1]. Поэтому прежде чем браться за новую версию станции были взвешены все «за» и «против». Мы полагаем, что классические сейсмостанции с линейным разделением каналов регистрации будут востребованы еще примерно лет 5 – 7 и постепенно будут вытесняться телеметрическими по мере завершения срока эксплуатации первых, осознания производителями необходимости перехода на новые технологии и повышения требований со стороны заказчиков к



Рис. 2. Сейсмостанция SGD-SEL48B выпуска 2012 года

качеству выполнения геофизических исследований.

Прежде чем мы перейдем к обзору новых инженерных сейсмических станций, назовем четыре составляющих, от которых зависит качество полевых сейсмических данных при проведении геофизических исследований:

Геофоны - преобразователи первичного сейсмического поля в электрический сигнал;

Регистратор (сейсмостанция) - предварительное усиление, аналого-цифровое преобразование и регистрация сейсмического сигнала;

Источник возбуждения сейсмического сигнала - взрыв, вибрационный источник, электромагнитный импульсный источник, падающий груз или «кувалда»;

Система синхронизации источника возбуждения сейсмического сигнала и сейсмостанции.

В зависимости от решаемых геофизических задач к каждой из этих составляющих могут быть сформулированы свои требования.

Инженерные сейсмические станции SGD-SEL96B CMP, SGD-SEL48B, SGD-SEL24BE CMP и SGD-SEL24BE.

Сейсмостанция SGD-SEL нового поколения - это моноблок, к которому нужно подключить только сейсмические косы с сейсмоприёмниками и систему синхронизацию источника возбуждения сейсмических колебаний.

Использование моноблока - это философия нашей компании. Для уменьшения производственных затрат при проведении полевых работ необходимо уменьшать не только вес оборудования и количество блоков, но и, как следствие, количество обслуживающего персонала. Кроме того, отдельные блоки и соединительные кабели имеют свойство «неожиданно» исчезать в самый неподходящий момент.

Станция выпускается в четырех исполнениях: SGD-SEL96B CMP - 96 каналов для работы методом ОГТ или 48 каналов для поочередной регистрации продольных и поперечных волн; SGD-SEL48B - 48 каналов регистрации; SGD-SEL48B CMP - 48 каналов для работы методом ОГТ или 24 канала для поочередной регистрации продольных и поперечных волн; SGD-SEL24B - 24 канала регистрации.

Для удобства описания структуры, конструктивного устройства и основных принципов работы сейсмостанции представим её в виде четырёх функцио-

нальных узлов.

Первый функциональный узел - модуль управления, регистрации и визуализации, предназначенный для управления работой сейсмостанции в целом, регистрации и визуализации сейсмических данных, а также отображения и архивации результатов тестирования.

Второй функциональный узел - модуль аналого-цифрового преобразования, предназначенный для предварительного усиления и аналого-цифрового преобразования сейсмического сигнала.

Третий функциональный узел - модуль синхронизации и управления, предназначенный для синхронизации работы сейсмостанции с источником возбуждения сейсмических колебаний, модуля АЦП и модуля управления, регистрации и визуализации.

Четвертый функциональный узел - модуль питания, предназначенный для питания станции во всех режимах работы и заряда внутренней аккумуляторной батареи от внешней сети переменного тока.

Основные технические данные станции приведены в таблице 5.

Конструктивно сейсмостанция выполнена в ударопрочном герметичном (IP-67) корпусе № 1400 красного цвета из сополимерного полипропилена производства компании «PELICAN» (USA).

В крышке корпуса размещен **модуль управления, регистрации и визуализации**, который состоит из цветного графического дисплея типа 12,1" SVGA TFL NEC NL10276BC24-21F (1024·768 точек) и платы устройства управления, выполненной на основе одноплатного мини-компьютера Colibri T20 512MB IT. С правой стороны от экрана дисплея расположены: разъём «SD», предназначенный для установки энергонезависимого ЗУ типа SD Card емкостью до 32 Гбайта и записи сейсмических данных; разъём «USB», предназначенный для подключения внешних устройств с интерфейсом USB 2.0; разъём «LAN» - для подключения внешнего компьютера через интерфейс ETHERNET 10/100 Мбит/с. Использование сейсмостанции возможно в режиме удаленного доступа в сети ETHERNET. Программное обеспечение работает под управлением операционной системы LINUX.

На центральной панели корпуса сейсмостанции расположена специа-



Наименование параметра (характеристики)

- Количество каналов регистрации сейсмического сигнала
- Количество дополнительных (служебных) каналов регистрации
- Уровень собственных шумов регистрирующего канала, мкВ
- Максимальное напряжение входного сигнала, при $K_u = 1$, В
- Входное сопротивление регистрирующих каналов, кОм
- Коэффициент предварительного усиления регистрирующего канала, K_u
- Мгновенный динамический диапазон регистрации сигнала, дБ
- Коэффициент взаимных влияний между регистрирующими каналами, дБ
- Коэффициент подавления входного синфазного сигнала, дБ
- Частотный диапазон регистрируемого сигнала (по уровню минус 3 дБ), Гц
- Период квантования регистрируемого сигнала, мс
- Коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала, %
- Количество разрядов АЦП
- Максимальная длительность регистрации (в отсчётах)
- Максимальное количество накоплений
- Управляющий микро-компьютер (микропроцессор)
- Операционная система
- Емкость оперативного ЗУ, МБайт
- Емкость энергонезависимого ЗУ типа NAND Flash для данных, МБайт
- Емкость энергонезависимого ЗУ типа SD Card для данных, ГБайт
- Разрешение цветного графического дисплея NL10276BC24-21F, точек
- Количество интерфейсов типа SD Card
- Количество интерфейсов типа USB 2.0
- Количество интерфейсов типа ETHERNET 10/100 Мбит/с
- Количество клавиш специализированной шильд-клавиатуры
- Система синхронизации взрывных источников
- Система синхронизации электромагнитных импульсных источников
- Система синхронизации источников типа «падающий груз», «кувалда»
- Батарея аккумуляторная герметизированная свинцово-кислотная
- Номинальное выходное напряжение аккумуляторной батареи, В
- Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А·ч
- Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч
- Напряжение питания в режиме заряда от сети переменного тока, В
- Максимальная потребляемая мощность в режиме заряда, Вт
- Время заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи, ч
- Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока, В
- Потребляемая мощность от внешнего источника ток, Вт
- Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)
- Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С
- Габаритные размеры, мм
- Масса, кг

лизированная герметичная (IP67) шильд-клавиатура на 26 клавиш, предназначенная для управления работой

сейсмостанции.

Под шильд-панелью в основной части корпуса расположены модули

Таблица	Значения
960 ГТ, 48, 480 ГТ	24
	2
	0
	± 1,25
1, 4, 16, 64, 256	256
	1024
	116
	130
0...245,490,980,196	100
	0,392
2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,06	24
	8192
	24
	Colibri T20 512 МБ
	LINUX
	512
	1024
	32
	1024*768
	1
	1
	26
	SGD-S, ShotProfil
	Bomb
	SGD-SF
	SGD-SHC, SGD-SH
	1
	12
	8,3
	90...264
	20
	≤ 12
	11...15
	12...16
	IP64
	минус 30...+70
	340*295*152

аналого-цифрового преобразования, синхронизации и управления, а также модуль питания.

Модуль аналого-цифрового преобразования предназначен для предварительного усиления сейсмического сигнала и преобразования его из аналоговой формы в цифровой 24-х разрядный код. В качестве АЦП используется микросхема AD7767-2 компании Analog Devices. Конструктивно модуль состоит из четырех одинаковых 12-ти канальных плат. На входе каждого канала находятся ключи (реле) электронного коммутатора, которые обеспечивают работу сейсмостанции в режиме ОГТ и поочередной регистрации продольных и поперечных компонент сейсмического сигнала с четырех или двух 24-х канальных сейсмических кос.

Модуль синхронизации и управления предназначен для синхронизации работы: сейсмостанции с источником возбуждения сейсмических колебаний с помощью системы синхронизации SGD-S для взрывных источников возбуждения сейсмических колебаний, системы синхронизации и управления SGD-SP для электромагнитных импульсных источников и системы синхронизации SGD-SHC (SGD-SHR) для источников типа «падающий груз» и «кувалда»; модуля АЦП; модуля управления, регистрации и визуализации.

Модуль питания предназначен для питания сейсмостанции и состоит следующих узлов:

- аккумуляторная батарея герметизированная свинцово-кислотная «12 В, 8.5 А•ч»;
- устройство зарядное, предназначенное для заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи за 10-11 часов по методу заряда IU (согласно DIN 41773);
- блок питания сетевой типа AME40-24SMAZ (компании AMITEC), предназначенный для питания зарядного устройства и сейсмостанции одновременно в стационарном режиме от сети переменного тока «220В, 50Гц».

На задней стенке корпуса сейсмостанции расположены два или четыре (в зависимости от исполнения) байонетных разъема серии РБМ4 - «КАНАЛЫ 1...24», «КАНАЛЫ 25...48», «КАНАЛЫ 49...71», «КАНАЛЫ 72...96», предназначенные для подключения двух или четырех сейсмических кос по два-

дцать четыре канала каждая. Разъем «СИНХРОНИЗАЦИЙ», предназначенный для подключения контроллера SGD-SP системы синхронизации SGD-S взрывных источников возбуждения сейсмических колебаний, системы синхронизации и управления SGD-SP электромагнитных импульсных источников и акселерометра SGD-SSH, предназначенного для работы с источниками типа «падающий груз» и «кувалда». Также на задней стенке блока расположен разъем «ПИТАНИЕ», предназначенный для подключения резервного блока аккумуляторных батарей или источника питания переменного тока частотой «50Гц» напряжением «220В» для заряда внутренней аккумуляторной батареи.

Программное обеспечение регистрации и тестирования сейсмостанции.

Программное обеспечение сейсмостанции обеспечивает:

- тестирование работоспособности регистрирующих каналов с помощью внутреннего тестового генератора;
- контроль сопротивления сейсмических датчиков;
- контроль уровня шумов сейсмического профиля (микросейсм);
- регистрацию, накопление и запись сейсмической информации;
- управление источниками возбуждения с помощью систем синхронизации SGD-S, SGD-SP, SGD-SHC, SGD-SHR и т.п.
- просмотр сейсмической информации и результатов тестирования на экране дисплея;
- вывод сейсмической информации и результатов тестирования на принтер;
- формирование и распечатку рапорта оператора;
- запись сейсмической информации в формате SEG-Y и результатов тестирования регистрирующих каналов на 3У типа USB Flash Memory и SD Card

Геофоны.

Как мы уже отмечали выше, качество регистрации сейсмических данных зависит не только от «регистрирующего канала» (сейсмостанции). В зависимости от вида работ (частотного диапазона регистрируемых сигналов), количества геофонов на один канал, а также способа установки их установки, тип применяемых геофонов достаточно сильно влияет на разрешающую



Наименование параметра (характеристики)

- Датчика регистрации сигнала ускорения (удара)
- Время задержки срабатывания, мс
- Длительность выходного сигнала «Time Break», мс
- Полярность выходного сигнала «Time Break»
- Выход сигнала «Time Break»
- Максимальное допустимое напряжение на вводе сигнала «Time Break», В
- Максимальный выходной ток сигнала «Time Break», мА
- Максимальная длина кабеля соединительного, м
- Напряжение питания от источника постоянного тока, В
- Максимальный потребляемый ток, мА
- Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C
- Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)
- Габаритные размеры (без кабеля), мм
- Масса с соединительным кабелем длиной 4 метра, кг
- Масса с соединительного кабеля длиной 65 метров, кг
- Масса с соединительного кабеля длиной 130 метров, кг

Значение	Таблица 6
AD22281	
< 0.25	
> 50	
отрицательная	
открытый коллектор	
100	
500	
7.5 ... 16	
5	
минус 40 ... +70	
IP67	
56 * 40 * 20	
0.2	
1.6	
3.1	

способность (детальность) применяемых геофизических методов, а также производительность. В основном применяются геофоны типа GS-20DX и GS-20DX-2B. Однако, если есть необходимость регистрировать сигналы с частотами до 1000-2000 Гц, рекомендуется применять геофоны типа L-40A (L-40A1, L-40A2 или L-40A3) производства компании Sercel или EST-20DX40 (EST-20DX60 или EST-20DX100) производства компании EARTH SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD или аналогичные. Следует отметить, что стоимость этих геофонов на порядок выше.

Источники возбуждения сейсмических сигналов.

От способа возбуждения сейсмических колебаний (источника) сильно зависит частотный спектр возбуждаемого сигнала и его энергия. Что касается сейсморазведочных работ для поисков нефти и газа, то здесь более или менее всё уже определено: взрыв, вибраторы и электромагнитные импульсные источники. Последние, правда, периодически подвергаются атакам со стороны «любителей» взрывов и вибраторов. Взрыв – это дорого, требуется специальное разрешение на проведение буро-взрывных работ и строгое соблюдение мер безопасности, а вибратор – это очень дорого и громоздко. При инженерных исследованиях традиционно используются «падающий груз», «кувалда» и малогабаритные электромагнитные импульсные источники. Частотный спектр и энергия возбуждаемых колебаний напрямую зависят от площади, скорости и времени взаимодействия источ-

ника и грунта [2]. Даже обыкновенной «кувалдой» одной и той же массы можно получить большие вариации частотного спектра и энергии.

Вопрос эффективности того или иного источника возбуждения сейсмических возмущений это отдельная и большая тема, которая не является предметом данной статьи. Отметим только одно. Какой бы ни был источник возбуждения, эффективность его воздействия зависит от точности и стабильности работы системы синхронизации, поскольку, как правило, все работы выполняются в режиме накопления и от качества работы системы синхронизации напрямую зависит производительность и частотный спектр регистрируемого сигнала.

Синхронизация.

Применяемые системы синхронизации должны обеспечивать не только управление источниками возбуждения, но и точность, стабильность (повторяемость) отметки момента возбуждения (ОМВ), получаемой сейсмостанцией от источника возбуждения сейсмических колебаний через систему синхронизации. Если говорить о системах синхронизации SGD-S, SGD-SP, Shot Pro II, Bom Vox и т.п., то точность и стабильность передачи отметки момента возбуждения в них не превышает 25 мкс, что с большим запасом обеспечивает качество полевого материала при всех видах сейсмических исследований.

Что касается инженерной геофизики, то здесь при использовании в качестве основных источников возбуждения «падающий груз» и «кувалда» тра-

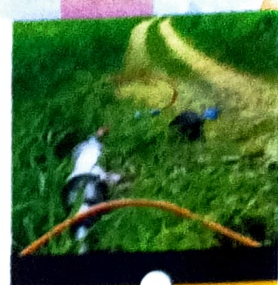


Таблица 7

Наименование параметра (характеристики)	Значение
Временная погрешность при передаче сигнала «Time Break», мс	< 0,1
Максимальное расстояние между сейсмостанцией и источником, м	300 (800*)
Рабочая частота радиомодуля WLDP1203-433-R, МГц	433
Номинальное выходное напряжение блока аккумуляторных батарей, В	2,4
Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А·ч	2,7
Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	50
Напряжение питания (заряда) от внешнего источника тока, В	10,5 ...28
Максимальный потребляемый ток в рабочем режиме, мА	25
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	минус 40 ...+70
Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 IEC 70-1 EN 60529)	IP67
Габаритные размеры (без антенны), мм	150·64·35
Масса, кг	0,5

Таблица 8

	Наименование	Обозначение	Кол., шт.	Стоимость, руб.
1	Сейсмостанция SGD-SEL24BE05 в составе:	СГФП 237.00.00-01	1	577 846
1.1	Станция инженерная сейсмическая SGD-SEL24BE	СГФП 237.00.00	1	489 936
1.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
1.3	Система синхронизация SGD-SHC65 по кабелю	СГФП 235.00.00	1	15 340
1.4	Коса сейсмическая 24 канала «шаг 5 м» (РКП-2М)	СГФП 237.81.00-50	1	49 914
1.5	Геофон GS-20DX/PC-801 (вертикальный) (KCL-4FA)	СГФП 037.63.00	24	22 656
2	Сейсмостанция SGD-SEL48B05 в составе:	СГФП 237.00.00-05		844 054
2.1	Станция инженерная сейсмическая SGD-SEL48B	СГФП 237.00.00-04	1	679 916
2.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
2.3	Система синхронизация SGD-SHC130 по кабелю	СГФП 235.00.00-01	1	18 998
2.4	Коса сейсмическая 24 канала «шаг 5 м» (РКП-2М)	СГФП 237.81.00-50	2	99 828
2.5	Геофон GS-20DX/PC-801 (вертикальный) (KCL-4FA)	СГФП 037.63.00	48	45 312
3	Дополнительно оборудование			
3.1	Геофон GS-20DX-2B/PC-801 (горизонтал.) (KCL-4FA)	СГФП 037.64.00	12	12 744
3.2	Геофон GS-20DX-2B/PC-801 (горизонтал.) (KCL-4FA)	СГФП 037.64.00	24	25 488
3.3	Система синхронизация SGD-SHR по радиоканалу	СГФП 238.00.00	2	29 972

диционно применяются либо геофон, который подключается к дополнительному каналу сейсмостанции, либо различные системы, основанные на замыкании контактов в момент удара «кувал-

ды» о землю. В первом случае (геофон) точность синхронизации составляет 1-2 мс, что приводит к «потере» высокочастотной составляющей сейсмического сигнала при накоплении и, как след-

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ МАЛОГЛУБИННАЯ СЕЙСМИКА

ствие, к снижению детальности изучения среды. Точность второго способа также весьма сомнительна. В качестве датчика OMB используют также пьезоэлементы, но они механически непрочны и недолговечны, хотя и достаточно точны. Мы рекомендуем использовать в качестве датчик OMB акселерометр. Акселерометр располагается либо непосредственно около места возбуждения сигнала (так было сделано в предыдущей версии сейсмостанции – цифровой акселерометр SGD-ADSS), либо непосредственно на источнике возбуждения «кувалде». Ускорение, которое возникает при ударе кувалды о землю, превышает несколько сотен «g» и поэтому такой датчик должен быть удароустойчивым, прочным и надежным.

Для новой сейсмостанции был разработан такой датчик OMB на базе акселерометра. Датчик отличается малыми весом и габаритными размерами, высокой надёжностью, точностью и повторяемостью, малым потреблением. При ударе о землю на выходе датчика формируется токовый импульс запуска сейсмостанции. Технические параметры датчика OMB - акселерометра SGD-SAH приведены в таблице 6.

Сигнал запуска сейсмостанции «Time Break» может быть доставлен двумя способами: по кабелю или по радиоканалу. Первый способ надежный, но не всегда и везде может быть удобным. Поэтому для передачи OMB от источника возбуждения к сейсмостанции рядом компаний были разработаны системы «радиозапуска». И наша компания не исключение. Однако производители, использующие системы «радиозапуска» некоторых компаний, жалуются на их нестабильность, низкую надежность запуска и небольшие удаления. Ниже, в таблице 7, приведены основные параметры системы синхронизации SGD-SHR, предназначенной для инженерных сейсмических станций. Принципиальным отличием данной системы синхронизации от других систем «радиозапуска» заключается в использовании для передачи сигнала запуска «Time Break» псевдослучайных m-последовательностей, что обеспечивает высокую точность и достоверность запуска сейсмостанции.

В заключение, в таблице 8, приведены типовые комплекты поставки сейсмостанции SGD-SEL48B и SGD-SEL24BE.

В комплект поставки сейсмостанции входит программа ZondST2d, предназначенная для двумерной обработки и интерпретации данных сейсмической томографии на преломленных волнах и КМПВ в наземном, скважинном, межскважинном и акваторном вариантах, разработанная Каминским А.Е. Подробно на сайтах: www.astrageo.com, www.zond-geo.ru.

Отличительные особенности новой сейсмостанции:

- увеличен мгновенный динамический диапазон регистрации сигнала до 116 дБ;
- уменьшен коэффициент взаимных влияний между каналами до 130 дБ;
- увеличен коэффициент подавления входного синфазного сигнала до 100 дБ;
- уменьшен коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала до 0,001%;
- обеспечена практически неограниченная длина регистрации сейсмического сигнала;
- обеспечено практически неограниченное количество накоплений сейсмического сигнала;
- увеличен объем регистрируемой информации в энергонезависимом ЗУ до 1 Гбайта;
- добавлен электронный коммутатор каналов, который обеспечивает работу станции в режиме ОГТ (96 каналов), а также делает возможной последовательную регистрацию продольных и поперечных волн с одной расстановки;
- установлен мощный микрокомпьютер Colibri T20 512MB IT, который не только обеспечивает работу сейсмостанции во всех режимах и отображение сейсмических данных и результатов тестирования на цветном дисплее высокого разрешения, но и расширяет функциональные возможности по способам регистрации и накопления, предварительной обработки и оценки качества сейсмических данных непосредственно в поле;
- доработан узел синхронизации, который обеспечивает работу сейсмостанции со всеми наиболее распространенными системами синхронизации взрывных и электромагнитных импульсных источников возбуждения сейсмических колебаний SGD-S, SGD-SP, Shot Pro II и Bom Box, а также системой синхронизации для источников типа «падающий



Таблица 9

	Наименование	Обозначение	Кол., шт.	Стоимость, руб.
1	Сейсмостанция SGD-SMT2402 «TUNNEL»:	СГФП 851.00.00	1	
1.1	Модуль бортовой SGD-SMT/CU	СГФП 852.00.00-01	1	
1.2	Программа обработки и интерпретации		1	
1.3	Звено полевых модулей SGD-SMT/LFU3 (4ПМ, 2 м)	СГФП 857.00.00-20	2	
1.4	Модуль регистрации и синхронизации SGD-SMT/RS	СГФП 860.00.00	1	
1.5	Система синхронизация SGD-SHC65 по кабелю	СГФП 235.00.00	1	
2	Сейсмостанция SGD-SET96025 в составе:	СГФП 851.00.00-05		
2.1	Модуль бортовой SGD-SMT/CU	СГФП 852.00.00	1	
2.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
2.3	Звено полевых модулей SGD-SET/LFU2 (12ПМ/2,5)	СГФП 453.00.00-25	4	
2.4	Система синхронизация SGD-SHC130 по кабелю	СГФП 235.00.00-01	1	
3	Сейсмостанция SGD-SET12805 в составе:	СГФП 851.00.00-07		
3.1	Модуль бортовой SGD-SMT/CU	СГФП 852.00.00	1	
3.2	Программа обработки и интерпретации ZondST2d		1	
3.3	Звено полевых модулей SGD-SET/LFU2 (8ПМ/5,0)	СГФП 453.00.00-50	8	
3.4	Система синхронизация SGD-SHC260 по кабелю	СГФП 235.00.00-02	1	
3.5	Блок аккумуляторных батарей SGD-B1220C	СГФП 212.00.00-02	1	

груз» и «кувалда» SGD-SHC (по кабелю), SGD-SHR (по радиоканалу) и т.п.

- снижена номинальная потребляемая мощность до 12 Вт (0.25 Вт/канал);
- уменьшен вес сейсмостанции с блоком аккумуляторных батарей в варианте 48 каналов до 8 кг (0.166 кг/канал);
- применены надёжные, быстро сочленяемые разъёмы байонетного типа;
- расширен диапазон рабочих температур до минус 30°C.

Инженерные телеметрические сейсмостанции SGD-SET и SGD-SMT24 «TUNNEL».

В мае 2007 года ООО НПК «СибГеофизПрибор» выпустило первый образец многоканальной телеметрической сейсмической станции SGD-SET на восемьдесят каналов регистрации. По результатам первых полевых работ была проведена корректировка конструкторской документации. В период с 2007 по 2011 годы продано семь сейсмостанций SGD-SET с общим количеством каналов 626 (ООО «ИНГЕОКОМ», ООО «Сибирская Геофизическая Служба», ОАО «Ленгипротранс» и ЗАО «ГеоИнТех»). Подробное описание состава, технических характеристик и принципов работы станций приведены в [3]. В настоящее время в России для малоглубинных исследова-



Рис. 3. Модуль полевой двух и трех канальный SGD-SET/FU2 в корпусе «ТРИПОД»



Рис. 4. Модуль полевой трехканальный SGD-SET/FU3 в корпусе «ГВОЗДЬ»

ний предлагаются телеметрические сейсмостанции SGD-SET (ООО НПК «СибГеофизПрибор») и «ТЕЛСС-3» (ООО «ГЕОСИГНАЛ»).

Новая версия сейсмостанции SGD-SET по основным техническим характеристикам практически не отличается от сейсмостанции ТЕЛСС-3, т.к. в полевых модулях обеих сейсмостанций используется один и тот же 32-х разрядный АЦП ADS1282 компании Texas Instruments (Burr-Brown). Отличие заключается только в том, что в полевые модули сейсмостанции SGD-SET - двухканальные со встроенными геофонами типа GS-20DX и GS-20DX-2B, что обеспечивает возможность одновременной регистрации продольных и поперечных волн сейсмического сигнала, а полевые модули сейсмостанции ТЕЛСС-3 - четырехканальные и подключение геофона осуществляется традиционным образом к аналого-цифровой сейсмической косе. Кроме того, центральный блок сбора и управления сейсмостанции ТЕЛСС-3 выполнен с использовани-

ем стандартного компьютера Notebook, а в сейсмостанции SGD-SET он выполнен также как и в сейсмостанции SGD-SEL48B в виде специализированного блока на базе встраиваемого микрокомпьютера Colibri Xscale PXA310 624 MHz или Colibri T20 512MB IT. Какой подход практичнее - решать производителям. Аналогичные по назначению и основным техническим характеристикам сейсмостанции выпускают компании Seismic Instruments (SI), Inc. (USA) и Deutsche Montan Technologie (DMT) (Germany).

В настоящее время ООО НПК «СибГеофизПрибор» подготовило к выпуску два варианта исполнения новой

сейсмостанции - SGD-SET и SGD-SMT24 «TUNNEL». Первая ориентирована на проведение геофизических работ на дневной поверхности с одновременной регистрацией продольной и поперечной составляющих сейсмического поля, а вторая - на проведение геофизических исследований в труднодоступных местах на дневной поверхности, в туннелях, взрывобезопасных шахтах и т.п. с одновременной трёхкомпонентной регистрацией сейсмического поля.

Полевой модуль сейсмостанции SGD-SMT «TUNNEL» имеет два конструктивных исполнения размещения встроенных геофонов - традиционный «трипод» и вариант с заглублением «гвоздь». В качестве одного из вариантов исполнения возможна установка новых современных геофонов GS-One компании OYO Geospace (USA).

В таблице 9 приведены варианты состава и комплектности поставки различных по назначению сейсмических станций.



Таблица 10

Наименование параметра (характеристики)	Значение
• Количество каналов регистрации	два/три
• Тип встроенных геофонов	GS-20DX, GS-20DX-2B
• Уровень собственных шумов регистрирующего канала, мкВ	0,08
• Коэффициент предварительного усиления регистрирующего канала, Ku	1, 2, 4, 16, 32 и 64
• Мгновенный динамический диапазон регистрации сигнала, дБ	130
• Коэффициент подавления входного синфазного сигнала, дБ	100
• Частотный диапазон регистрируемого сигнала (по уровню минус 3 дБ), Гц	0...103,206,4 13,826,1652
• Период квантования регистрируемого сигнала, мс	4, 2, 1, 0.5 и 0.25
• Коэффициент нелинейных искажений регистрирующего канала, %	0,0005
• Количество разрядов АЦП	32
• Интерфейс передачи данных	специальный
• Скорость передачи данных и команд управления, кбит/сек	8192
• Максимальная длина линии связи, м	100
• Напряжение питания, В	10...48
• Максимальная потребляемая мощность, Вт	0,4/0,45
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 IEC 70-1 EN 60529)	IP67
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	минус 40 ...+70
• Габаритные размеры в корпусе «трипод», мм	72•12•120 (140*)
• Габаритные размеры в корпусе «гвоздь», мм	72•12•180 (200*)
• Масса в корпусе «трипод» (два/три канала), кг	0,7/0,8
• Масса в корпусе «гвоздь» (два/три канала), кг	0,8/0,9

Таблица 11

Наименование параметра (характеристики)	Значение
• Максимальное количество каналов регистрации данных, при T = 1 мс	672
• Количество линий связи для подключения полевых модулей (ПМ)	4
• Количество ПМ (два/три канала) подключаемых к одной линии связи	64/56
• Интерфейс передачи данных	специальный
• Скорость передачи данных и команд управления, кбит/сек	8192
• Режим регистрации данных	непрерывный
• управляющий микро-компьютер (микропроцессор)	Colibri T20 512MB IT LINUX
• операционная система	LINUX
• емкость оперативного ЗУ, МБайт	512
• емкость энергонезависимого ЗУ типа NAND Flash для данных, МБайт	1024
• емкость энергонезависимого ЗУ типа SD Card для данных, ГБайт	32
• Разрешение цветного графического дисплея NL10276BC24-21F, точек	1024•768
• Количество интерфейсов типа SD Card	2
• Количество интерфейсов типа USB 2.0	1
• Количество интерфейсов типа ETHERNET 10/100 Мбит/с	1
• Количество клавиш специализированной шильд-клавиатуры	26
• Система синхронизации взрывных источников	SGD-S, Shot-Proll, BomBox
• Система синхронизации электромагнитных импульсных источников	SGD-SP
• Система синхронизации источников типа «падающий груз», «кувалда»	SGD-SHC, SGD-SHR

• Батарея аккумуляторная герметизированная свинцово-кислотная	1
• Номинальное выходное напряжение аккумуляторной батареи, В	12
• Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А·ч	8,5
• Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	8
• Напряжение питания в режиме заряда от сети переменного тока, В	90...264
• Максимальная потребляемая мощность в режиме заряда, Вт	20
• Время заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи, ч	12
• Номинальное выходное напряжение для питания полевых модулей, В	48 ± 0,5
• Номинальный выходной ток нагрузки для каждой линии связи, А	0,6
• Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока, В	11 ... 15
• Максимальная потребляемая мощность от внешнего источника ток, Вт	120
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP64
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	минус 30...+70
• Габаритные размеры, мм	340·295·152
• Масса, кг	8

Таблица 12

Наименование параметра (характеристики)	Значение
• Максимальное количество каналов регистрации данных, при T = 1 мс	336
• Количество линий связи для подключения полевых модулей (ПМ)	2
• Количество ПМ (два/три канала) подключаемых к одной линии связи	64/56
• Интерфейс передачи данных	специальный
• Скорость передачи данных и команд управления, кбит/сек	8192
• Режим регистрации данных	непрерывный
• емкость оперативного ЗУ, МБайт	512
• Количество интерфейсов типа USB 2.0	1
• Количество интерфейсов типа ETHERNET 10/100 Мбит/с	1
• Система синхронизации взрывных источников	SGD-S, ShotProll, BomBox
• Система синхронизации электромагнитных импульсных источников	SGD-SP
• Система синхронизации источников типа «падающий груз», «кувалда»	SGD-SHC, SGD-SHR
• Батарея аккумуляторная герметизированная свинцово-кислотная	1
• Номинальное выходное напряжение аккумуляторной батареи, В	12
• Номинальная емкость аккумуляторной батареи, А·ч	8,5
• Продолжительность непрерывной работы от аккумуляторной батареи, ч	8
• Напряжение питания в режиме заряда от сети переменного тока, В	90...264
• Максимальная потребляемая мощность в режиме заряда, Вт	20
• Время заряда полностью разряженной аккумуляторной батареи, ч	12
• Номинальное выходное напряжение для питания полевых модулей, В	48 ± 0,5
• Максимальный выходной ток нагрузки для каждой линии связи, А	0,6
• Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока, В	11 ... 15
• Максимальная потребляемая мощность от внешнего источника ток, Вт	60
• Степень защиты по ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89 CEI 70-1 EN 60529)	IP67
• Диапазон рабочих температур окружающей среды, °C	минус 40...+70
• Габаритные размеры, мм	270·246·120
• Масса, кг	

Первый вариант – это 24-х канальная телеметрическая сейсмостанция, которая состоит из двух звеньев трехканальных полевых модулей по четыре модуля в каждом звене. Полевые модули устанавливаются на вертикальную стену тоннеля в направлении проходки с шагом 2 метра в два ряда. Шаг между рядами также два метра. Полевые модули подключаются к модулю регистрации и синхронизации SGD-SMT/RSU. К нему также подключается акселерометр SGD-SAH синхронизации источника возбуждения сейсмических колебаний (небольшая кувалда весом 1-1,5 кг). Модуль регистрации и синхронизации SGD-SMT/RSU соединен с бортовым модулем SGD-SMT/CU через ETHERNET интерфейс. В качестве бортового модуля может быть использован компьютер NoteBook в промышленном исполнении, который вынесен за пределы рабочей зоны тоннеля и шахты. Таким образом, осуществляется обследование на глубину проходки до 60 метров на предмет возможных неоднородностей (плывуны, вода и т.п.).

Второй вариант – это 96-ти канальная телеметрическая сейсмостанция, которая состоит из четырех звеньев двухканальных полевых модулей по 12 модулей в каждом звене. Звенья полевых модулей подключаются к двум входам бортового модуля SGD-SMT/CU по два звена на каждую линию. К нему подключается акселерометр SGD-SAH. Данная конфигурация может использоваться для исследования до глубины 30-40 метров. Длина профиля 120 метров, шаг между точками наблюдения 2,5 метра. Время непрерывной работы без дополнительного внешнего аккумулятора 4 часа.

Третий вариант – это 128-ми канальная телеметрическая сейсмостанция, которая состоит из восьми звеньев двухканальных полевых модулей по 12 модулей в каждом звене. Звенья полевых модулей подключаются к двум входам бортового модуля SGD-SMT/CU по два звена на каждую линию. К нему подключается акселерометр SGD-SAH. Данная конфигурация может использоваться для исследования до глубины 80-120 метров. Длина профиля 320 метров, шаг между точками наблюдения 5 метров. Время непрерывной работы с дополнительным внешним аккумулятором SGD-B1220C - 8 часов.

Способы синхронизации работы сейсмостанции с различного типа источниками возбуждения сейсмиче-

ских колебаний, а также состав программного обеспечения для регистрации и тестирования такие же, как и для сейсмостанции SGD-SEL.

Программа обработки и интерпретации сейсмических данных для шахт и тоннелей, разработана в ФГБОУ ВПО "Уральский государственный горный университет" под руководством заведующего кафедрой геоинформатики Писецкого В. Б..

Основные технические данные полевого модуля SGD-SET/FU2 и SGD-SMT/FU3, бортового модуля SGD-SET/CU, модуля регистрации и синхронизации SGD-SMT/RSU приведены в таблицах 10, 11 и 12, соответственно.

В следующих номерах журнала мы расскажем о специализированных телеметрических сейсмических станциях:

- SGD-SMM «КПОТ», предназначенной для пассивной и активной сейсмической локации (мониторинга) горных массивов в подземных выработках горных предприятий (шахт и рудников) в целях оперативного текущего геомеханического контроля и прогноза развития опасных ситуаций;
- SGD-SHF «СПРУТ» - предназначена для исследования процесса гидро разрыва пласта;
- SGD-SMH «СПРУТ 2» - предназначена для регистрации микросейсмических сигналов на дневной поверхности при мониторинге процесса добычи углеводородов на континентальных месторождениях;
- SGD-SLM «ГНОМ» - портативная и малогабаритная сейсмостанция, предназначенная для микросейсмокаротажа.

Литература

1. Федотов С.А., Федотов А.С. Основные преимущества сейсмической телеметрической системы «ТЕЛЕСС-3» при малоглубинных исследованиях. Приборы и системы разведочной геофизики, № 02/2012 г., г. Саратов
2. А.А. Харкевич А.А. Теория электроакустических преобразователей. Волновые процессы. Изд-во «Наука», М. 1973 г. Избранные труды в 3-х томах. Том 1.
3. Золотарев В.Н., Ревунов А. Б., Сыроватин Д.В., Черепанов В.П. Телеметрическая сейсморазведочная станция SGD-SET для инженерных геофизических исследований. Приборы и системы разведочной геофизики, № 03/2008 г., г. Саратов

