

Малогабаритный сейсмоприемник СПВ-3к

■ Марченков А.Ю. Институт физики земли РАН,
Мишин А.В., Пастухов В.В., Семейкин Н.П., Трушков В.Н., ООО «Логические системы»

Малогабаритный сейсмоприемник СПВ-3к представляет собой развитие идей ёмкостного короткопериодного сейсмометра КМВ. Механическая конструкция прибора выполнена по современным технологиям, позволяющим выпускать сейсмоприемник серийно. Конструкция сейсмоприемника обеспечивает удобство работы с ним в широких температурных условиях и влажности, а так же высокую надёжность прибора. Современная элементная база и схемотехника прибора обеспечивают высокий динамический диапазон для инженерных исследований. Проведена экспериментальная оценка шумов

В сейсмометрии, как и в инженерных исследованиях, при техническом контроле уровня колебаний промышленных объектов и площадок, зданий и сооружений в области частот 0.5...60 Гц имеется спрос на современные надежные малогабаритные датчики для измерения колебаний. До последнего времени в отечественной практике применялся электродинамический сейсмоприемник СМ-3 и, в основном, в строительстве - С-5-С. К основным недостаткам при использовании этих сейсмометров в инженерных и полевых приложениях следует отнести (на примере СМ-3): большой вес (6 кг) и габариты (230x170x145 мм) на каждую компоненту; необходимость при проведении измерений колебаний производить время от времени ручную регулировку положения подвижной части сейсмометра для сохранения его в рабочем состоянии. Задача разработки сейсмометра с более приемлемыми для инженерных и полевых исследований характеристиками, чем у СМ-3, была поставлена в 1997 году и прототип устройства описан в [1].

Прототип под названием КМВ долгое время выпускался отдельными экземплярами в ИФЗ РАН лабораторией сейсмометрии и применялся различными организациями и группами исследователей для проведения наблюдений как геолого-геофизических и инженерно-геологических, так и инженерных. За период эксплуатации КМВ были накоплены замечания по различным характеристикам прибора и отрабатывались пути их устранения.

Основным недостатком КМВ являлось использование в качестве рабочей массы и магнитоэлектрического преобразователя готового узла сейсмометра СВ-5, каковые с начала 90-х годов прошлого века и по настоящее время не выпускаются.

Руководство ООО «Логические системы» поставило задачу создать на основе прототипа инженерный сейсмометр, все элементы которого производятся по разработанной Обществом оригинальной конструкторской документации или могут быть закуплены. Последнее относится к позициям, соответствующим электро-

нным компонентам прибора. Вся механическая часть изготавливается, включая пружины, магнитоэлектрический преобразователь с магнитом, корпус сейсмометра. Электронная часть прибора спроектирована с учетом использования современной элементной базы.

В результате, ООО «Логические системы» производит малыми сериями новый велосиметр СПВ-3к, который призван заменить указанные выше приборы в обозначенных областях применения. Он лишен многих недостатков и содержит в одном корпусе 3 измерительных компоненты: одна вертикальная, две горизонтальных.

Велосиметр СПВ-3к представляет собой сейсмоприёмник (в дальнейшем СП) с активным ёмкостным преобразователем в каждом канале. Такое решение позволило уменьшить габариты и массу. Высокая собственная частота колебаний (10 Гц) маятника датчиков позволила сделать сейсмоприёмник более технологичным, т.к. применены современные методы изготовления пружин. Несомненным преимуществом новой конструкции является малый ход подвижной части (массы и присоединённых деталей) как в рабочем, так и в ортогональном рабочему направлениях. Это позволяет без лишних проблем осуществлять транспортировку СП до места установки и исключает вероятность механического повреждения элементов конструкции. СП выполнен по классической схеме сейсмоприёмника с ёмкостным преобразователем в измерительном мосте. Основным

элементом СП является датчик, который представляет собой ёмкостный дифференциальный преобразователь со средней подвижной обкладкой – ротором и двумя неподвижными обкладками – статорами. Ротор датчика жестко связан с инерционным элементом – массой, которая, в свою очередь, связана с корпусом посредством фасонных пружин. На статорные обкладки подаётся опорное напряжение высокостабильного генератора. При этом колебания ротора вызывают амплитудную модуляцию, которая выделяется с помощью синхронного детектора. Для обеспечения большого динамического диапазона датчика (100 дБ) в схеме СП применен маломощный усилитель, который позволяет принимать сигналы уровня $3,75 \cdot 10^{-8}$ м/с. Для обеспечения требуемых амплитудной и фазовой частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) СП и формирования сигнала на выходе пропорционального скорости, действующей вдоль измерительной оси СП, используется электромеханическая отрицательная обратная связь (ООС). Для коррекции сигнала ёмкостного преобразователя сигнал ООС подаётся на катушку электромагнитного преобразователя жестко связанного с массой датчика. Таким образом, осуществляется непрерывная коррекция АЧХ СП. Большим преимуществом СП, построенного по схеме параметрического преобразователя с ООС, является отсутствие постоянной составляющей в выходном сигнале СП. Таким образом, допускаются небольшие отклонения СП при эксплуатации от рабоче-

го (вертикального или, соответственно, горизонтального) положения осей без перегрузки выходного сигнала. При этом постоянное смещение будет оставаться в пределах нескольких милливольт и выходной сигнал не ограничится. При возникновении сильных внешних воздействий СП восстанавливает свою работоспособность в течение нескольких секунд.

Для обеспечения оперативной поверки сейсмоприемника в полевых и стационарных условиях в состав СПВ-3к входит генератор калибровочных импульсов. Управление генератором осуществляется с помощью внешнего сигнала, который вырабатывает регистратор сейсмических сигналов, осуществляющий запись сигналов СП. Внешний вид сейсмоприёмника СПВ-3к представлен на рис.1.

Малые габариты датчика СПВ-3к позволяют разработать малогабаритный скважинный велосиметр, работа над которым в настоящее время ведется в ООО «Логические системы».



Рис.1. Внешний вид сейсмоприёмника СПВ-3к. ▲

В процессе отработки производства на этапе рабочего образца прибор был продемонстрирован специалистам ГС РАН и ИФЗ РАН. Получен ряд ценных замечаний, после устранения которых была проведена запись микросейсмического фона в штольне Центральной обсерватории ГС РАН параллельно СПВ-3к и GURALP CMG-3Т. На рис. 2 показаны спектры этой записи.

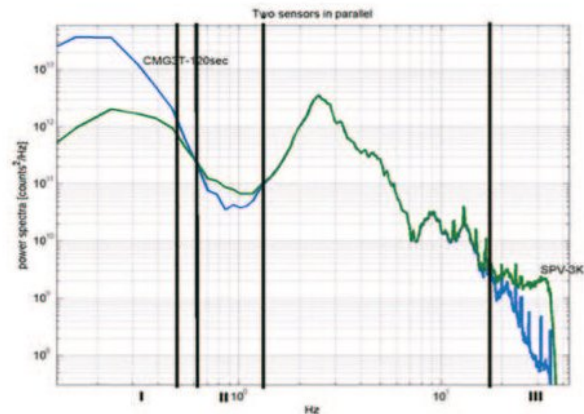


Рис. 2. Спектры параллельной записи микро-сейсмических шумов сейсмоприёмниками СПВ-3к и CMG-3Т (вертикальная компонента) ▲

Конечно, шумы обсуждаемого сейсмометра на низкочастотной и высокочастотной границах рабочего диапазона выше, чем у прецизионного CMG-3Т, что видно из сравнения спектров, диапазоны II и III. Однако, для инженерно-геологических и инженерных измерений такой уровень шумов вполне допустим, т.к. исследуемые сигналы существенно выше уровня микросейсм.

Со стороны исследователей из ИФЗ РАН были вопросы к расположению кабельного вывода СПВ-3к и к жёсткости самого кабеля. На наш взгляд,

▼ Технические характеристики СПВ-Зк.

Тип преобразователя	емкостной;
Число компонент	3 (одна вертикальная, две горизонтальных);
Диапазон частот по уровню –3дБ, Гц	0.5...65;
Неравномерность АЧХ не более 1 дБ в диапазоне частот, Гц	0.6...45;
Динамический диапазон, не менее, дБ	100;
Коэффициент преобразования В*с/м	400;
Максимальная амплитуда сигнала на симметричных выходах,	±3,5;
Постоянная составляющая на выходе, не более, мВ	±10;
Допустимое отклонение СПВ-Зк от вертикали, градусов	±15;
Напряжение питания (варианты исполнения):	
а.двухполярное стабилизированное, В	±5.5;
б.однополярное нестабилизированное, В	6...25;
Потребляемая мощность, Вт	0,65;
Диаметр, мм	160;
Высота (с ручкой), мм	135;
Масса (без кабеля), кг	2,9;
Диапазон рабочих температур, градусов С	-30...+55;
Пылевлагозащищённость	IP67 (герметично).

настоящее расположение вывода вполне удобно, т.к. предложенное (сверху) увеличивает рычаг, на котором действует свободная часть кабеля при наземном (не прикопанном) расположении сейсмоприёмника. Жёсткость кабеля - минимальная, при которой кабель соответствует диапазону рабочих температур прибора - менее жёсткие кабели не сертифицированы для работы при отрицательных температурах.

Кроме того, в 2012 г. сейсмоприёмник СПВ-Зк прошёл исследования с целью утверждения типа средства измерений во ВНИИМ им. Д.И.Менделеева, подтвердившие обозначенные выше характеристики и позволяющие

перейти от наблюдений колебаний, что характерно для сейсмологии как науки, к измерению параметров колебаний, что, соответственно, расширяет возможности применения прибора в инженерно-технических приложениях.

Литература

1. Марченков А.Ю., Межберг В.Г., Рыков А.В. Уломов И.В. М., Трехкомпонентный велосиметр КМВ., в сб. Сейсмические приборы, ОИФЗ РАН, 1997, вып.29, стр.3-9.