

Эволюция технологии изготовления сейсмоприемников

Р.Т. Сафаров, «ОИО-ГЕО Импульс Интернэшнл», г.Уфа

ООО «ОйО-ГЕО Импульс Интернэшнл» является в настоящее время единственным производителем сейсмоприемников в СНГ и лицензиаром Уфимского завода геофизического приборостроения «Геофизприбор», который был одним из соучредителей советско-американского совместного предприятия ОйО-ГЕО японского происхождения.

Завод «Геофизприбор» до 1990 года — крупное предприятие, одним из направлений деятельности которого был выпуск сейсмоприемников для полевой геофизики в СССР.

Производство сейсмоприемников в больших масштабах началось в конце 60-х годов и продолжалось практически до 1991 года. Основной моделью выпускаемого сейсмоприемника был СВ-20П, который на тот момент вполне устраивал геофизиков, работавших в основном на станциях типа «ПРОГРЕСС». Конструкция СВ-20П отличалась хорошей технологичностью. Внешний магнитопровод одновременно служил и корпусом, штырь для установки в грунт и крышка сейсмоприемника изготавливались литьем под давлением из алюминиевого сплава. Широко применялись различные станки-автоматы, ленточные машины и робототехнические комплексы.

Совершенно другая картина была в обеспечении надежности работы сейсмоприемника и контроля электрических характеристик.

«Сердце» сейсмоприемника — упругие элементы, так называемые ирисовые пружины, изготавливались методом штамповки на прецизионных беззазорных штампах, что все же не исключало наличие микрзаусенцев, сильно влиявших на упругие характеристики пружины. Микротрещины, возникающие при штамповке, резко снижали живучесть пружин в процессе эксплуатации из-за возникновения усталостного излома.

Из электрических параметров корректно обеспечивалась только собственная частота, которая регулировалась в процессе настройки с помощью специальной трехлучевой конструкции шайбы. Поворотом этой шайбы изменялась длина рабочей части лучей ирисовой пружины и, как следствие, ее жесткость и собственная частота сейсмоприемника.

Контроль частоты осуществлялся при помощи осциллографа и генератора синусоидальных колебаний по фигурам Лиссажу. Демпфирование также контролировалось по осциллографу, вернее фиксировался факт соответствия материалов, из которых изготовлен каркас катушки и магнитопровод, требованиям технической документации.

Проверка таких, по нынешним временам, важнейших показателей как чувствительность и нелинейные искажения производилась только при проведении периодических испытаний.

Достоинством этого сейсмоприемника можно считать его ремонтпригодность. Прибор

разрешалось разбирать в условиях геофизических партий, заменять упругие элементы, которые в основном выходили из строя, катушку и вновь проверять и регулировать собственную частоту с помощью относительно несложного оборудования.

Поставлялись сейсмоприемники потребителю «россыпью». Каждая геофизическая партия самостоятельно собирала группы собственной конфигурации, соединяя сейсмоприемники при помощи одножильного провода ГСП 0,35 черного цвета, за что геофизики называли группы «пауками». В геофизических партиях все это требовало значительного персонала для ремонта сейсмоприемников и сборки и ремонта «пауков».

В 88-89 годах на заводе «Геофизприбор» была предпринята попытка освоить новый сейсмоприемник СВ2-20ЦМ, с применением новой технологии изготовления пружин методом травления и с новой двухсекционной конструкцией катушки. Планировалось обеспечивать стабильные и одинаковые характеристики пружин с целью получения постоянной собственной частоты прибора без дополнительной регулировки. Однако из-за отсутствия на то время в СССР материала для изготовления упругих элементов (бериллиевая лента) с очень жесткими допусками на толщину, подгонка упругих характеристик осуществлялась методом подтачивания поверхностного слоя пружин. Это приводило к снятию верхнего нагартованного слоя материала, образованию шероховатости, что в конечном итоге резко снижало живучесть сейсмоприемника. Проблемы по обеспечению нормированной чувствительности и демпфирования оставались теми же, что и у СВ-20П. Так или иначе, работы по освоению СВ2-20ЦМ были свернуты.

Настоящим прорывом в технологии изготовления и повышения качества сейсмоприемников необходимо считать освоение на организованном в 1990 году совместном предприятии сейсмоприемника GS-20DX. Принципиальное отличие в технологии изготовления и конструкции заключалось в следующих моментах:

- для изготовления всех входящих деталей применены высокоточные станки с числовым программным управлением, позволяющие изготавливать детали с отклонением не более 0,025 мм;

- для изготовления каркаса катушки применен высокопрочный алюминиевый сплав с нормируемым параметром по электрической проводимости в условиях поставки;

- после механической обработки каркасы катушек дополнительно неоднократно термообрабатываются, и проводимость каждого каркаса контролируется на компьютеризованном робототехническом комплексе, что позволяет обеспечить требуемое затухание катушки в магнитном зазоре сейсмоприемника;

- освоена технология изготовления упругих

И СНОВА О СЕЙСМОПРИЕМНИКАХ...
ПРОМЫСЛОВОЕ

элементов методом травления с обеспечением высокой точности геометрических размеров и их термообработки в соляных ваннах при строго определенной температуре.

Каждый упругий элемент проверяется на компьютерной установке по механическим характеристикам (жесткость и усилие), данные заносятся в банк данных.

Для намотки катушки сейсмоприемника применен провод с жесткими требованиями по погонному омическому сопротивлению, что обеспечивает стабильность общего сопротивления геофона с малым допуском.

100% катушек после намотки подвергаются взвешиванию с точностью 0,01 г и комплектуются в группы по весу с интервалом 0,05 г.

Для обеспечения собственной частоты сейсмоприемника с заданным допуском на компьютере по специальной программе под катушки каждой весовой группы подбирается из банка данных конкретная пара с определенными характеристиками верхнего и нижнего упругого элемента:

- намагничивание геофона осуществляется на компьютеризованной установке, причем сначала идет намагничивание до насыщения магнитной системы и затем ступенчатое размагничивание с контролем: частоты, демпфирования, чувствительности — до обеспечения оптимальных значений этих параметров; в результате рабочая точка работы геофона находится на пологой части петли гистерезиса магнита, что обеспечивает стабильность чувствительности и демпфирования по времени (для справки — сейсмоприемник СВ-20П намагничивался до насыщения без дополнительного размагничивания, в результате чего со временем происходило снижение магнитного потока в зазоре и, как следствие, снижение демпфирования и повышение чувствительности);

- после намагничивания и предварительного контроля параметров еще окончательно несобранный сейсмоприемник проверяется на автоматизированной тестирующей станции.

Годные приборы направляются на окончательную сборку. После окончательной сборки геофоны повторно проверяются автоматизированной тестирующей станцией с регистрацией всех параметров.

В процессе эксплуатации, как и в процессе испытаний, ударную нагрузку воспринимают упругие элементы сейсмоприемника, причем направление удара носит хаотичный характер, поэтому к стабильности механических характеристик предъявляются особо жесткие требования.

На Рис.1, где дана упругая характеристика пружины сейсмоприемника, точка 1 по оси перемещений соответствует положению, когда внутреннее и наружное кольцо упругого элемента находятся в одной плоскости и характеристика имеет линейный характер (участок «а-в»), что соответствует рабочей точке сейсмоприемника.

Частота в данном случае определяется жесткостью пружины или тангенсом угла касательной в точке «е», нелинейные искажения в точке «с» имеют минимальные значения. При эксплуатации сейсмоприемника происходит проседание пружины, и рабочая точка смещается на участок «о-а». В результате увеличения жесткости происходит увеличение собственной частоты и, за счет нелинейного участка характе-

ристики, — увеличение нелинейных искажений.

Величина смещения рабочей точки оценивается изменением параметра «центровка», который определяет смещение поперечной оси катушки относительно поперечной оси магнитной системы и измеряется в тысячных долях дюйма. Изначально в процессе производства закладывается несколько завышенное значение центровки, т.е. выбирается участок «с-в» характеристики с тем, чтобы в процессе эксплуатации рабочая точка оставалась на линейном участке «а-в».

Величина ухода центровки в большей степени, наряду с качеством материала и термообработкой, зависит от конструкции упругого элемента, от конфигурации лучей ирисовой пружины. Лучи при работе находятся в сложно напряженном состоянии, что неизбежно вызывает со временем остаточные деформации и смещение рабочей точки.

В результате длительной и кропотливой работы сотрудников фирмы ОИО ГеоСпейс были разработаны новые модели сейсмоприемников GS-30CT и GS-32CT с конструктивными изменениями, как упругих элементов, так и конструкции в целом, направленных на обеспечение стабильности характеристик пружин. Это в первую очередь коснулось конструкции упругих элементов и их фиксации в каркасе катушки. Очень важным моментом в работе упругих элементов является качество крепления наружного кольца в конструкции GS-30CT, GS-32CT. Если в сейсмоприемнике GS-20DX наружное и внутреннее кольцо упругого элемента в каркасе

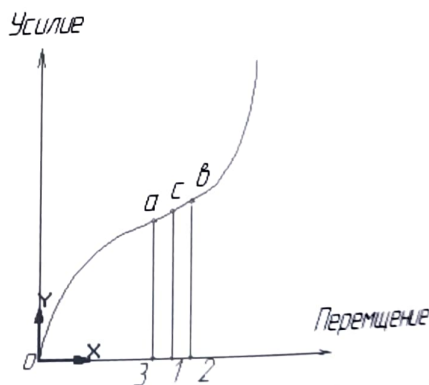
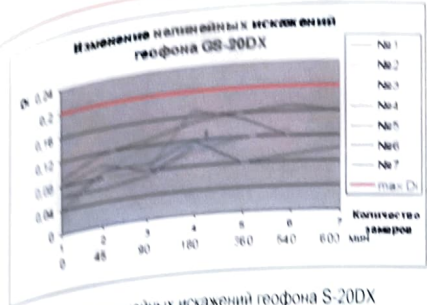
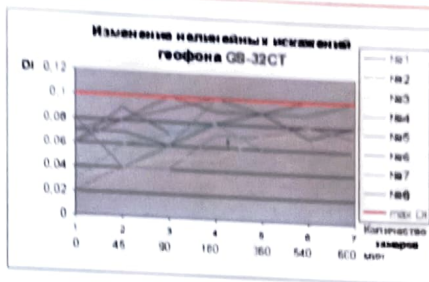


Рис. 1. Упругая характеристика пружины

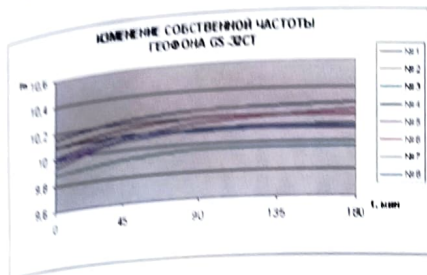
катушки не зафиксировано и имеет возможность перемещаться в пределах допусков на изготовление, то в сейсмоприемниках GS-30CT, GS-32CT наружное кольцо зафиксировано специальным стопорным проволоочным кольцом и опорной шайбой. В результате этих мероприятий существенно повысилась качество и стабильность параметров сейсмоприемников. В первую очередь это собственная частота и коэффициент нелинейных искажений. Изменение центровки после испытаний для сейсмоприемников GS-30CT, GS-32CT существенно ниже по сравнению GS-20DX и, следовательно, изменение собственной частоты и нелинейных искажений в процессе эксплуатации значительно ниже. Графики изменений параметров во времени приведены на Рис.2.



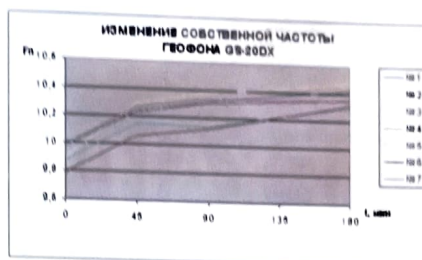
Изменение нелинейных искажений геофона S-20DX



Изменение нелинейных искажений геофона S-32CT



Изменение собственной частоты GS-32CT



Изменение собственной частоты GS-20DX

Рис. 2.

Направляется вывод, что можно достичь параметров GS-30CT, GS-32CT путем простого отбора сейсмоприемника GS-20DX с минимальными отклонениями параметров от номинального значения, но, однако, изменение центровки в процессе эксплуатации делает такой отбор полностью нерентабельным — конструкция пружины не позволяет достичь желаемого эффекта.

Дальнейшее повышение качества электродинамических сейсмоприемников в части надежности и точности параметров следует видеть в совершенствовании конструкции упругих элементов, качестве исходных материалов для изготовления входящих деталей и, естественно, в совершенствовании технологий.

Для освоения природных богатств северо-восточных районов России «ОЮ-ГЕО Импульс» предлагает:

Учитывая климатические и рельефные условия (горы, леса, озера и др.), требующие иного подхода при проведении разведочных работ, мы освоили и предлагаем заказчикам целое семейство геофонов в болотных корпусах, а именно:

- группы геофонов различных схем;
- 1, 2-х, 3-х и 6 геофонные болотные корпуса, снабженные разъемами типа КСК, LCK с позолоченными контактами, а также традиционными разъемами типа KCL-4 FA.

Поскольку в этих районах разворачиваются нефтеразведочные работы, мы освоили и выпускаем скважинные многоканальные косы с блоками датчиков с прижимным устройством, с вертикальным геофоном (однокомпонентные), двухкомпонентные (вертикальные и горизонтальные датчики и трехкомпонентные X,Y,Z)

тные X,Y,Z)

Эти косы предназначены для исследования ВЧР и проведения ВСП в разведочных скважинах глубиной до 150м. В трехкомпонентной косе все компоненты ориентированы одинаково.

Скважинные косы используются также в инженерных целях, а также специалистами МЧС.

Учитывая рельеф местности, нетрудно предположить, что в этих районах не будут широко использоваться многоканальные системы I/O и Sercel-388. Упор делается на более легкие и подвижные, но с меньшим количеством каналов типа Sercel-408, 428 UL, Fairfield и Aram-Aries. Мы готовы в своем кабельном производстве освоить телеметрические кабели и косы для этих систем.