

Новая отечественная модель электрогидравлического вибрационного источника сейсмических сигналов СВ-30/150БМ «Русич»

- Асан-Джалалов О.А., Алелюхин Р.Н., Оменцов Ф.И., Насыбулин Е.Х., ЗАО "ГЕОСВИП", г. Москва
- Панов Р.С., ОАО "Росгеология", г. Москва
- Каспаров О.С., Хлебников П.А., Роснедра, г. Москва
- Костюченко С.Л., Сулейманов А.К., ОАО "Росгеология"- ОАО "ВНИИГеофизика", г. Москва

В 2008 году ЗАО "Геосвип" изготовило и провело приемочные испытания опытного образца колесного электрогидравлического вибрационного источника сейсмических сигналов СВ-30/150Б "Русич". С тех пор было произведено 15 единиц техники этого типа, из которых 14 экземпляров переданы заказчикам и используются при производстве сейсморазведочных работ на нефть и газ.

Источник СВ-30/150Б является самым мощным из линейки выпускаемых ЗАО "Геосвип" отечественных колесных вибраторов. Его пиковое толкающее усилие составляет 300,6 кН (30,65 тс). Вибратор собран на шарнирно-сочлененном шасси типа "багги" и оснащается различными, по выбору заказчика, типами шин: узкими, обеспечивающими дорожный габарит до 2,5 м по ширине, а также специальными широкими шинами для эксплуатации в условиях бездорожья, заболоченности или песчаной местности. На вибраторах устанавливается как система "винтеризации", обеспечивающая работу в холодных климатических зонах при температурах окружаю-

щего воздуха до -40°C, так и система кондиционирования для работы в условиях жаркого климата.

Источники СВ-30/150Б работают в самых различных районах России: от Краснодарского края до Республики Саха (Якутия). При этом, они хорошо зарекомендовали себя как в условиях зимнего, так и летнего сезонов.

Современный геофизический рынок активно развивается и постоянно предъявляет к вибрационным источникам все более жесткие требования, в первую очередь, к качеству излучаемого сигнала, расширению его частотного диапазона, увеличению надежности вибратора, снижению затрат на его эксплуатацию и т.д. Все более высокие требования предъявляются к вибраторам с экологической точки зрения. В связи с этим, в 2013 г. ЗАО "Геосвип" провело модернизацию источника СВ-30/150Б.

Обновленная версия получила обозначение СВ-30/150БМ (рис. 1). Внесенные изменения в конструкцию вибратора и их содержание приводятся ниже.



◀ Рис. 1. Модернизированная отечественная модель электрогидравлического вибрационного источника сейсмических сигналов СВ-30/150БМ «Русич».

В последнее время наблюдается тенденция к использованию свип-сигналов, расширенных в область низких частот, что обеспечивает увеличение глубинности сейсморазведки при сохранении качества получаемых материалов во всем диапазоне исследований. К основной проблеме при расширении рабочего частотного диапазона вибратора относятся ограничения пикового усилия вибрационного источника в области низких частот. В начале частотного диапазона усилие ограничивается максимально возможным конструктивным перемещением реактивной массы. При фиксированной амплитуде перемещения массы усилие нарастает пропорционально квадрату частоты до достижения следующего ограничения:

$$F_{pm} = h_{max} \cdot M_{pm} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2$$

где F_{pm} - пиковое усилие, h_{max} - максимально возможная амплитуда перемещения реактивной массы, M_{pm} - масса реактивной массы, f - частота колебаний массы.

Для СВ-30/150Б выход на максимальное усилие происходит на частоте около 6 Гц. Конструктивное увеличение хода реактивной массы может увеличить эффективность работы вибратора на низких частотах, однако при этом его частотный диапазон сузится в области высоких частот. Увеличение хода требует увеличения объема полостей гидроцилиндра возбуждителя вибрации и, как следствие, приводит к снижению гидравлической жесткости. Возникает необходимость увеличения расхода жидкости на сжатие на высоких частотах. Кроме того, с частоты, близкой к 4 Гц, появляется ограничение усилия по максимальному расходу гидравлической жидкости насосной установки. При постоянной производительности насосной установки

усилие нарастает пропорционально частоте до достижения максимального уровня:

$$F_{pm} = \frac{Q_{ny} \cdot M_{pm} \cdot 2 \cdot \pi}{S_n} f$$

где Q_{ny} - максимальная производительность насосной установки, S_n - площадь плунжера возбуждителя вибрации.

Для СВ-30/150Б выход на максимальное усилие происходит на частоте около 13,5 Гц.

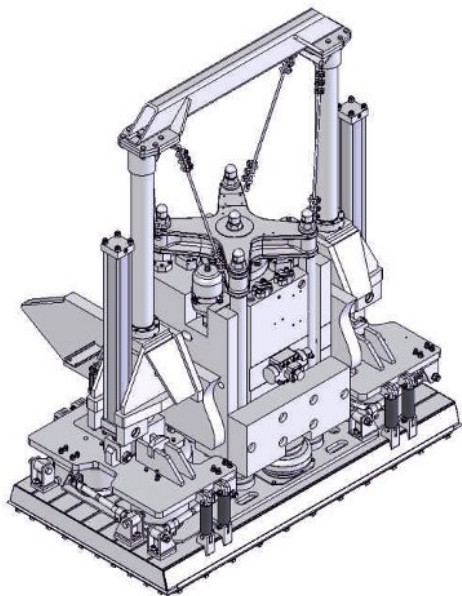
Наиболее эффективным средством расширения частотного диапазона вибратора в область низких частот является увеличение величины реактивной массы. На модернизированном источнике СВ-30/150БМ она увеличена по отношению к базовой модели на 890 кг и составила 4688 кг.

Для улучшения качества выходного сигнала вибратора на реактивной массе дополнительно установлены два пневмогидроаккумулятора (ПГА). Они размещены в каналах высокого и низкого давления, подводящих рабочую жидкость к сервоклапану, причем в непосредственной близости к нему. Оба ПГА выполнены с эластичной диафрагмой и имеют объем по 4 л. ПГА сглаживают пульсации в линиях высокого и низкого давления, а также в полостях гидроцилиндра возбуждителя вибрации. Это сглаживание значительно снижает нелинейные искажения сигнала толкающего усилия, особенно на низких частотах. Кроме того, ПГА высокого давления обеспечивает дополнительный расход гидравлической жидкости через сервоклапан в начале свипа, когда он особенно необходим. Описанные факторы снижают нижнюю границу частотного диапазона работы вибратора. За счет снижения пульсаций давления снижается нагрузка на рукава высокого и низкого давления, питающие сервоклапан. Как следствие,

значительно уменьшаются колебания этих рукавов во время свипа, особенно на низких частотах, что увеличивает срок их службы.

Ещё одним из внесенных конструктивных изменений возбуждителя вибрации является отсутствие нижней крестовины. Теперь её функцию выполняет усиленная опорная плита. Такое решение уменьшает высоту возбуждителя вибрации в целом и снижает его центр тяжести относительно опорной плиты. В результате снижается уровень паразитных поперечных колебаний возбуждителя вибрации, которые возникают при установке плиты на неровный грунт. Отсутствие нижней крестовины уменьшает количество стыков в конструкции крепления гидроцилиндра возбуждителя вибраций, что снижает вероятность их "раскрытия" при вибрации.

В целом, модернизированный возбуждатель вибрации получился более технологичным и надежным. Новая конструкция возбуждителя вибрации источника СВ-30/150БМ показана на рис. 2. В таблице приведены сравнительные характеристики СВ-30/150БМ и СВ-30/150Б.



▲ Рис. 2. Возбуждатель вибрации источника СВ-30/150БМ, принципиальная схема.

Повышение надежности вибрационных источников в значительной мере зависит от состояния комплектующих изделий. В предыдущих моделях ОАО «Геосвип» устанавливали раздаточные редукторы насосной установки и коробки передач транспортной базы собственной разработки, которые производились на заводах Санкт-Петербурга в ограниченном количестве. «Штучный» характер производства негативно отражался на поддержании высокого уровня надежности, являлся трудновыполнимым и дорогостоящим. При модернизации источника СВ-30/150Б подобраны и установлены серийно выпускаемые раздаточные редукторы АМ-365В фирмы HANSA-TMP и коробки передач C152.2 фирмы OMCI Transmission (Италия) (рис. 3). Они прошли полный цикл испытаний и показали высокую надежность при значительно более низком уровне шума и меньшем нагреве при работе.

В связи с ужесточением экологических требований к самоходным машинам возник вопрос о невозможности в дальнейшем использовать в качестве приводного двигателя насосной установки дизель ЯМЗ-7511, как не отвечающий новым международным стандартам. Этот достаточно надежный, ремонтно-пригодный и экономичный двигатель по экологическим нормативам соответствует уровню Евро-2. На источнике СВ-30/150БМ установлен самый современный двигатель российского производства ЯМЗ-650.10 (см. рис. 3), который выпускается "Группой ГАЗ" по лицензии французской компании Renault Trucks. Этот рядный шестицилиндровый двигатель с непосредственным впрыском топлива и электронным блоком управления имеет мощность 412 л.с., что на 12 л.с. больше, чем у ЯМЗ-7511. Новый двигатель показал высокий уровень

Технические характеристики	СВ-30/150Б	СВ-30/150БМ
Полная масса, кг.	32060	32950
Максимальное толкающее усилие, kN	300,6	300,6
Усилие прижима, kN	297,2	306,1
Реактивная масса, кг.	3 798	4 688
Масса опорной плиты, кг.	1 936	1 890
Амплитуда перемещения массы, мм: по ходу гидроцилиндра по упорам	88 76	88 76
Давление, Мпа в напорной линии в сливе	21 1,4	21 1,4
Площадь опорной плиты, м ²	2,5	2,5
Насос	DENISON P 14P	DENISON P 14P
Двигатель	ЯМЗ-7511, 400 л.с. Евро-2	ЯМЗ-650.10, 412 л.с. Евро-3
Габариты	9,9 x 2,5 x 3,7 м	9,9 x 2,5 x 3,7 м
Температурный диапазон, °С	-40 ... +40	-40...+40
ПГА на реактивной массе	-	2 шт. по 4 л.



▲ Рис. 3. Серийно выпускаемый раздаточный редуктор АМ-365В фирмы HANSA-TMP (А), коробка передач С152.2 фирмы OMCI Transmission (Италия) (В) и двигатель ЯМЗ-650.10, (С) установленные на модернизированный виброисточник СВ-30/150БМ «Русич».

надежности при меньшем уровне производимого шума и обеспечивает большую стабильность работы при максимальной снимаемой мощности.

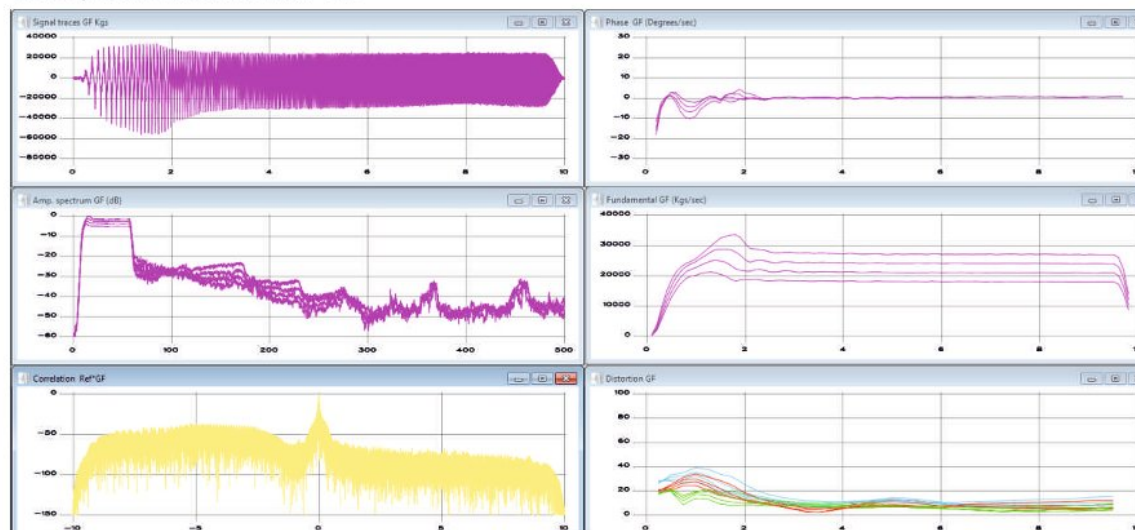
Новый двигатель соответствует стандарту Евро-3 с перспективой доведения до Евро-4. По желанию заказчика на вибратор СВ-30/150БМ может быть установлен любой из указанных двигателей.

Испытания опытного образца модернизированного вибрационного источника СВ-30/150БМ "Русич" были проведены в марте-апреле 2014 г. Для оценки влияния изменений, внесенных в конструк-

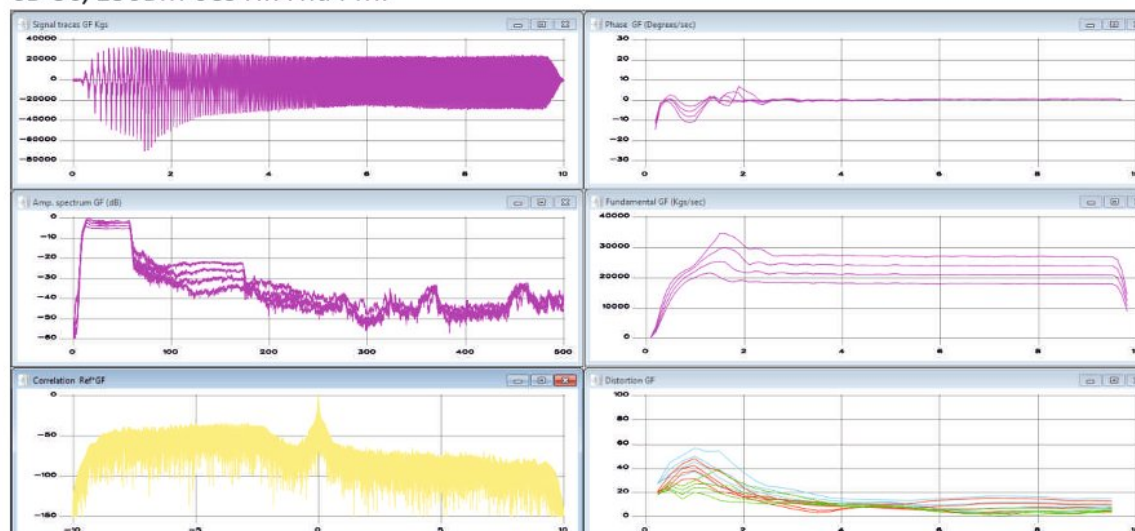
цию источника, испытания проводились как с подключенными дополнительными пневмогидроаккумуляторами, так и без них. Характеристики новой модели СВ-30/150БМ сравнивались с характеристиками базового виброисточника СВ-30/150Б (рис. 4). Характеристики СВ-30/150БМ приведены с дополнительными ПГА на реактивной массе (РМ) и без них. Диапазон свипа составил 6-60 Гц, длительность - 10 с., усилие (%) - 60, 70, 80, 90 от усилия прижима.

Полученные характеристики показывают, что внесенные конструктивные изменения расширили частотный диапа-

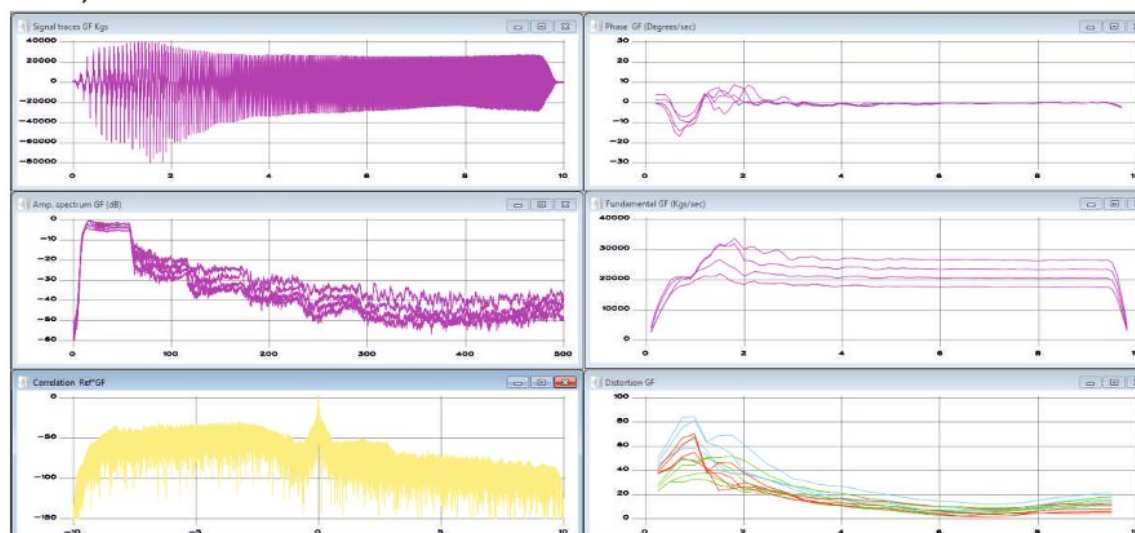
CB-30/150БМ с ПГА на РМ.



CB-30/150БМ без ПГА на РМ.



CB-30/150Б



▲ Рис. 4. Характеристики CB-30/150БМ с дополнительными ПГА на РМ и без ПГА в сравнении с характеристиками CB-30/150Б. Свип 6-60 Гц, длительность 10 с., усилие (%) - 60, 70, 80, 90 от усилия прижима.

зон вибратора в области низких частот. Графики амплитуды основной гармоники усилия на грунт и его нелинейные искажения в начале развертки 6-60 Гц, 10 с свидетельствуют, что при увеличенной реактивной массе без установки ПГА на РМ время нарастания усилия до номинального снижается на 0.15-0.2 с (рис. 5). Происходит это вследствие более быстрого выхода из ограничения по расходу насосной установки. При установке ПГА обеспечивается дополнительный расход гидравлического масла в начале свипа и уменьшение нелинейных искажений, что дает сокращение времени нарастания усилия еще на 0.1-0.5 мс. В итоге, по

сравнению с источником СВ-30/150Б наблюдается расширение частотного диапазона в область низких частот на 2.5 Гц. За счет сглаживания ускорения более массивной реактивной массой и сглаживания пульсаций давления в полостях гидроцилиндра дополнительными ПГА, пиковые значения нелинейных искажений снизились на 40%. Качество излучения на высоких частотах не ухудшилось и частотный диапазон в области высоких частот не сократился. Характеристики источника СВ-30/150БМ при свипе 5-250 Гц длительностью 10 с и усилием 90% от усилия прижима приведены на рис. 6.

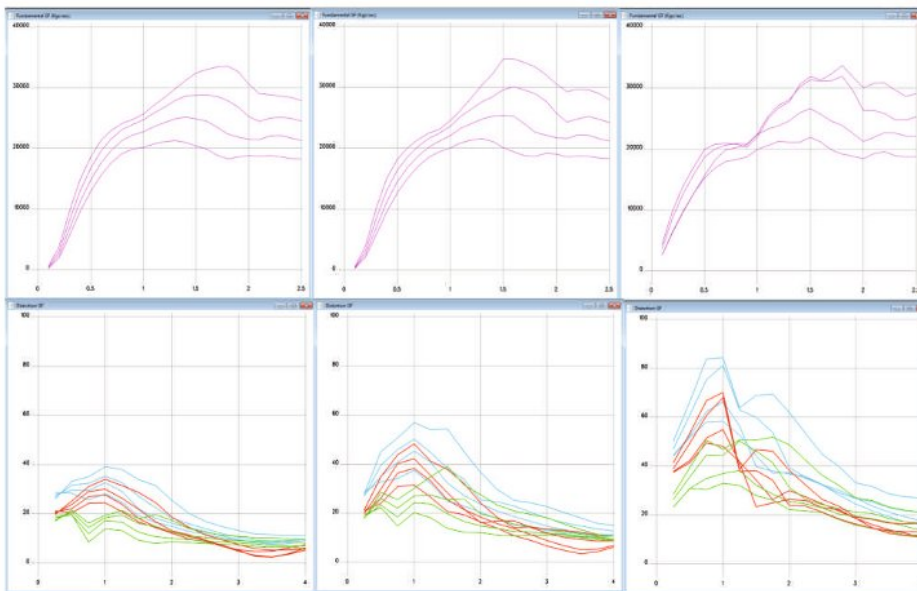
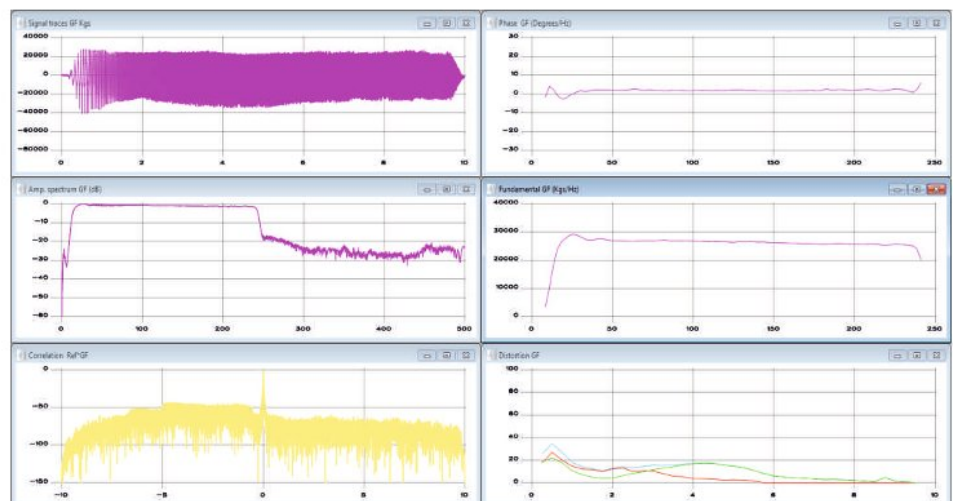
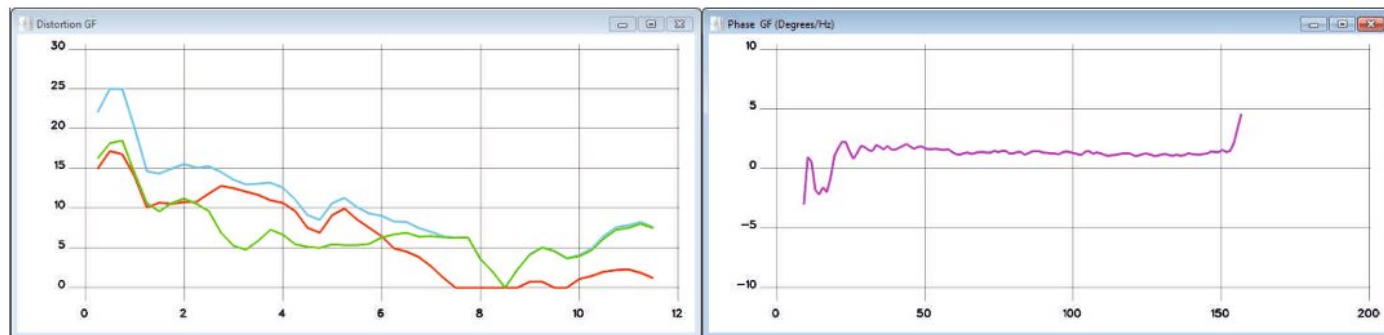


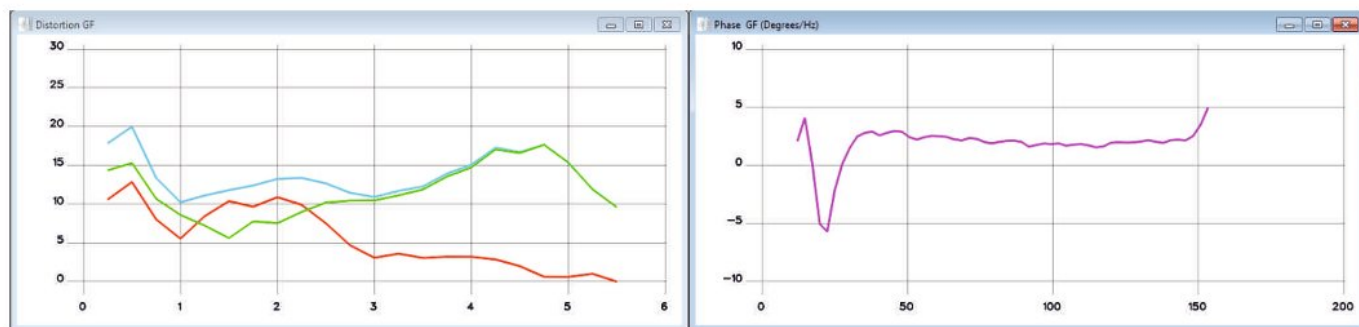
Рис. 5. Графики амплитуды основной гармоники усилия на грунт и его нелинейные искажения в начале развертки 6-60 Гц, 10 с для СВ-30/150БМ с дополнительными ПГА на РМ и без ПГА в сравнении с характеристиками СВ-30/150Б.

Рис. 6. Характеристики источника СВ-30/150БМ при свипе 5-250 Гц, 10 с и усилием 90% от усилия прижима.





ServoDoctor2 (Atlas Fluid Controls, США)



ServoDoctor (Pelton)

▲ Рис. 7. Характеристики испытаний устройства ServoDoctor2 (Atlas Fluid Controls, США) и ServoDoctor (Pelton) на грунте средней жесткости.

На СВ-30/150БМ впервые в России было испытано устройство ServoDoctor2, запатентованное компанией Atlas Fluid Controls (США), являющееся развитием ServoDoctor (Pelton). Это устройство представляет собой плиту с дросселями, устанавливаемую между управляющим и распределительным каскадами сервоклапана, а также специально доработанный золотник распределительного каскада. Служит оно для улучшения качества излучаемого сигнала и уменьшения его нелинейных искажений на жестких грунтах (например, скальные грунты, вечная мерзлота). Были испытаны оба устройства на грунте средней жесткости. Полученные графики нелинейных искажений и фазы усилия на грунт свидетельствуют в пользу версии ServoDoctor2 (рис. 7). Все типы вибраторов, в настоящее время выпускаемые ЗАО "Геосвип", а также отдельно прода-

ваемые сервоклапаны, могут комплектоваться устройством ServoDoctor2 по требованию заказчика.

Проведенные испытания в целом показали, что модернизированный отечественный электрогидравлический вибрационный источник сейсмических сигналов СВ-30/150БМ «Русич» соответствует международным требованиям и по своим конструктивным и производственным параметрам превосходит более ранние агрегаты. Его использование при сейсморазведочных работах МОВ-ОГТ на нефть и газ должно повысить эффективность полевых наблюдений, расширить диапазон и качество геологических результатов. Серийное производство источников СВ-30/150БМ может составлять 20 единиц техники в год.