

Сейсмический источник на основе падающего груза: новая версия-новый результат

Бевзенко Ю.П., ЗАО «Герус», Шулик С.И., ОАО НПФ «Сейсмические технологии», г.Тюмень

Сейсмические источники на основе падающего груза привлекают своей простотой и надежностью, однако им свойственны два основных недостатка, в равной степени ограничивающие их применение в сейсморазведке, это: возбуждение преимущественно низкочастотных компонент спектра сейсмических колебаний и сложное решение задачи синхронизации воздействий для накопления сигналов и группирования источников.

Впервые результаты исследования возможности регулирования и смещения в области высоких частот спектра импульсов, возбуждаемых падающим грузом, были опубликованы в 1974 году [1].

Регулирование спектра было осуществлено сбрасыванием с высоты 3 м диска массой 7 кг, имевшего с одной стороны площадь контакта с грунтом $20,25 \text{ см}^2$, с другой - 225 см^2 . В данном эксперименте удельная статическая нагрузка на грунт, определяемая делением массы груза на площадь поверхности соударения изменилась в 11 раз, от 346 г/см^2 до 31 г/см^2 , при этом амплитуда колебаний в области частоты 90 Гц увеличилась в 4 раза, что соответствует 16 кратному увеличению энергии сейсмических колебаний в этой частотной области. В области частоты 30 Гц произошло увеличение амплитуды на 33%, что соответствует увеличению энергии импульса 61,8 раза.

В 1975 году были выполнены эксперименты с образцами сбрасываемых с высоты 0,5 – 2,5 м 4-х ударных плит массой от 1,3 до 2,25 кг с изменением площади соударения так, чтобы изменялась удельная статическая нагрузка от 65 г/см^2 до 434 г/см^2 . Эксперименты в полной мере подтвердили версию о том, что доля высокочастотных компонент возбуждаемого сигнала существенно увеличивается при уменьшении удельной статической нагрузки на грунт со стороны возбуждаемого колебания жесткого ударного блока; кроме того было установлено, что при малых удельных статических нагрузках на не мерзлый грунт, ускорение ударного блока в процессе удара достигает, в среднем, $100g$, т.е. 981 м/с^2 .

Основной вывод из выполненных экспериментов состоял в необходимости согласования площади соударения с массой и скоростью движения ударного элемента, следствием чего является необходимость увеличения площади соударения при увеличении энергии удара падающего груза.

Последнее условие вступает в противоречие с тем, что при увеличении поверхности соударения увеличивается амплитуда неровностей поверхности грунта и соударение происходит лишь в области локальных возвышенностей. Это приводит к смещению спектра возбуждаемых колебаний в область низких частот. Последнее противоречие было преодолено изобретением деформиру-

емых ударных блоков, постоянно адаптирующихся к изменениям формы поверхности соударения как в результате перемещения на новый пункт возбуждения, так и вследствие неодинаковой остаточной деформации отдельных участков площади соударения при повторении ударов на одном и том же пункте возбуждения [3, 4].

С использованием указанных выше изобретений был создан макет сейсмического источника для зимних работ в условиях Крайнего Севера с массой ударной части 350 кг и высотой падения 2 м. Проведены его сравнительные испытания с электродинамическим источником типа «Геотон» [5], состоящим из двух модулей с максимальным усилием, развиваемым электромагнитом каждого модуля 35 тонн и зазором между полюсами 0,005 м.

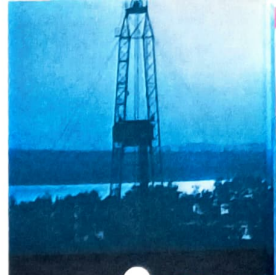
Параметры сопоставляемых источников и источника, проектируемого для работы летом и зимой в средней и южной климатических зонах (колесный вариант), приведены в табл. 1.

На рис. 1 показаны сейсмограммы, полученные при возбуждении источниками двух типов, а в табл. 2 приведены оценки сейсмических параметров и их соотношений для соответствующих воздействий источниками двух типов.

Из оценки соотношений сейсмических параметров (табл. 2а) следует, что эффективность установки типа «падающий груз», определяемая произведением ширины спектра на отношение сигнал/помеха (строки 5.6) при одиночных воздействиях практически в 2 раза выше, чем

Таблица 1. Параметры источников сейсмических волн

Типы источников	Геотон – 2 модуля	Макет источника «падающий груз» (санный вариант)	Проект источника «падающий груз» (колесный вариант)
Значение параметров			
Общая масса источников, т	5,5	2,0	1,0
Масса ударной части, т	1,7	0,35	0,35
Потребляемая мощность привода, кВт	1,5	3-5	3-5
Среднее значение ускорения ударного элемента в процессе удара, м/с^2	20,59	981	981
Энергия, затрачиваемая в процессе одного воздействия, кДж	3,44	6,87	6,87
Отношение энергии затрачиваемой на одно воздействие к общей массе установки, кДж/т	0,625	3,435	6,87
Количество ударов для получения сопоставимых волновых полей	8	1	1



ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

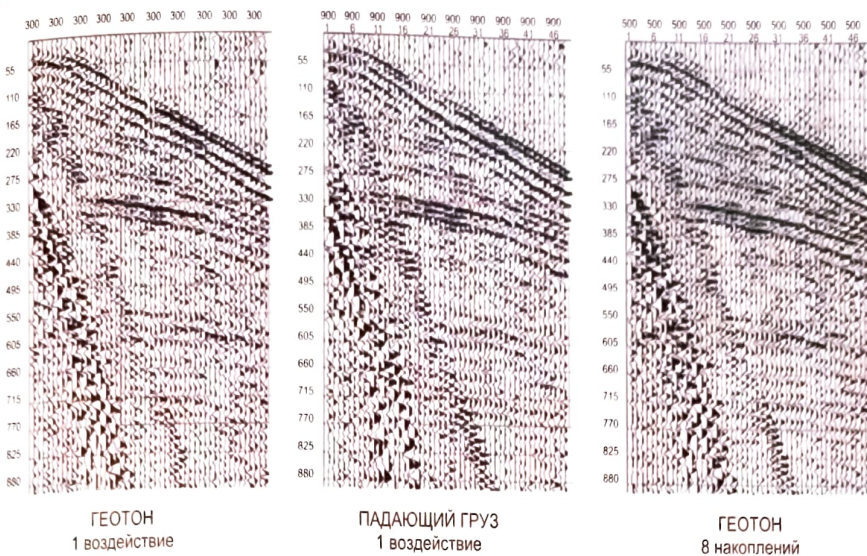


Рис.1. Сейсмограммы от источников Геотон и Падающий груз

Таблица 2а. После нормирования и выравнивания спектра в диапазоне 10-80 Гц

№	Отношение параметров Параметры	Геотон/ Падающий груз				
		Последовательные номера воздействий			Среднее знач. 3-х воздействий	Геотон- 8 накоп. Пад. Груз - 1 воздействие
		1	4	7		
1	Частота максимума спектра, Гц.	35,2/35,2=1,0	35,2/35,2=1,0	35,2/35,2=1,0	35,2/35,2=1,0	35,2/35,2=1,0
2	Преобладающая частота, Гц.	54,1/52,5=1,03	54,6/54,5=1,00	53,7/54,3=0,99	54,1/53,8=1,01	54,8/53,2=1,03
3	Эффективная ширина спектра, (ЭШС), Гц.	33,8/31,4=1,08	33,6/32,9=1,02	32,1/32,4=0,99	33,2/32,2=1,03	32,3/32,0=1,01
4	Энергетическое отношение сигнал/помеха (ЭОСП)	4,93/6,33=0,78	5,74/7,43=0,77	5,65/6,93=0,82	5,44/6,90=0,79	7,05/7,23=0,98
5	ЭШС*ЭОСП	0.842	0.785	0.812	0.814	0.990
6	1/ЭШС*ЭОСП				1.23	1.01

Таблица 2б. После нормирования, без выравнивания частотного спектра

№	Отношение параметров Параметры	Геотон/ Падающий груз				
		Последовательные номера воздействий			Среднее знач. 3-х воздействий	Геотон- 8 накоп. Пад. Груз - 1 воздействие
		1	4	7		
1	Частота максимума спектра, Гц.	41,0/35,2=1,16	42,0/35,2=1,19	42,0/35,2=1,19	41,7/35,2=1,18	42,0/35,2=1,19
2	Преобладающая частота, Гц.	62,2/43,2=1,44	57,8/48,6=1,19	56,3/47,4=1,19	58,8/46,4=1,27	54,0/49,0=1,10
3	Эффективная ширина спектра, (ЭШС), Гц.	22,8/15,7=1,45	17,9/15,1=1,19	16,9/14,8=1,14	19,2/15,2=1,26	18,5/15,2=1,22
4	Энергетическое отношение сигнал/помеха (ЭОСП)	1,94/6,50=0,30	2,96/6,66=0,44	2,95/6,37=0,46	2,62/6,51=0,40	3,83/6,78=0,56
5	ЭШС*ЭОСП	0,435	0,524	0,524	0,504	0,683
6	1/ЭШС*ЭОСП				1,98	1,46

соответствующая «эффективность» двух модулей источника типа «Геотон».

После выравнивания частотного спектра в диапазоне 10-80 Гц, соответствующий показатель «эффективности» установки типа «падающий груз» составляет 1,23 (табл. 26, строки 5,6).

Сопоставление сейсмического эффекта от возбуждения двумя источниками типа «ГЕОТОН» (общая масса источников - 5,5 тонн) и источника на основе падающего груза (общая масса источника - 2 тонны).

Полученные экспериментальные соотношения сейсмической «эффективности» источников двух типов можно попытаться объяснить соотношением энергетическим в сопоставляемых источниках в процессе возбуждения сейсмических импульсов.

В источнике «Геотон» силовое воздействие на грунт осуществляется в процессе притягивания пригруза массой 1,7 т электромагнитом с усилением 35 т при начальном зазоре между полюсами 0,005 м.

В этом случае ускорение, с которым притягивается пригруз, составляет для одного модуля 20,59 м/с² ($35 \cdot 1,7 = 20,59$), а работа или энергия, затрачиваемая на производство одного импульса одним модулем, составляет 1,72 кДж ($1,7 \cdot 20,59 \cdot 0,005$).

Энергия, затрачиваемая в двух модулях, составляет 3,44 кДж.

В источнике «Падающий груз» энергия груза массой 0,35 т, падающего с высоты 2 м, под действием ускорения силы тяжести (g) составляет 0,87 кДж ($0,35 \cdot 9,81 \cdot 2$), т.е. в 2 раза больше, чем в источнике «Геотон», что подтверждается данными строк 5,6 табл. 2а.

Поскольку, как видно из строк 1,2,3 табл. 26, частотный диапазон импульса источника «Геотон» выше, чем импульс источника «Падающий груз», то после выравнивания спектров в диапазоне 10 - 80 Гц, «эффективность» последнего снизилась и составила 23% по отношению к «эффективности» двух модулей источника «Геотон».

Чтобы двумя модулями источника «Геотон» возбудить поле эквивалентное полю одного удара источника «Падающий груз», необходимо произвести накопление 8 ударов.

Таким образом, экспериментально доказано,

что источник типа «Падающий груз» может генерировать импульсы сопоставимые по частотному диапазону с импульсами источника «Геотон», но при этом в 5-10 раз более высоким соотношении энергии импульса к общей массе установки.

Синхронизация накапливаемых воздействии одного источника в реальном времени несложно решается программными средствами системы ССВ и сейсмостанции. Что же касается группирования, то здесь наша стратегическая линия - это создание, вместо группирования источников, генераторов большой единичной мощности, позволяющих конструктивно осуществлять синхронное воздействие на площади, превышающей 10 м², с энергией единичного импульса достигающей 50-100 кДж.

Мы надеемся, что, благодаря высокой сейсмической «эффективности», новая версия источника на основе падающего груза займет свою нишу в современной сейсморазведке. Такие источники могут оказаться востребованными и при сейсмическом воздействии на нефтяные пласты с целью повышения их нефтеотдачи, производительности и качества работы эксплуатационных скважин.

Вполне реальными являются проекты источников с силой удара 500-1000 тонн при общей массе установки 10-20 тонн.

Для инвесторов в области производства данного типа источников привлекательной является относительно низкая себестоимость изделий, а для пользователей - снижение объема транспортировки, осуществляемой в процессе подготовки и выполнения полевых работ.

Литература

1. Бевзенко Ю.П. Методика сейсморазведочных работ на севере Тюменской области с применением невзрывных источников возбуждения // Разведочная геофизика СССР на рубеже 70-х годов. М. Недра. 1974. с. 82-85.
2. Бевзенко Ю.П. «Разработка технических средств и рациональной методики сейсморазведки с применением невзрывных источников возбуждения сигналов». Диссертация на соискание ученой степени кандидата г.-м. наук. 1977. с. 42-52.
3. Бевзенко Ю.П. Устройство для возбуждения сейсмических волн. Патент РФ на изобретение № 2179324. кл. G-01V 1/147. 2002.
4. Бевзенко Ю.П. Источник сейсмических волн. Патент РФ на полезную модель № 44396 кл. G-01V 1/147. 2004.
5. Приборы и системы разведочной геофизики № 01/2003. Саратовское отделение ЕАГО с. 11-12, Анкушев В.В., Гурьев С.В., Реззов В.И.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Материалы, представляемые для опубликования в журнале должны отвечать следующим требованиям.

Статья представляется в электронной версии на компакт-дисках емкостью 640-700 Мб. Форматы текстового файла должны быть в виде Microsoft Word for Windows (версии 6.0 или выше). Графические приложения и таблицы, выполненные электронным образом, представляются в отдельных файлах формата MS Excel (версии 4.0 или выше) или в формате CorelDRAW версии 7.0 и выше. Все контуры и графики на рисунках, а также все цифры и надписи должны быть выполнены четко, чтобы при уменьшении они легко читались. Рисунки присылаются в виде растровых файлов форматов: *TIF, с разрешением не менее 250 точек на дюйм (допускается LZW-сжатие), *JPG с качеством не менее 12-ти. Максимально допустимый размер иллюстраций - А4. Подписные подписи представляются в виде отдельного списка. Математические уравнения должны быть выделены четким и ясным шрифтом. Все математические символы скалярных величин набираются курсивом, а векторные - жирной прямой заглавной буквой. Вместе со статьей в редакцию направляются краткие сведения об авторах, необходимо указать Ф.И.О., город, место работы, и должность.

От редколлегии:

Ответственность за подбор и изложение фактов в статьях несут авторы. Редакция может публиковать статьи, не разделяя точки зрения авторов.