

Импульсный гидropневматический источник сейсмических волн

■ Экомасов С.П., ИТЦ Силовые импульсные системы

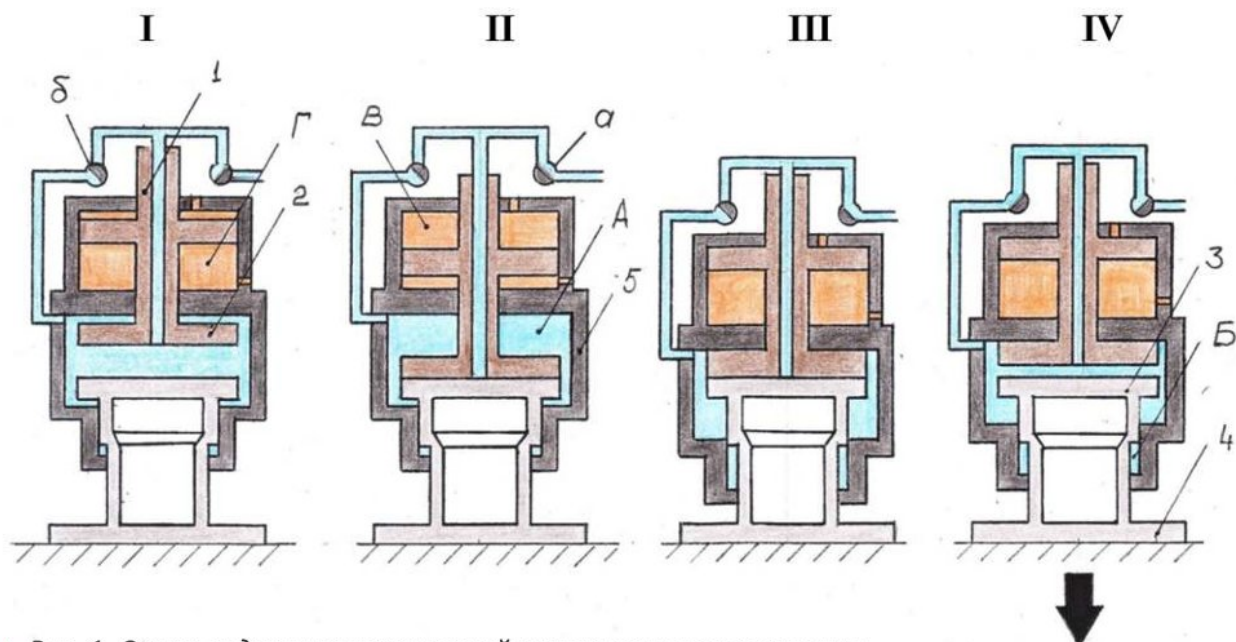
■ Федотов С.А., ООО ГЕОСИГНАЛ

Импульсные наземные источники сейсмических волн являются эффективным техническим средством сейсморазведочных работ. В конце 80-х годов прошлого столетия в нашей стране ежегодно производилось около 100 газодинамических источников ГСК-6М, которые успешно конкурировали с электрогидравлическими вибраторами. Вследствие перестройки народного хозяйства финансирование этих источников в 90-е годы было прекращено. В настоящее время налажен серийный выпуск ряда модификаций электромагнитных источников, которые находят применение для решения различных задач при поиске и разведке месторождений углеводородов. Наряду с таким достоинством электромагнитных источников, как высокая степень синхронности в группе, необходимо отметить характерную для них невысокую реализуемую в рабочем цикле силу удара штампа по грунту. Так при массе наиболее мощного излучателя в 1800 кг обеспечивается усилие в ударном импульсе 25 тс (0,25 МН). В то же время газодинамическая камера ГСК-6М массой около 1000 кг реализует усилие 135 тс (1,35 МН). Изложенное выше объясняет необходимость создания достаточно мощного эффективного источника, как для изучения зоны малых скоростей, так и для проведения 2D и 3D работ в районах с глубиной залегания нефтегазовых объектов на глубинах 2,5–3 км и более.

В последние годы Инженерно-технический центр «Силовые импульсные системы» работает над созданием высокоэффективных импульсных источников сейсмических волн.

Исполнительным органом источника является гидropневматическая камера, использующая в качестве рабочего тела сжатый воздух. Порция воздуха сжимается в рабочем цикле источника с помощью гидравлической энергии (используется гидронасос, смонтированный на валу отбора мощности базовой машины). Динамическое нагружение грунта осуществляется в процессе резкого расширения воздуха в рабочем объеме камеры. Использование одной и той же порции воздуха (истечение воздуха в атмосферу исключено) для совершения рабочих циклов повышает КПД источника примерно вдвое по сравнению с пневматическими и газодинамическими генераторами. Эксплуатация гидropневматических источников не требует использования дополнительных энергоносителей, кроме топлива, потребляемого двигателем базовой машины. Этим достигается по сравнению с известными генераторами упругих волн более высокая автономность. Источник прост в эксплуатации и надежен в работе.

Гидropневматическая камера (см. рис. 1) отличается простотой конструкции, в связи с чем она надёжна и проста в эксплуатации. Исходное положение камеры показано на позиции I. Операция «подготовка» (позиция II) осуществляется соединением гидравлической полости В с напорной магистралью, полость Г при этом соединена со сливом. Шток-поршень перемещается вниз и клапанная тарелка садится на седло, выполненное на основании волновода. Полость, образованная клапанной тарелкой и основанием, соединяется через управляемый клапан «а» с атмосферой и тарелка



▲ Рис. 1. Схема гидропневматической камеры с пневмозамками.

1 – Шток-поршень; 2 – Клапанная тарелка; 3 – Волновод; 4 – Штамп; 5 – Корпус.
 А – рабочий объём (сжатый воздух); Б – демпферный объём (сжатый воздух);
 В, Г – гидравлические полости

с основанием под воздействием давления воздуха на внешние плоскости прижимаются друг к другу, образуя пневмозамок. Для выполнения операции «взвод», показанной на позиции III, полость Г соединяется с напорной гидравлической магистралью, а полость В – со сливом. Шток-поршень с клапанной тарелкой перемещается вверх, увлекая за собой (за счёт усилия пневмозамка) волновод. Вследствие разницы площадей штока, вытесняемого из рабочего объёма, и волновода, внедряемого в этот объём, давление в последнем резко возрастает. Операция «удар» (позиция IV) осуществляется соединением через клапан «б» рабочего объёма с полостью, образованной клапанной тарелкой и основанием волновода. Происходит открытие пневмозамка; сжатый в рабочем объёме воздух воздействует на всю поверхность основания волновода и штамп наносит удар по грунту, а шток-поршень с корпусом перемещается вверх, увлекая через некоторое время за

собой волновод со штампом. Последующий рабочий цикл начинается с операции «подготовка» (см. позицию II).

В настоящее время разработано два типоразмера гидропневматической камеры с усилием в ударном импульсе 1,35 МН (135 тс) и 0,4 МН (40 тс). Масса первой камеры равна 1000 кг, а масса второй – 300 кг. Соотношение активной и реактивной масс при этом составляет примерно 1:3,5.

С использованием камер с усилием 1,35 МН изготовлен опытный образец источника ГПИ-2 на базе автомобиля УРАЛ-4320 (см. Рис. 2.).

Модульное исполнение силового блока (см. Рис. 3.) позволяет с минимальными затратами времени и технических средств перенавесить его на любое транспортное средство необходимой грузоподъёмности.

Полный цикл испытаний опытного образца источника выполнен на полигоне РГГРУ в Сергиево-Посадском районе Московской области. Испытания под-



▲ Рис. 2.

твердили расчетные характеристики источника и показали его более высокую эффективность по сравнению с газодинамическими и пневматическими установками.

С использованием гидропневматической камеры с усилием в 0,4 МН (40 тс) в настоящее время разрабатывается опытный образец источника на базе автошасси ГАЗ-66. На Рис. 4. показана камера с усилием 0,4 МН, установленная на стационарном стенде.

Основной характеристикой импульсного источника, определяющей в основ-

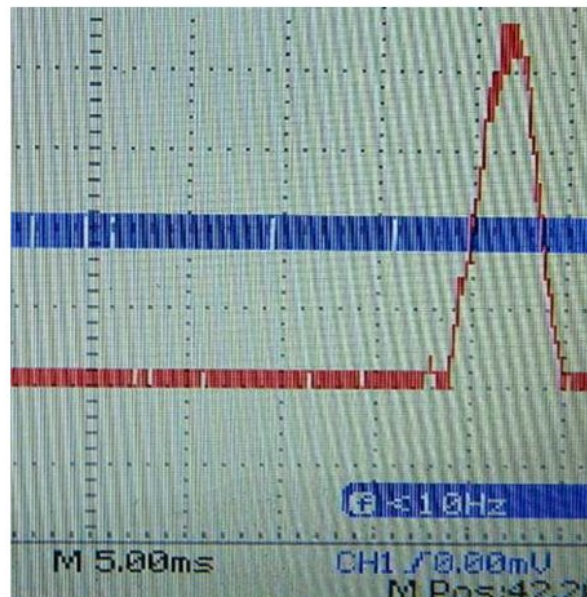
▼ Рис. 4.



▲ Рис. 3.

ном, его сейсмическую эффективность, является силовой импульс, генерируемый на контакте штампа с грунтовым полупространством. Амплитуда импульса характеризует глубину прохождения сейсмической волны, а крутизна переднего фронта импульса – частотный спектр волны. На рис. 5. приведен импульс, генерируемый гидропневматической камерой ГПИ-2. Регистрация импульсов осуществлялась на стенде по методике ОАО «ИТЦ «СИС» с датчиком параметров удара, обладающего жёсткостью 300 МН/м. По крутизне переднего фронта и

▼ Рис. 5.



амплитуде импульсы гидропневматической камеры аналогичны импульсам, генерируемым на стенде известным газодинамическим источником ГСК-6М. Показатели эффективности (отношение усилия в ударном импульсе к массе камеры) гидропневматических источников значительно превышают аналогичные показатели электромагнитных источников типа «Енисей» (см. Табл. 1.).

Летом 2014 г. на полигоне Российского

- время регистрации – 4 с;
- используемые сейсмоприемники – GS-20DX;
- количество сейсмоприемников в группе – 1;
- общая длина профиля – 607,5 м.

Ограниченный размер профиля определялся границами полигона РГГРУ и находящимися рядом частными владениями. Возможности сделать выносы относительно начала и конца профиля

▼ Табл. 1. Характеристика наземных импульсных источников сейсмических сигналов.

№ п/п	Параметр	ИСТОЧНИК СИГНАЛА				
		Газодинамический	Электромагнитный		Гидропневматический	
		ГСК-6М	Енисей КЭМ2	Енисей КЭМ4	ГПИ-1	ГПИ-2
1.	Энергоноситель	Бензино-кислородная смесь	Электрическая энергия		Гидравлическая энергия	
2.	Автономность	Ограничена	Обеспечена		Обеспечена	
3.	Суммарное усилие в ударном импульсе МН (тонн)	2,7 (270)*	0,5 (50)**	1,0 (100)**	0,4 (40)*	2,7 (270)*
4.	Масса рабочего органа, кг	1000	1800	1800	300	1000
5.	Количество рабочих органов на установке, шт.	2	2	4		2
6.	Базовая машина	Автомобиль «УРАЛ»	Автомобиль «УРАЛ»	Автомобиль «УРАЛ»		Автомобиль «УРАЛ»
7.	Масса установки, кг	12000	14000	19600		12300
8.	Показатель эффективности, тонн/кг	0,025	0,014	0,014	0,13	0,135

* Параметр измерен на стенде ОАО «ИТЦ «СИС»

** Расчётный параметр по данным разработчика

государственного геологоразведочного университета (РГГРУ) были проведены полевые испытания источника ГПИ-2. Работы (с привлечением компании ООО «ГЕОСИГНАЛ») проводились с использованием телеметрической системы ТЕЛСС-3 по технологии ОГТ. Была использована следующая методика:

- количество каналов телеметрической сейсмической станции – 28;
- расстояние между каналами – 22,5 м;
- период квантования сигнала – 1мс;

отсутствовали.

Количество возбуждений на точке равнялось 6, причем в сейсмостанции производилась запись информации со всех каналов для каждого срабатывания источника, а также накопленного результата. Это позволяло реализовать возможность редакции сейсмограмм по каждому срабатыванию источника возбуждения.

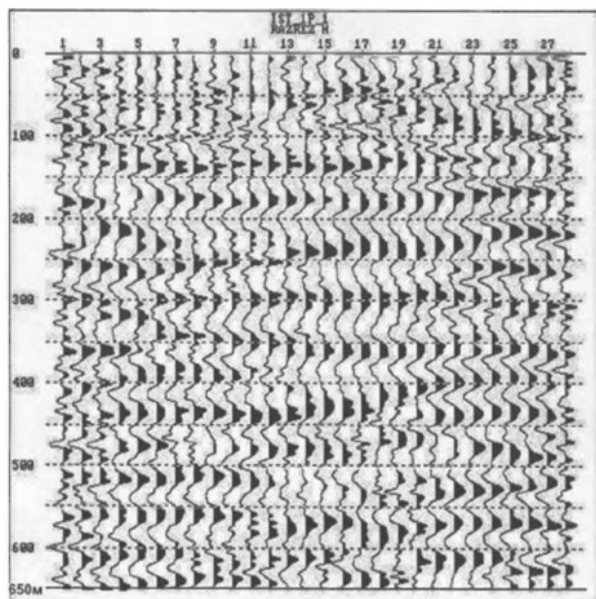
Геологический разрез представлен суглинками (32 м), глинами (45 м), песками с прослоями песчаника (72 м), глина-

ми темно-серыми и черными (90 м), песком с прослоями глины (158 м), глинами темно-серыми и черными (179 м) и далее известняками с прослоями глины (до 250 м) в начале профиля.

Обработка полученных результатов по методике ОГТ. На временных разрезах при 6 накоплениях устойчивые границы отражений присутствуют как на разрезе до 1 с, так и на разрезе до 2 с.

Для определения устойчивости сейсмических границ проведена обработка данных при 1, 2, 4 и 6 накоплениях срабатывания источника ГПИ-2. Так, результаты обработки данных до 650 м достаточно четко свидетельствуют о том, что устойчивый глубинный сейсмический разрез получается и при одиночном срабатывании импульсного источника (рис. 3). Результаты обработки данных при 2, 4, 6 накоплениях сейсмограмм практически не отличаются. Результаты обработки данных до 2 с (~1300 м) характеризуются минимальным коэффициентом перекрытия для методики ОГТ и поэтому устойчивость положения нижних границ отражений существенно зависят от количества накоплений. Так

▼ Рис. 6. Глубинный сейсмический разрез до 650 м – 1 накопление.



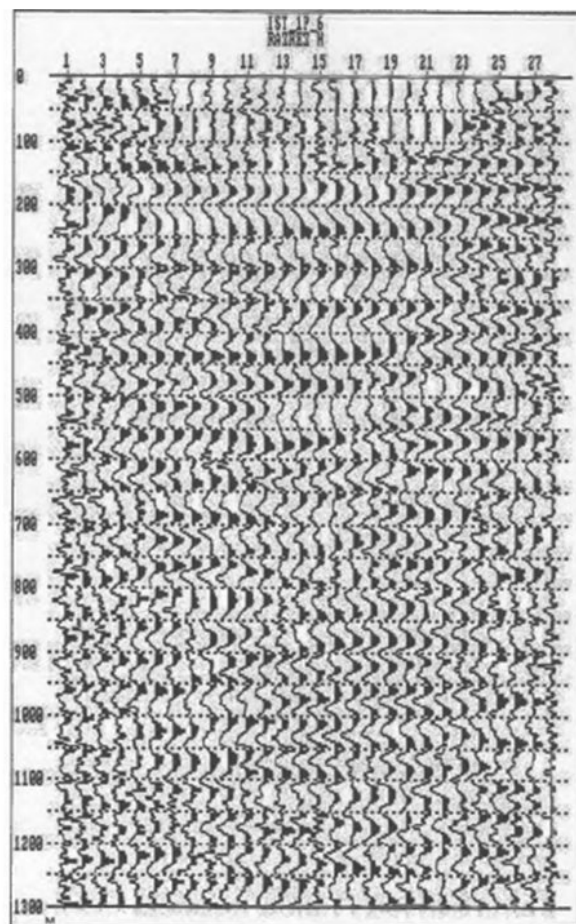
наиболее устойчивые границы наблюдаются при максимально используемом количестве накоплений – 6 (рис. 7).

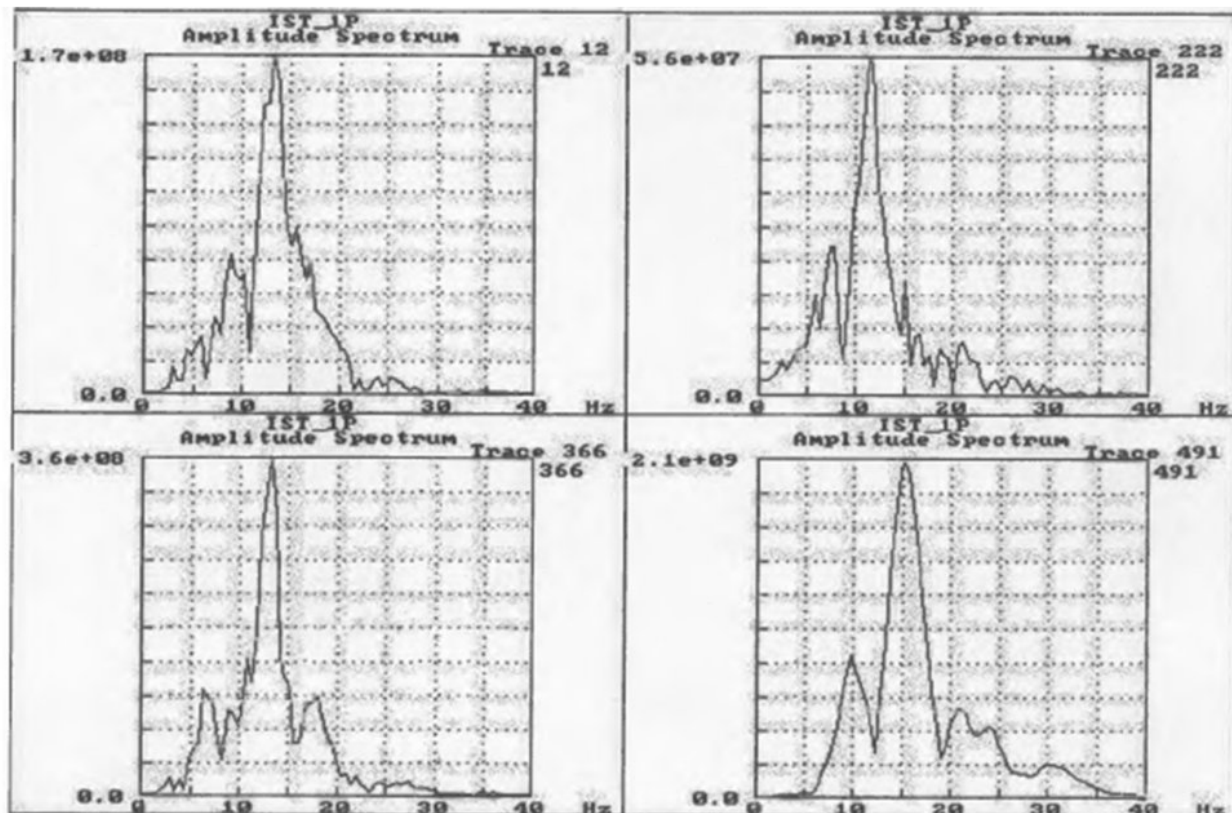
Как видно на рис. 8 спектр волновой картины возбуждения сейсмического сигнала низкочастотный, где основная частота около 13–14 Гц, а на некоторых сейсмограммах и ниже (до 11 Гц).

Частотный спектр сейсмограммы, полученной при воздействии гидропневматической камеры с усилием 40 тс (0,4 МН) (см. Рис. 5.) приведен на рис. 9. Здесь основная частота значительно смещается в область высоких частот (39–43 Гц).

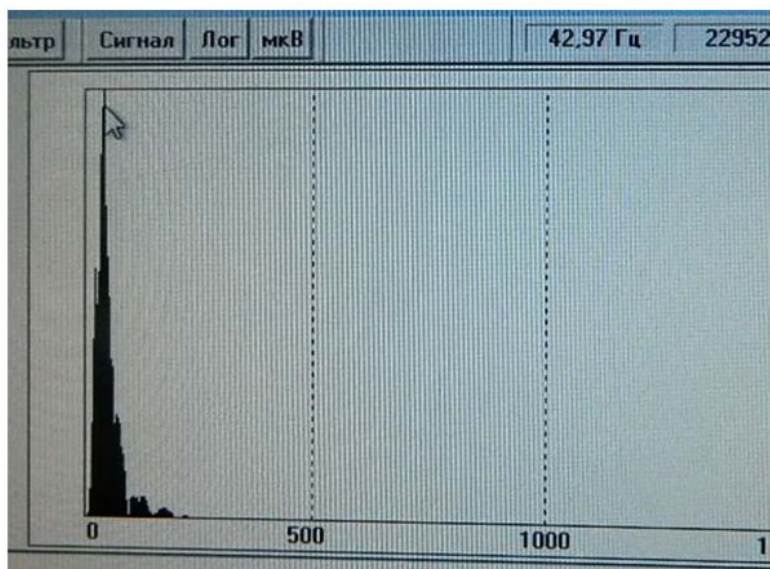
Таким образом, источник ГПИ-2 с суммарным усилием 270 тс (2,7 МН) при группировании может эффективно использоваться в составе сейсмических партий для глубинных исследований, а

▼ Рис. 7. Глубинный сейсмический разрез до 1300 м – 6 накоплений.





▲ Рис. 8. Типовые спектры сейсмических трасс.



◀ Рис. 9. Частотный спектр сейсмограммы, полученной при воздействии гидро-пневматической камеры с усилием 40 тс (0,4 МН)

источник с камерами до 40 тс (0,4 МН) – для изучения верхней части разреза.

Малая серия установок ГПИ-2 планируется к выпуску в IV квартале 2015 года.

Литература

1. Мосякин А.Ю., Касумов Э.А., Гавшин А.Н., Берешполец А.И. Сейсморазведочные работы 3D в сложных поверхностных услови-

ях переходной зоны суша-море с использованием источников сейсмических сигналов различного типа // Приборы и системы разведочной геофизики. 2009. № 3. С. 52-53.