

Пневматические сейсмогенераторы серии «Альт»

■ Янченко Н.Л., Болдырева Т.Н., ЗАО "ГК ДЕЛЬТА-ЛОТ" г. Саратов

Опыт применения пневматических сейсмогенераторов серии «Альт» при проведении работ методом обращенного МСК описан в статье [1].

Сейсмогенераторы серии «Альт» по сравнению с другими устройствами аналогичного назначения имеют два наиболее значимых отличия.

Первое – при работе с сейсморегистрирующей аппаратурой «ведущим» является сейсмогенератор, обеспечивая точную синхронизацию моментов возбуждения упругих колебаний и начала записи регистрируемого сигнала. И второе – управление сейсмогенератором (его инициация) осуществляется путем увеличения или уменьшения давления сжатого воздуха в рабочей и/или управляющей камерах сейсмогенератора [2].

Такой подход позволил свести погрешность синхронизации к не имеющей практического значения величине ($\pm 0,1$ мсек), значительно упростить конструкцию сейсмогенераторов, повысить их надежность, уменьшить габариты и вес, а в плане качества сейсмического материала – получить фактически уникальные характеристики.

Принцип работы пневматических сейсмогенераторов серии «Альт» рассмотрим на примере конструкции «Альт»-08/1СК (2008 – год разработки; 1 – вариант исполнения или типоразмер; СК – скважинный). Это устройство работает на «сбросе», т.е. его инициация производится за счет уменьшения давления в управляющей камере (см. рис.1).

В корпусе 1 находится подвижный шток 2, на котором размещены поршни 3, 4 и 5, имеющие площади поперечного сечения, соответственно, S_1 , S_2 и S_3 .

Корпус, шток и поршни образуют три камеры: рабочую 6, демпферную 7 и управляющую 8.

Между поршнями 4 и 5 находится перегородка, связанная с корпусом и представляющая собой магнитную систему на базе радиально намагниченного кольцевого магнита 9. Магнитная система 9 находится с поршнем 5 в непосредственном контакте, удерживая его с усилием равным F_m .

Управляющая камера 8 через пневмомагистраль 10, а так же вентили 11 и 12 сообщается с атмосферой и баллоном со сжатым воздухом.

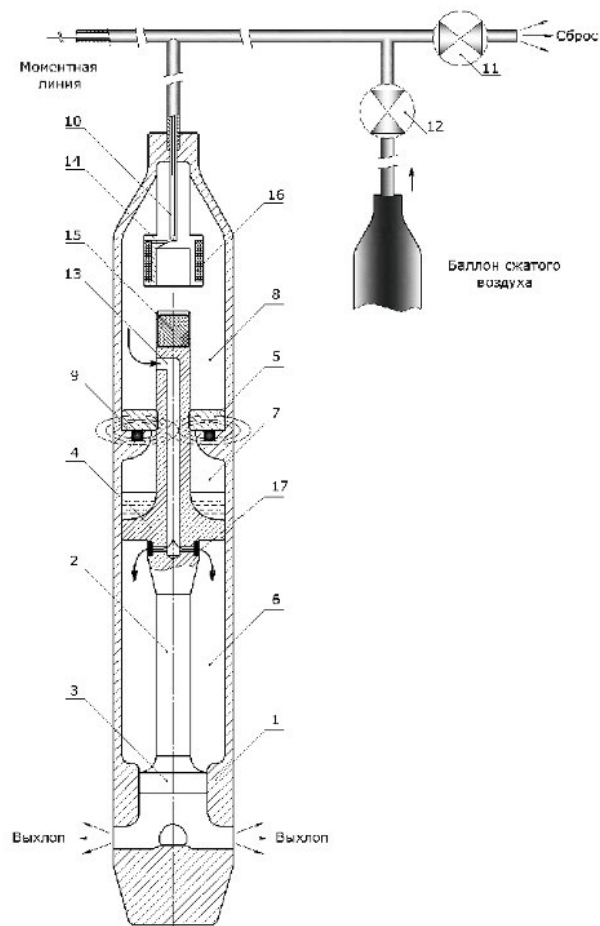
Через канал для подачи сжатого газа 13 в штоке 2 и обратный клапан 17 сжатый воздух из управляющей камеры 8 подается в рабочую камеру высокого давления 6.

Внутри пневмомагистрали протянут малогабаритный грузонесущий кабель 14, электрически связанный с катушкой индуктивности 16, которая во время инициации сейсмогенератора взаимодействует с магнитом 15, формируя синхроимпульс.

Для возбуждения сейсмоимпульса сейсмогенератор, погруженный в скважину, через нормально закрытый вентиль 12 и пневмомагистраль 10 загружается сжатым воздухом под давлением Р.

Для сейсмогенераторов, работающих на «сбросе», соотношения площадей поперечного сечения поршней S_1 , S_2 и S_3 выбраны таким образом, что при равенстве давлений в рабочей и управляющей камерах обеспечивается $F_1 > F_2$.

Под действием магнитных сил притяжения, действующих между неподвижным кольцевым магнитом 9 и поршнем из магнитного материала 5, подвижный шток 2 находится в положении, при котором поршень 3 запорного клапана рабочей камеры высокого давления 6 перекрывает выхлопное отверстие сейсмогенератора. Это состояние сей-



▲ Рис. 1. Сейсмогенератор серии «Альт»-СК
смогенератора соответствует режиму ожидания.

При сбросе давления в управляющей камере на некоторую величину ΔP через нормально закрытый клапан 11 происходит выхлоп сжатого воздуха в окружающую среду. В момент выхлопа при перемещении штока 2 и магнита 15 относительно неподвижной индукционной катушки 16 в ней индуцируется ЭДС, которая по электрической линии связи 14 передается на регистрирующий прибор.

Этот момент фиксируется как начало процесса возбуждения упругого импульсного сейсмического сигнала в окружающей среде.

Путем несложного анализа можно вывести соотношение определяющее ΔP :

$$\Delta P > \frac{F_m + P \times (S_3 - \Delta S)}{S_3} \quad (1)$$

При равенстве S_3 и ΔS формула (1) упрощается, принимая следующий вид:

$$\Delta P > \frac{F_m}{S_3} \quad (2)$$

Реальное значение ΔP для «Альт»-08/1СК, взятого нами в качестве примера, составляет 1 МПа. При наличии гидростатического давления ΔP уменьшается. На глубине, например, 100 метров в водной среде величина ΔP для сейсмогенератора «Альт»-08/1СК становится равной 0,2 МПа.

При сбросе давления в управляющей камере на величину ΔP шток с размещенными на нем поршнями начинает перемещаться вверх под действием силы, равной F_m , значение которой не зависит от рабочего давления P и от гидростатического давления. Благодаря этому точность синхронизации остается неизменной в широком диапазоне изменения этих параметров.

С началом «вскрытия» рабочей камеры к силе F_m , действующей на шток с «навесными» элементами, добавляется еще и сила, равная $P \times S_2$, составляющая для изделия «Альт»-08/1СК при рабочем давлении 10 МПа – 30 кН.

Длительность фронта импульса давления, возбуждаемого сейсмогенератором, не превышает долей миллисекунды, чем обеспечивается широкий спектр сейсмических колебаний.

Выхлоп сжатого воздуха во внешнюю среду приводит к резкому падению давления в рабочей камере. При снижении этого давления до некоторой величины $P_{ост}$ под действием силы давления $(P - \Delta P) \times S_3$ на поршень 5 сейсмогенератор возвращается в исходное состояние (в режим ожидания).

Рост определяется по формуле:

$$P_{ост} < \frac{(P - \Delta P) \times S_3}{S_2} \quad (3)$$

Реальная величина $P_{ост}$ для сейсмогенераторов серии «Альт» находится в районе $0,5P$. Положительным итогом этого обстоятельства является экономия сжатого воздуха и дополнительное улучшение качества сейсмического материала.

Параметры сигналов, формируемых сейсмогенераторами серии «Альт», достигаются за счет высоких скоростей перемещения штока во время их инициации. Для некоторых изделий этого типа максимальная скорость перемещения штока достигает 50 м/сек. Торможение в такой ситуации приводит к возникновению чрезвычайно больших нагрузок.

На начальном этапе разработки, при использовании известных способов торможения, механическое разрушение штоков, изготовленных даже из «экзотических» титановых сплавов, наступало уже после первой инициации, несмотря на относительно низкие рабочие давления (5-6 МПа). Проблема торможения штока была решена за счет введения в конструкцию сейсмогенераторов демпферной камеры 7. Конструкция и принцип ее работы достаточно просты и не требует дополнительных пояснений.

Важно, что с помощью демпферной камеры удалось обеспечить "мягкое" торможение штока как при открытии рабочей камеры, так и при ее закрытии, а при выборе материала штока стало возможным обойтись без "экзотики".

Для сейсмогенераторов серии «Альт» характерно так же то, что с увеличением мощности и, соответственно, габаритов их возможности существенно расширяются.

Это подтверждается результатами опытных работ методом ВСП при использовании изделий «Альт»-10/1СК и «Альт»-10/2СК, имеющих объемы рабочих камер 1,0 и 2,5 дм³.

Остановимся подробнее на приповерхностном (ПР) сейсмогенераторе сред-

ней мощности «Альт»-08/2ПР, имеющем объем рабочей камеры 1,0 дм³ и наружный диаметр 112,0 мм.

Это устройство предназначено для возбуждения сейсмических импульсов в мелких скважинах (шпурах) глубиной от 0,5 до 1,5 метра.

Назначение элементов схемы, приведенной на рис.2, вполне понятны, тем не менее отметим следующее. При поджатии сейсмогенератора к основанию шпура возникает своего рода эффект «подводной лодки», вследствие которого устройство силой давления сжатого воздуха (во время инициации) прижимается к основанию шпура еще сильнее и «отдача» устройства становится минимальной. Звуковая волна практически отсутствует, благодаря пневмогасителям из резиноподобного материала и защитной крышке.

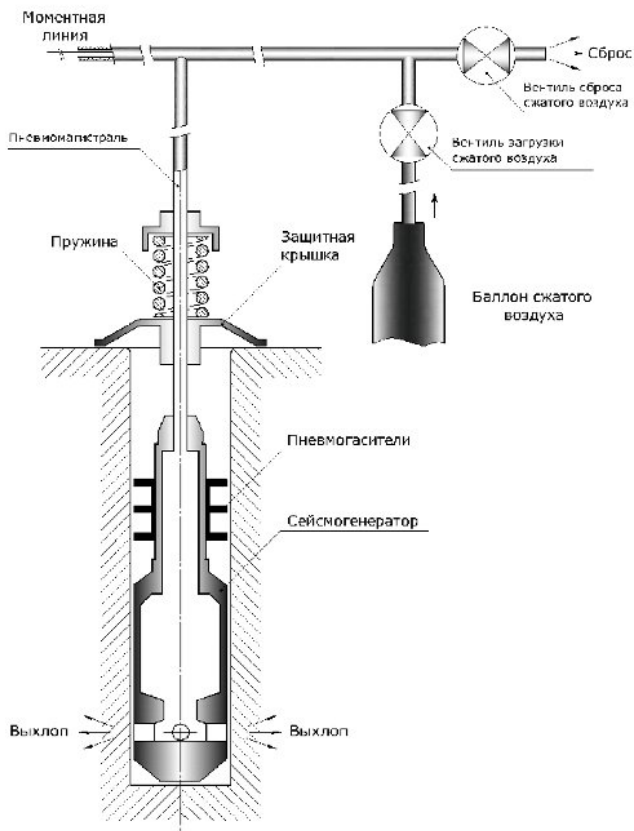
Интенсивность сейсмического поля, возбуждаемого приповерхностным сейсмогенератором, при рабочем давлении 15 МПа сопоставима с таковой для известного изделия ГСК-6.

С увеличением рабочего давления интенсивность волновой картины нарастает с зависимостью близкой к линейной, имея при этом лучшую разрешенность, что отчетливо проявляется уже на полевых записях.

В производственном режиме эксплуатации, только в Саратовской геофизической экспедиции с использованием устройства «Альт»-08/2ПР отработано около 600 км профилей (МПВ). Значительный объем таких работ выполнен в ЗАО «НП «Запприкаспийгеофизика» (г. Волгоград), где изделия серии «Альт» эксплуатируются более 8 лет [1].

Большие перспективы, на наш взгляд, связаны с применением маломощных приповерхностных сейсмогенераторов в инженерной сейсморазведке.

При весе таких устройств, сопоставимом с весом общеизвестной кувалды, по



▲ Рис. 2. Сейсмогенератор серии «Альт»-ПР

сейсмической эффективности они превышают последнюю более чем на порядок.

Возможных заказчиков может заинтересовать такая информация – один «дайверский» баллон сжатого воздуха объемом 20 дм³ для сейсмогенераторов малой мощности с объемом рабочей камеры ≤ 0,4 дм³ позволяет обеспечить не менее 500 воздействий.

Что касается подготовки шпуров небольшой глубины (0,5 м), то эта задача, при современном состоянии соответствующих технических средств, представляется достаточно тривиальной.

В заключение отметим, что авторы намеренно избегали термина «тротиловый эквивалент». Этот критерий для сравнения сейсмогенераторов, особенно использующих разные принципы работы, является не только несовершенным, а часто вредным, имеющим больше рекламный характер.

В настоящее время главным, если не единственным объективным критерием оценки сейсмогенераторов разной конструкции могут быть их сравнительные испытания или полигон.

Принято считать, что ВВ в качестве инструмента для возбуждения сейсмических полей является эталоном или идеалом, к которому другие способы и устройства аналогичного назначения могут лишь в той или иной степени приближаться (как в теории относительности к скорости света).

Материалы, полученные с помощью сейсмогенераторов серии «Альт», с такой точкой зрения не согласуются.

Литература:

1. Сидоренко П.Ф., Глазков А.М., Глазков М.А., Болдырева Т.Н. Опыт применения пневмоисточников сейсмических колебаний серии "Альт" для изучения строения ВЧР; "Приборы и системы разведочной геофизики", №3/2008
2. Патент -2400776 РФ, МПК G01V 1/133. Пневматический источник сейсмических сигналов/ Янченко Н.Л. (RU), Болдырева Т.Н. (RU) - 200912862703; заявл. 27.07.2009 Оpubл. 27.09.2010, Бюл. №27.

Подробнее об авторах



Янченко
Николай Леонович

генеральный конструктор
ЗАО "Геофизическая
компания "Дельта-Лот"



Болдырева
Татьяна Николаевна

инженер-физик ЗАО
"Геофизическая компания
"Дельта-Лот"