

Система адаптивного управления импульсными источниками «Енисей»

- Детков В.А., к.т.н., (ООО «Эвенкиягеофизика,
- Копылов М.А., Баландин П.В., Минусинский филиал ООО «Эвенкиягеофизика»

Количество воздействий в импульсной невзрывной сейсморазведке, необходимое для получения кондиционных данных, обусловлено сейсмогеологическими, природными и техногенными условиями. Выбор оптимального количества воздействий на каждой точке возбуждения позволяет получать однородные данные требуемого качества и оптимизировать производительность ГРП.

В настоящее время, для поисков и разведки залежей углеводородов наиболее широкое распространение получил метод общей глубинной точки (МОГТ). Предпочтение данному методу обусловлено высокой достоверностью результатов, большим опытом обработки и интерпретации данных МОГТ, информативностью для получения достоверных геологических моделей месторождений и т.д. Но успешное применение сейсморазведки МОГТ может быть гарантировано только в районах с благоприятным геологическим строением (наличием плавных антиклинальных структур, малыми углами падения пластов, яркой дифференциацией разреза по плотностным и скоростным свойствам). В современных условиях перед геофизиками стоят задачи поисков и разведки сложностроенных неструктурных месторождений, обладающими малой мощностью – первые десятки метров, поиск которых затруднён наличием трапповых полей и высокоскоростными свойствами разреза (зачастую инверсными). Классический подход к регистрации, обработке и интерпретации данных усложняет процесс решения геологических задач.

Получению данных, удовлетворяющих поисковым задачам, способствует повышение горизонтальной и латеральной разрешённости сейсморазведки за счёт внедрения в производство высокоплотных систем наблюдения и технологий

управления сигналом источника. Высокоплотные системы наблюдений достаточно подробно описаны в научной печати [2]. Данная статья описывает технологию адаптивного управления возбуждаемым сейсмическим сигналом в реальном времени.

Импульсная невзрывная сейсморазведка предполагает производство нескольких воздействий на точке возбуждения, что обеспечивает подавление случайных помех, именуемых микросейсмами, и сохранение амплитуды полезного сигнала, интенсивность которого зависит только от количества невзрывных источников в группе (и их мощности) и условий возбуждения.

Алгоритм суммирования одиночных воздействий реализуется двумя способами. Реализация обоих способов даёт идентичный результат [1].

Первый. Суммирование с нормировкой амплитуд сигнала и микросейсм на количество воздействий. В этом случае амплитуда сигнала остаётся на прежнем уровне, а амплитуда микросейсм убывает в $\sqrt{n}$ раз, где n – количество воздействий.

Второй. Суммирование без нормировки. В этом случае амплитуда сигнала растёт пропорционально количеству воздействий, а амплитуда микросейсм растёт пропорционально $\sqrt{n}$ – раз, где n – количество воздействий. В дальнейшем, суммарные файлы, полученные данным

способом, нормируются в обрабатывающих комплексах с использованием определённых слов в заголовке segd-файла.

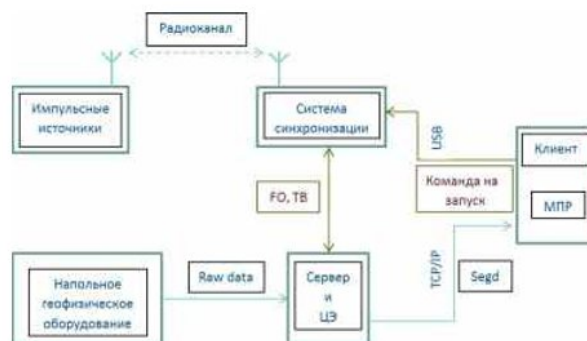
Следует отметить, что в регистрирующих системах, используемых в России, реализован именно второй способ. Оба алгоритма предполагают суммирование нескольких сигналов (интервалов полезной записи на сейсмических трассах) с идентичной амплитудой с последующей нормировкой на количество воздействий, поэтому увеличения интенсивности сигнала не происходит.

В практике невзрывной сейсморазведки для получения кондиционных полевых данных, в среднем, производят от 8 до 16 воздействий на точке возбуждения, причём количество воздействий выбирается исходя только из погодных условий (без оценки полезного сигнала) и остаётся неизменным на протяжении некоторых промежутков времени в течение рабочей смены. Статистические данные по различным объектам поисков Восточной Сибири показывают, что количество воздействий, зачастую, является не оптимальным, завышенным, что приводит к необоснованным затратам времени на производство сейсморазведочных работ.

Данный вывод основан на том, что после выбора оптимальной величины соотношения сигнал/помеха по результатам конкретных опытных работ, предшествующих производственным, соотношение сигнал/помеха получаемых в дальнейшем сейсмограмм зачастую превосходило установленную норму и не влекло за собой принципиальных изменений в информативности временных разрезов 2D и кубов 3D. Понятно, что завышение количества накоплений понижало спектр регулярных отражений.

Для исключения подобных явлений необходимо на каждой точке возбужде-

ния оценивать данные в реальном времени в процессе работ и останавливать процесс возбуждения и регистрации, когда соотношение сигнал/помеха будет удовлетворять заданному порогу качества. Это и реализовано в системе адаптивного управления (CAU).



▲ Рис. 1. Функциональная схема CAU

Система адаптивного управления представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из специализированного программного обеспечения (именуемого Модулем принятия решения), функционирующего на клиентском компьютере сейсмостанции, и системы синхронизации невзрывными источниками. Взаимодействие CAU с регистрирующим комплексом и невзрывными источниками осуществляется посредством интерфейсов USB, TCP/IP и радиоканала (рис. 1.). Никаких изменений в программное обеспечение сейсмостанции не вносится. Аппаратура продолжает функционировать в штатном режиме.

Управление работой сейсмостанции в режиме CAU осуществляется с клиентского компьютера через систему синхронизации, т.е. станция переходит в «ведомый» режим. После подачи оператором сейсмостанции команды на запуск цикла возбуждения-регистрации модуль принятия решения (МПР) переходит в режим ожидания segd-файла первого воздействия. После формирования segd-файла первого воздействия в централь-

ной электронике (ЦЭ) сеймостанции файл передаётся по интерфейсу TCP/IP на клиентский компьютер. Модуль принятия решения оценивает файл первого воздействия (с одновременной его визуализацией) по заранее определённой оптимальной величине соотношения сигнал/помеха и если файл удовлетворяет заданной величине, то МПР останавливает работу станции и источников. В противном случае цикл возбуждения-регистрации повторяется и модуль переходит в режим ожидания segd-файла второго воздействия. Затем МПР формирует файл суммы первого и второго segd-файлов и оценивает файл суммы. Цикл повторяется до тех пор, пока качество файла суммы не достигнет заданного значения, выражаемого величиной соотношения сигнал/помеха.

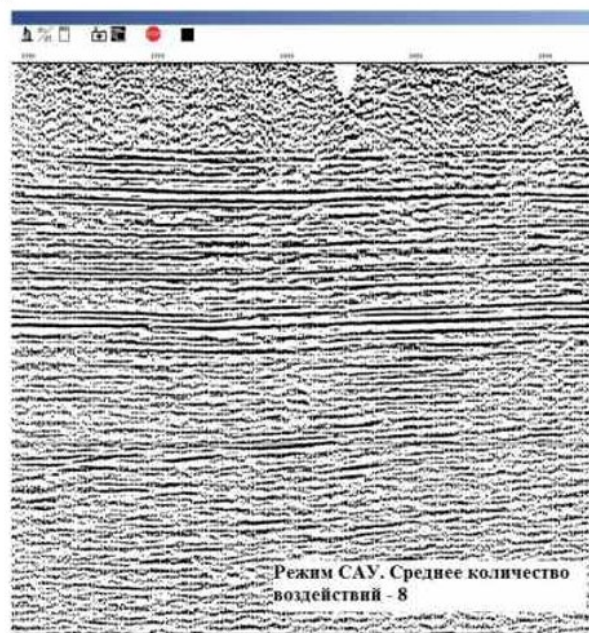
Первые производственные испытания САУ были проведены в марте 2012 года по методике МОГТ-2D с использованием группы из четырёх невзрывных источников «Енисей КЭМ-4». Количество воздействий, регламентированное техническим заданием, составляло 12-16. При отработке профилей в режиме САУ

количество воздействий варьировалось от 3 до 12. Пороговое значение соотношения сигнал/помеха было установлено равным 5. Результаты анализа полученных сейсмограмм с тем и другим количеством воздействий показали, что соотношение сигнал/помеха на сейсмограммах, полученных с количеством воздействий, определяемых САУ, в целом ниже, чем при принятом в процессе производственных работ количестве воздействий 12-16. Особенно это касается сейсмограмм, полученных при малом количестве воздействий (3-6). Это было видно и визуально, и подтверждалось количественными расчетами соотношения сигнал/помеха.

В то же время результаты обработки данных по методике ОГТ показали, что суммарные временные разрезы, полученные с едиными статическими и кинематическими поправками, практически идентичны. Различия между ними несущественны и не принципиальны (рис. 2.).

Как видно из рисунка 2, количество воздействий было снижено в среднем в 2 раза. Уменьшение количества воздействий на участках с благоприятными

▼ Рис. 2. Результаты испытания САУ в 2012 году



условиями обеспечивает некоторый запас воздействий, который будет необходим на участках с неблагоприятными условиями, что позволяет оптимизировать полевые работы в плане производительности и получения кондиционных данных.

Такой результат объясняется тем, что суммирование отдельных воздействий на точке возбуждения является аналогом суммирования по ОГТ, главной задачей которого является подавление случайных шумов. Если рассматривать количество воздействий как дополнительную величину, прибавляемую к кратности перекрытия, определяемой методикой работ, то падение «суммарной кратности» (количество воздействий плюс кратность) на несколько единиц не повлияет на окончательный результат суммирования. Но всё же решение конкретных геологических задач требует того, что бы первичные данные удовлетворяли заданным требованиям качества, позволяющим успешно проводить динамическую и кинематическую обработку.

Количество воздействий в режиме САУ является «плавающей» величиной, что обусловлено изменчивостью строения ВЧР и погодными условиями. Сейсмогеологическими и погодными условиями определяется количество воздействий, необходимых для получения данных заданного качества. Например, если в процессе отработки некоторого участка профиля усилился ветер, то для подавления случайных помех (микросейсм) необходимо совершать большее количество воздействий, чем на предыдущем участке, отработанном, скажем, в штиль. Увеличение воздействий на некоторое фиксированное количество для всего профиля или его части, позволит добиться повышения качества, но и приведёт к необоснованным временным затратам,

а уменьшение количества воздействий приведёт к ухудшению качества данных. Отсюда следует вывод, что количество воздействий должно быть адаптировано для каждой точки возбуждения. Система адаптивного управления «учитывает» сейсмогеологические и погодные условия и рассчитывает оптимальное количество воздействий, позволяющее получать данные требуемого качества на каждой точке возбуждения.

Окончательное внедрение САУ в производство сейсморазведочных работ МОГТ-3D было осуществлено в начале ноября 2014 г. на одном из объектов Восточной Сибири после ряда дополнительных опытных работ, итоги которых полностью подтвердили результаты ранее проведённых испытаний.

Опытные работы заключались в проведении сейсмической съёмки по методике МОГТ-3D в различных орогидрографических условиях с использованием группы из трёх источников «Енисей СЭМ-100». Количество воздействий, регламентированное техническим заданием, было равно 8. Оптимальная величина соотношения сигнал/помеха равнялась 3 (рис. 3.).

Результаты работ указывают на значительное снижение количества воздействий в режиме САУ по отношению к стандартной методике. При этом величина соотношения сигнал/помеха для обеих методик не имеет принципиальных различий.



▲ Рис. 3. Результаты испытаний Системы адаптивного управления в 2014 году.

Внедрение САУ в производственный процесс позволило достичь следующих результатов. Среднее количество воздействий в режиме САУ снизилось до 4-5 ударов, что обеспечило оптимизацию ГРП в плане производительности (рис. 4.).



▲ Рис. 4. Производительность работ в режиме САУ.

При этом качество получаемых сейсмических данных оставалось на заданном уровне, о чём свидетельствуют временные разрезы, полученные после суммирования куба 3D (рис. 5.).

Внедрение САУ в производство сейсморазведочных работ обеспечивает гарантированное получение кондиционных данных уже в процессе регистрации, что исключает задержки в работе партий, необходимые для доставки данных на

полевой вычислительный центр для их оценки и принятия решения о продолжении работ или «перестрелов» забракованных физических наблюдений.

Обобщая всё вышеизложенное, можно сделать следующие выводы. Применение «Системы адаптивного управления» позволяет оптимизировать процесс получения первичного материала за счёт исключения избыточного количества воздействий. Контроль количества воздействий в реальном времени на каждой точке возбуждения повышает информативность и разрешенность окончательных временных разрезов 2Д и кубов 3D. Стабильность исходного сигнала и его управляемость позволяет поднять достоверность анализа динамических атрибутов записи.

Литература

1. Боганик Г. Н., Гурвич И. И., «Сейсморазведка», Тверь: издательство АИС, 2006. – 744 с.
2. Воцалевский В. З., «Новое поколение систем полевой сейсморазведки: технология UNIQ», «Инженерная практика», № 1, 2013, с. 72.

▼ Рис. 5. Временной разрез полученный при стандартной методике и методике САУ

