

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043732**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.16

(51) Int. Cl. **G01V 1/02** (2006.01)
G01V 1/28 (2006.01)

(21) Номер заявки
202293004

(22) Дата подачи заявки
2022.11.17

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КОРРЕЛОГРАММ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ПОЛЕВЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ МЕТОДОМ SLIP-SWEEP**

(43) **2023.06.15**

(56) RU-C1-2623655
RU-C1-2650718
RU-C1-2695057
RU-A-2014153500
US-B2-10203423
GB-B-2506735

(96) **2022000108 (RU) 2022.11.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ООО НПЦ "ГЕОСТРА" (RU)

(72) Изобретатель:
**Гафаров Радий Марсович, Акуленко
Александр Семёнович, Семашев
Антон Тимурович (RU)**

(74) Представитель:
Семашев А.Т. (RU)

(57) Область применения: сейсмическая разведка, в частности получение коррелограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep. Сущность изобретения: в процессе проведения полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep перед получением итоговых коррелограмм производится подавление сигнала от соседних виброисточников, а также кратных гармоник по зарегистрированным исходным виброграммам с помощью переменной по длине записи полосовой фильтрации, параметры которой рассчитывают на основе базовых параметров методики наблюдения.

B1

043732

043732

B1

Изобретение относится к области сейсмической разведки, в частности для получения коррелограмм высокого качества при проведении полевых сейморазведочных работ методом Slip-Sweep.

Метод выполнения полевых сейморазведочных работ Slip-Sweep предназначен для увеличения производительности работ. Спецификой реализации метода является параллельная работа нескольких виброисточников или групп виброисточников, время начала возбуждения упругих колебаний которых определяется параметром минимального времени задержки вступления соседнего виброисточника или их группы (параметр Slip-Time). В большинстве случаев удаления виброисточников или групп виброисточников друг от друга меньше длины активной расстановки. Как следствие, активной расстановкой регистрируются сейсмические данные, полученные не только от конкретного виброисточника или их группы (целевой источник), но также и от иных виброисточников или их групп (побочные источники).

Таким образом, на каждой из исходных зарегистрированных виброграмм присутствует полезная сейсмическая информация, представленная зарегистрированными активной расстановкой сейсмическими данными, полученными при возбуждении упругих колебаний целевым источником, а также помехи, представленной сейсмической информацией, зарегистрированной активной расстановкой при параллельном возбуждении упругих колебаний побочными источниками. В отличие от параметра Slip-Time, значение которого является константой для каждого конкретного участка работ, количество побочных источников, работающих параллельно, удаление источников друг от друга, на практике, при проведении работ методом Slip-Sweep, являются переменными величинами. В результате чего помехи данного типа являются нерегулярными, интенсивность их проявления на тех или иных временах регистрации и удалениях виброграммы уникальны для каждой виброграммы.

Принимая во внимание, что после выполнения взаимной корреляции виброграммы со свип-сигналом, помехи, обусловленные как работой побочных источников, так и наличием гармонических искажений (кратные частоты основной гармоника, возникающие в следствии нелинейной работой виброисточника и контакта системы "плита-грунт") от побочных источников, становятся неидентифицируемыми, повышение качества коррелограмм целесообразно проводить до проведения взаимной корреляции, т.е. по зарегистрированным исходным виброграммам, что реализовано в настоящем изобретении.

Наиболее близким аналогом настоящего изобретения является способ повышения качества итоговых коррелограмм посредством подавления помех методом их моделирования и адаптивного вычитания (Денисов М.Б., Шалашников А.В. "Способ подавления помех на коррелограммах, полученных при использовании высокопроизводительной схемы наблюдений Slip-Sweep"/Геомодель-2011). Способ заключается в получении первичных коррелограмм методом взаимной корреляции исходных виброграмм со свип-сигналом, последующим применении мьютинга к исходным виброграммам и обнулением виброграммы выше времени вступления побочного виброисточника, моделировании поля помех путём корреляции полученной виброграммы со свип-сигналом и выполнением адаптивного вычитания модели помех из первичных коррелограмм. Ключевым недостатком данного способа является крайне высокая сложность его производственного применения, обусловленная необходимостью адаптивного подбора мьютинга для каждой виброграммы и итеративностью выполнения операции по моделированию поля помех и их вычитанию, с учётом того факта, что помехи от различных побочных источников могут присутствовать на разных временах и удалениях. К недостаткам способа также следует отнести и субъективность принятия решений в отношении определения границ и траектории мьютинга, а также отсутствие возможности проведения контроля качества получаемого результата, по причине вычитания помех по коррелограммам, а не виброграммам. Таким образом, несмотря на потенциальную перспективность способа, данные недостатки, не позволяют обеспечить его промышленную применимость для повышения качества коррелограмм в приемлемые сроки с учётом количества виброграмм, регистрируемых при проведении работ методом Slip-Sweep, которое может составлять десятки и сотни тысяч для одного участка работ.

Задачей настоящего изобретения является повышение качества коррелограмм при проведении полевых сейморазведочных работ методом Slip-Sweep, с применением способа, предполагающего минимальную степень субъективизма и позволяющего обеспечить его применение в производственном режиме, за счёт чего повысить эффективность выполнения работ методом Slip-Sweep и последующих камеральных сейморазведочных работ.

Поставленная задача решается следующим образом:

в соответствии с методикой полевых сейморазведочных работ Slip-Sweep производится регистрации исходных виброграмм. На основании параметров свип-сигнала, времени записи виброграммы, длины свип-сигнала, параметра Slip-Time, проектируется набор полосовых фильтров с переменными по длине записи параметрами. Данные фильтры применяются к исходным виброграммам. Фильтрованные виброграммы преобразуются в итоговые коррелограммы с помощью взаимной корреляции со свип-сигналом.

На практике параметры фильтров проектируются следующим способом:

1) разбиение всего временного диапазона свип-сигнала на n отдельных частичных интервалов и вычисление величины нарастания частоты свип-сигнала в единицу времени по формуле:

$$\text{grad}F_n = dF_n/dt_n, (1)$$

где: $\text{grad}F_n$ - величина нарастания частоты свип-сигнала в единицу времени на данном интервале,
 $dF_n = F_{en} - F_{st}$ - изменение частоты на данном интервале,
 $dt_n = t_{en} - t_{st}$ - длина частичного интервала,
 n - порядковый номер частичного интервала,
 F_{st} и F_{en} - начальная и конечная частота на частичном интервале,
 t_{st} и t_{en} - начальное и конечное время на частичном интервале.

Центральная частота для данного частичного интервала определяется путём осреднения начальной и конечной частоты интервала по формуле:

$$cF_n = (F_{en} + F_{st})/2, (2)$$

где: cF_n - центральная частота частичного интервала (с порядковым номером n).

Для линейного свип-сигнала величина нарастания частоты свип-сигнала в единицу времени будет постоянной для всех частичных интервалов. К примеру, при линейном свип-сигнале в диапазоне частот от 10 до 90 Гц и длине свип-сигнала 20 с величина нарастания частоты для всех интервалов будет постоянной, и составит $F = (90-10)/20 = 4$ Гц/с;

2) определение граничных частот фильтра для каждого частичного интервала рассчитывается с использованием величины нарастания частот и параметра Slip-Time по следующим формулам:

$$stF_n = cF_n - lF/2, (3) \quad \text{и} \quad enF_n = cF_n + hF/2, (4)$$

где:

stF_n - начальная граничная частота для данного частичного интервала,

enF_n - конечная граничная частота для данного частичного интервала,

lF - граница низких частот, указывающая на минимально возможную текущую частоту развертки свип-сигнала последующего побочного виброисточника,

hF - граница высоких частот, указывающая на максимально возможную текущую частоту развертки свип-сигнала последующего побочного виброисточника.

Для линейного свип-сигнала эти параметры вычисляются по следующей упрощённой формуле:

$$lF = hF = \text{Slip-Time} * \text{grad}F_n, (5)$$

Для линейного свип-сигнала эти параметры вычисляются индивидуально для lF и hF путём суммирования локальных градиентов частоты умноженных на временной дискрет на всём интервале Slip-Time соответственно слева (на меньшие времена) и справа (на большие времена) от центрального дискрета частичного интервала. Если начальная граничная частота при расчёте становится отрицательной, то этому параметру присваивается значение 0 Гц;

3) выбор типа и крутизны фильтра в области перехода от зоны пропускания к зоне подавления. Для выполнения данной фильтрации подходит любой тип трапецеидальных КИХ-фильтров, при создании которых можно задать четыре параметра: частоты пропускания и подавления для границы низких частот и для границы высоких частот. Выбор конкретного типа фильтра будет напрямую влиять на баланс между качеством фильтрации и временем счёта. К примеру, фильтр Кайзера может быть оптимальным выбором. Крутизна фильтра будет зависеть от размера переходной зоны в частотной области. Переходная зона в частотной области - это диапазон частот между частотой пропускания (F_{pass}) и частотой подавления (F_{stop}) с каждого края полосового фильтра. К примеру, выбрав размер переходной зоны в 2 Гц, для фильтра с граничными частотами 10-20 Гц, мы получим следующие параметры трапецеидального фильтра: 9-11-19-21 Гц. Таким образом, вычислить параметры трапецеидального фильтра можно путем вычитания и сложения граничной частоты с половиной величины выбранного размера переходной зоны;

4) выбор длины фильтра. Во избежание появления искажений от фильтрации в области низких частот, параметр "длина фильтра" целесообразно проектировать переменным, с увеличением длины фильтров для начальных частичных временных интервалов. Длина фильтра должна быть нечётным целым числом. Шаг изменения длины должен быть целым чётным числом. К примеру, 2 или 4. Минимальная длина фильтра подбирается так, чтобы соблюсти баланс между качеством фильтрации и временем счёта. Максимальная длина фильтра рассчитывается на основе выбранной минимальной длины и шага изменения длины для частичного интервала. Фильтрация последнего временного интервала, соответствующего времени прослушивания (время записи коррелограммы) производится с параметрами последнего рассчитанного фильтра. К примеру, если длина свип-сигнала 48 с, время прослушивания 4 с, длина частичного интервала 1 с, то фильтрация с параметрами, рассчитанными для 48-го частичного интервала, применяется к последним 5 с записи виброграммы;

5) после применения фильтрации к частичным интервалам, проводится объединение соответствующих интервалов в одну виброграмму. В этом случае на границах интервалов результирующей виброграммы будут скачком меняться амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), вычисленные в скользящем окне. Благодаря выбору небольших частичных интервалов и постепенному изменению параметров соответствующих фильтров, эти скачки будут незначительными. В то же время, для получения более плавного изменения АЧХ на виброграмме, целесообразно модифицировать процедуры фильтрации и объединения временных интервалов следующим образом: непосредственно фильтрацию производить для расширенных частичных интервалов, имеющих зону перекрытия с двумя соседними интервалами.

Размер дополнительной зоны перекрытия на меньших временах должен быть равен половине соответствующей зоны на меньших временах, аналогично и для зоны на больших временах. Вычисляются две весовые функции: ρ_i и $1-\rho_i$, которые представляют собой набор линейно меняющихся чисел от 1 до 0 (и от 1 до 0 для $1-\rho_i$) на временном интервале длиной, равной размеру переходной зоны (среднее арифметическое между размерами двух соседних интервалов). Сумма этих двух функций в каждой точке должна быть равна 1. Первый интервал (после соответствующей фильтрации) умножается на весовую функцию, которая на первой половине равна единице, а на второй - функции ρ_i . Вторым и последующим расширенным интервалам умножаются на меньших временах на функцию $1-\rho_i$, а на больших временах на функцию ρ_i . После применения фильтрации и умножения на весовые функции расширенные частичные интервалы не только объединяются, но и суммируются в зонах перекрытий. Т.е. в зонах перекрытия степень воздействия предыдущего фильтра постепенно уменьшается, а степень воздействия последующего пропорционально увеличивается, за счёт чего достигается плавность изменения по времени параметров цифровой фильтрации.

Таким образом, предложенный способ обеспечивает значительное повышение качества итоговых коррелограмм при проведении полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep за счёт:

подавления помех, обусловленных регистрацией сейсмической информации активной расстановкой при параллельном возбуждении упругих колебаний побочными источниками вне зависимости от их количества и удаления от целевого источника, соотношения параметров Slip-Time и длины записи коррелограммы, а также, в высокой степени, кратных гармоник побочных источников, за исключением случаев полной интерференции сигнала целевого источника и кратных гармоник побочных источников на том или ином локальном временном интервале записи;

подавление нерегулярного шума, обусловленного техногенными факторами, а также помех, связанных с работой двигателей побочных источников.

Также способ обеспечивает:

минимальный уровень субъективизма и возможность контроля качества выполняемых операций;

минимальные временные затраты на реализацию способа и отсутствие необходимости применения каких-либо уникальных и малораспространённых инструментов для выполнения операций.

Реализация предложенного способа повышения качества коррелограмм при проведении полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep была выполнена специалистами ООО НПЦ "Геостра" и АО "Башнефтегеофизика" путём создания соответствующих заданий "Job Row" в таких программных комплексах как RadExPro, Omega, Geovation. Данный способ был успешно опробован на 3 съёмках МОГТ-3D в разных регионах России, характеризующихся различными сейсмогеологическими условиями. Таким образом, предложенный способ соответствует критерию изобретения "промышленная применимость".

На основании изложенного полагаем, что поставленная задача изобретения решена в полном объёме.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ получения коррелограмм высокого качества при проведении полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep, включающий возбуждение сейсмических колебаний виброисточником, их регистрацию, обработку и корреляцию опорного свип-сигнала с виброграммой, отличающийся тем, что дополнительно перед получением итоговых коррелограмм производится подавление сигнала от соседних виброисточников, а также кратных гармоник по зарегистрированным исходным виброграммам, методом переменной по длине записи полосовой фильтрации, параметры которой определяются на основе частотного диапазона развертки полосы свип-сигнала, величины нарастания частоты свип-сигнала в единицу времени, времени записи виброграммы, длины свип-сигнала, минимального времени задержки вступления побочного виброисточника.

