

Анализ эффективности технологий подавления эффектов наложения гармонических искажений, возникающих при выполнении полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep

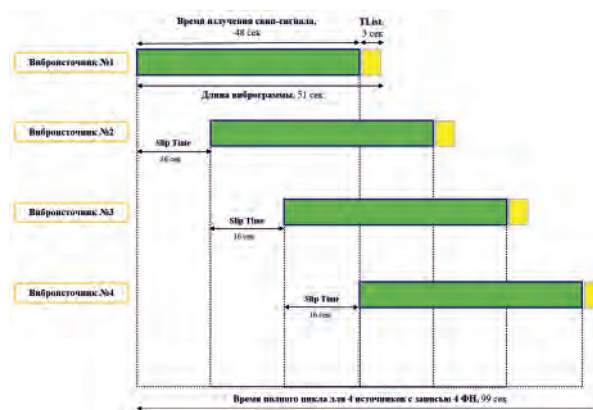
■ Акуленко А.С., ООО НПЦ «Геостра», АО «Башнефтегеофизика», г. Уфа
 ■ Гафаров Р.М., Сираев И.А., АО «Башнефтегеофизика», г. Уфа

Введение

Востребованность и частота производственного применения высокопроизводительных методик полевых сейсморазведочных работ, к классу которых относится Slip-Sweep [1], неуклонно возрастают. Данная тенденция обусловлена значительными перспективами геологического изучения недр на основе высокоплотных сейсмических данных, и, как следствие, необходимостью отработкикратно большего объёма физических наблюдений за тот же самый период, что и в случае выполнения работ по регистрации полевых сейсмических данных стандартной плотности.

Особенностью метода Slip-Sweep, за счёт которой обеспечивается высокая производительность работ, является практически одновременная работа нескольких виброисточников или, что на практике случается реже, групп виброисточников в рамках одной активной расстановки (Рис.1). При этом сейсмоприёмниками регистрируются сейсмические отклики, полученные не только в результате работы целевого виброисточника, но также и от иных, побочных, виброисточников, работающих параллельно. Данный аспект не является критичным в случае, если время задержки начала работы источников (параметр «Slip-Time») больше времени прослушивания (параметр «TList»), т.к. основные волновые поля, регистрируемые от разных виброисточников на виброграмме, не перекрываются, но, вне зависимости от соотношения данных

параметров возникает проблема наложения гармонических искажений (в зарубежной литературе - «Distortion»).



▲ Рис. 1. Концептуальная схема работы виброисточников при реализации методики Slip-Sweep для варианта работы с параметром «Slip-Time»=16 сек.

О проблеме гармонических искажений

Эффект гармонических искажений, т.е. образование помех в виде кратных частот основной гармонике, присущ вибрационному способу сейсморазведки в целом и не представляет собой особенность метода Slip-Sweep, т.к. причинами возникновения данного эффекта являются нелинейная работа самого виброисточника (насос, гидродвигатель и т.д.) и контакт системы «плита-грунт». При реализации стандартных методов полевой вибрационной сейсморазведки, а также при реализации метода Flip-Flop, данный тип помех устраняется при выполнении операции свёртки в процессе перехода от виброграммы к корелограмме, за счёт того что кратные частоты основного сигнала при корреля-

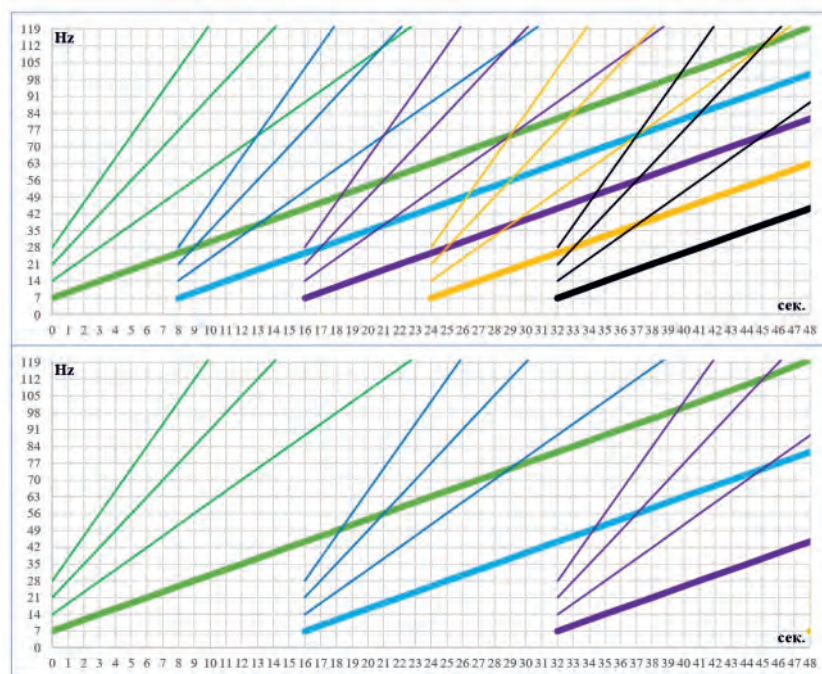


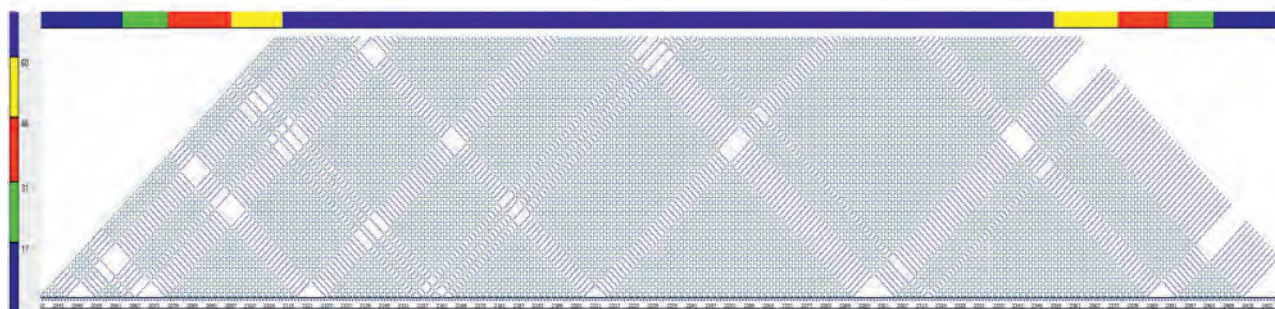
Рис. 2.
Математически
рассчитанные схемы
наложения основных
и кратных гармоник
виброисточников
при реализации метода
Slip-Sweep для варианта
применения параметра
«Slip-Time»=8 сек. (сверху)
и «Slip-Time»=16 сек. (снизу).

ции попадают в зону «отрицательных времен». Но при работе методом Slip-Sweep отрицательные времена одного источника являются положительными (целевыми) временами иного источника и, по данной причине, вопрос подавления помех данного типа не является тривиальным. Важно отметить тот факт, что чем меньше величина времени задержки начала работы источников («Slip-Time»), тем больше будет формироваться областей потенциальной интерференции кратных гармоник от побочных источников и основной гармоники целевого источника (Рис. 2).

Решение проблемы наложения гармонических искажений осложняется рядом факторов. В отличие от математически рассчитанных схем, где последующие виброисточники начинают излучение сигнала строго в соответствии со значением параметра «Slip-Time», на практике временная задержка начала работы виброисточников может быть больше величины данного параметра, что приводит к отсутствию регулярности регистрации побочных волновых полей. Также не является постоянной величиной и удаление виброисточников друг от друга.

Данные факторы приводят к тому, что математические схемы являются малоприменимыми для практического решения задачи и без знания полной логистической схемы пространственного положения виброисточников в пределах активной расстановки в каждый конкретный момент времени и точной идентификации времени вступления каждого из них, картировать эффекты наложения гармоник для конкретного пункта возбуждения не представляется возможным требуемой степенью точности.

Отмеченные аспекты во многом обуславливают наличие значительного количества соответствующих технологических решений на отраслевом рынке. Решения существенно отличаются по сложности и продолжительности их реализации, а также иным факторам, важным для оценки их эффективности. При этом априорно выделить какой-либо технологический подход в качестве наиболее перспективного, опираясь только на теоретические основы той или иной технологии, не представляется возможным, т.к. каждый из подходов является правомерным и реализует достаточно перспективную концепцию.



▲ Рис. 3. Схема фактической кратности опытного профиля (удаления 0-3000м).

По данной причине специалисты компании АО «Башнефтегеофизика», практикующей реализацию метода Slip-Sweep на постоянной основе уже несколько лет, в 2021 году провели опытно-методические работы, направленные на определение наиболее перспективной технологии, результатам выполнения которых посвящена данная статья.

Методика и результаты полевых опытных работ

Первая часть работ была представлена регистрацией полевых сейсмических данных на одном из участков недр, расположенных на территории Республики Башкортостан. Для выполнения последующих камеральных исследований был отработан опытный профиль (МОГТ-2D) длиной 9,39 км. с шагом по пунктам возбуждения (ПВ) 50 м и пунктам приёма (ПП) 25 м.

Все физические наблюдения (ФН) опытного профиля были отработаны с расстановкой 400 каналов, на которой были размотаны группы сейсмоприемников GS-20DX (12 приборов в группе). Данная расстановка позволила получить набор удалений ПВ-ПП до 9,3 км (Рис.3).

Т.к. комплекс проводимых в рамках проекта исследований не ограничивался только рассмотрением вопроса об оценке эффективности технологий подавления эффектов наложения гармонических искажений и включал в себя проработку иных важных аспектов, связанных с

практическим выполнением полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep, совокупное количество отработанных ФН составило 1593, по 177 ФН для стандартной методики регистрации и для каждого значения параметра «Slip-Time» из диапазона значений: 4-32 с., с шагом 4 с. при регистрации данных с применением метода Slip-Sweep.

На полученных виброграммах, вне зависимости от значения параметра «Slip-Time», поле помех представлено как сигнальной компонентой, зарегистрированной вследствие работы побочных виброисточников, так и сейсмическими откликами, связанными с работой двигателей виброисточников, ожидающих момента начала инициации упругих колебаний, а также поверхностными условиями и работоспособностью регистрирующей аппаратуры. Помехи данных типов проявляются и на уровне корелограмм и являются достаточно интенсивными (Рис.4).

По данной причине при последующем анализе результативности применения технологических решений, направленных на подавление эффектов наложения гармонических искажений, учитывалась не только степень успешности решения целевой задачи, но и эффективность использования той или иной технологии для подавления имеющегося многокомпонентного поля помех.

На зарегистрированных данных основные и кратные гармоники по спек-

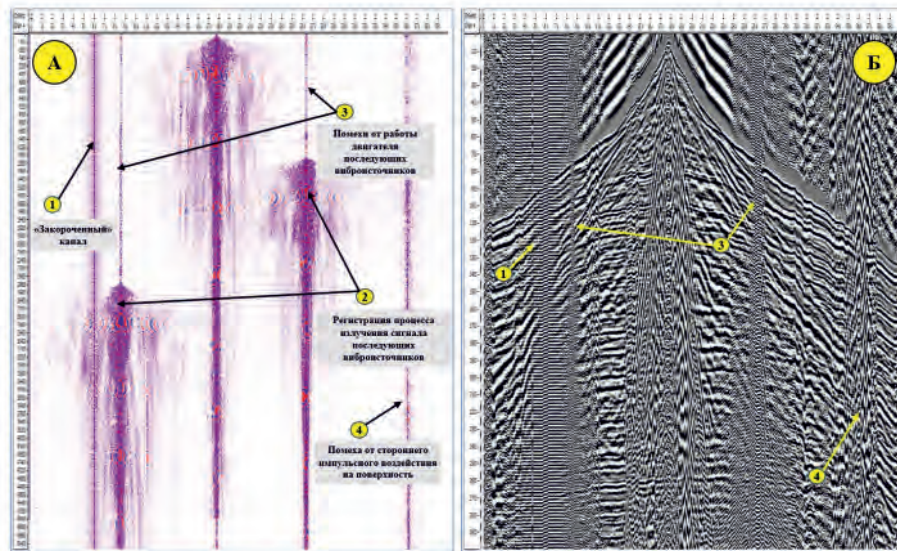


Рис. 4. Пример виброграммы (А) и корелограммы (Б) (с применением АРУ) полученных после отработки одного из ФН профиля со значением параметра «Slip-Time» =12 сек.

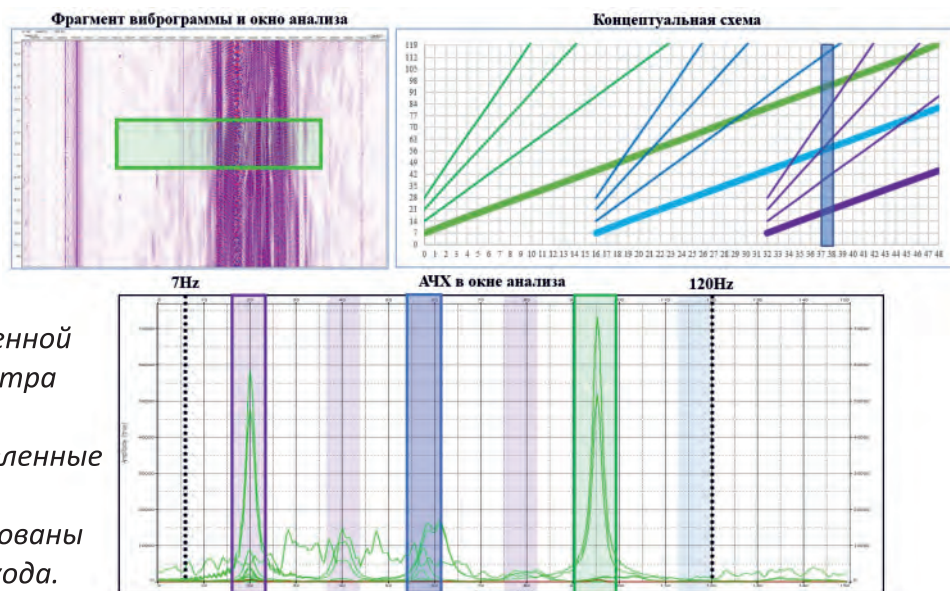
трам АЧХ с высокой степенью однозначности картируются именно по виброграммам (Рис.5) при выборе окна расчёта амплитудно-частотных характеристик в зонах наложения сигнала, зарегистрированного от основного и побочных виброисточников, и при условии наличия полной информации о логистике и фактическом времени начала процесса возбуждения упругих колебаний виброисточниками для каждого ФН. На уровне корелограмм, после выполнения операции свёртки, целевые аномалии амплитудно-частотных спектров становятся не однозначными и не имеют явно выраженной структуры.

Дополнительно, при регистрации каждого ФН, проводилась запись сигналов с датчиков «плиты» и «массы» виброисточников, а также математически рассчитывался сигнал «Ground Force» (формула (1)). Регистрация сигналов данных типов (Рис.6) была выполнена для последующего изучения вопроса о перспективах выполнения корреляции виброграмм с каждым из них.

Анализ эффективности свёртки виброграмм с опорными сигналами различных типов

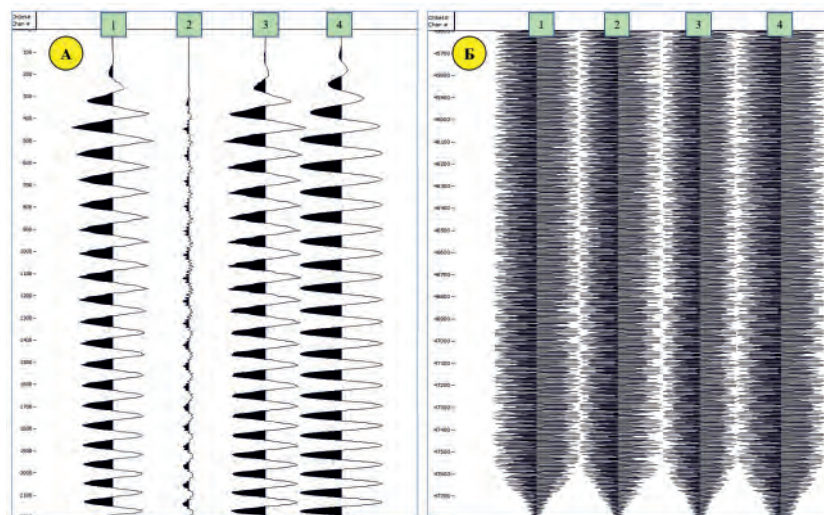
Сигнал «Ground Force» представляет собой весовую сумму «Сигнала с плиты»

Рис. 5. Пример результата картирования основных и кратных гармоник виброисточников по фрагменту виброграммы, полученной со значением параметра «Slip-Time»=16 сек. Гармоники, представленные на математической схеме и АЧХ ассоциированы посредством цветокода.



► Рис. 6. Пример зарегистрированных вспомогательных сигналов, А – начальный и Б- конечный интервалы записи сигналов.

1- «Сигнал с массы»,
2 - «Сигнал с плиты»,
3 - «Ground Force»,
4 - «Пилотный свип-сигнал».



и «Сигнала с массы» и вычисляется по формуле:

$$\text{Ground Force} = \text{RMAcc} \times \text{RMMass} + \text{BPAcc} \times \text{BPMass}, \quad (1)$$

Где RMAcc- ускорение акселерометра массы, м/с²;

RMMass- масса блока Массы, кг;

BPAcc- ускорение акселерометра плиты, м/с²;

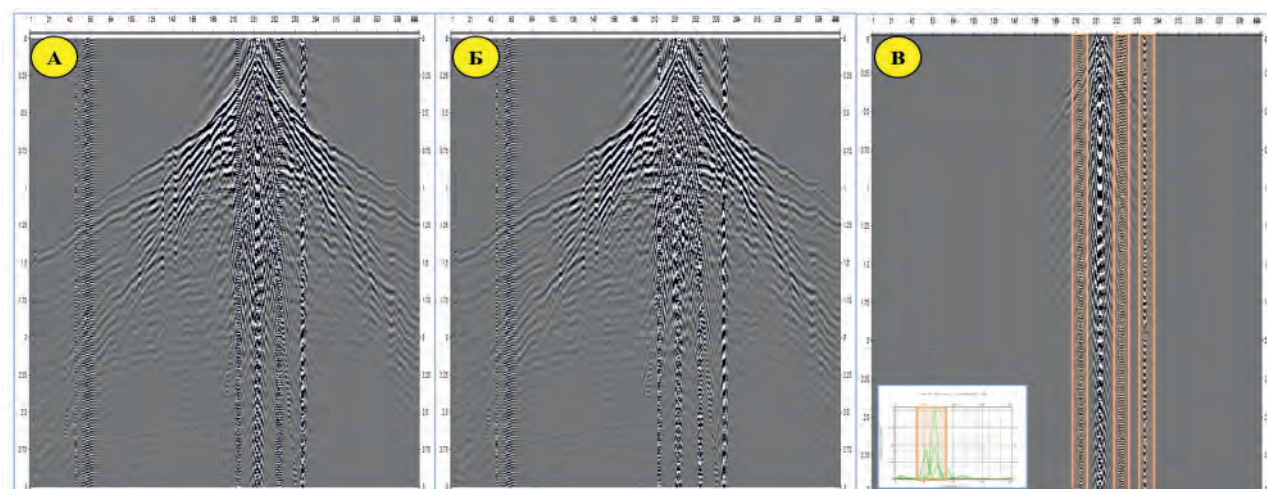
BPMass- масса Плиты, кг;

Таким образом, теоретически, в отношении решения проблемы подавление эффектов наложения гармонических искажений, «Ground Force» может иметь высокий потенциал не только для получения поля гармонических помех при реализации рассматриваемых технологий, но и для непосредственного приме-

нения при получении кореллограмм, т.к. по сути данный сигнал содержит информацию о нелинейных искажениях, обусловленных контактом системы «плита-грунт».

Однако, в процессе выполнения первой стадии камеральной части опытно-методических работ, установлено, что использование сигнала «Ground Force» не является целесообразным. Свёртка с пилотным свипом имеет гораздо больший потенциал, т.к. в данном случае энергия частотных компонент сейсмической записи не перераспределяется, в значительной степени подавляются высокочастотные помехи, связанные с работой двигателя побочных виброисточников (Рис.7). По данной причине все последующие работы, связанные с

▼ Рис. 7. Пример кореллограмм, полученных и использованием сигнала «Ground Force» (А), пилотного свип-сигнала (Б) и результат вычитания данных волновых полей (В).



реализацией технологических решений, были выполнены с применением пилотного свип-сигнала.

Технологии подавления эффектов наложения гармонических искажений

В рамках работ были реализованы и проанализированы следующие технологические решения, выбранные по принципам наибольшей распространённости и технологической доступности:

1. Технология «Следящая фильтрация»

Входными данными являются: виброграммы, пилотный свип – сигнал, выходными: виброграммы, корелограммы. Ограничения в отношении реализации в распространённых отраслевых программных комплексах: отсутствуют.

Суть технологии: применение на уровне виброграмм полосовой, переменной во времени фильтрации с параметрами, рассчитанными на основе модели распределения доминантных частот пилотного свип – сигнала основного и побочных виброисточников с учётом значения параметра «Slip-Time». За счёт применения фильтрации на уровне виброграмм устраняются сейсмические отклики, которые не соответствуют частотам основного источника для того или иного интервала времени регистрации. Для получения результирующих корелограмм выполняется свёртка фильтрованных виброграмм с пилотным свип – сигналом.

Концептуальная схема реализации технологии: загрузка исходных виброграмм, пилотного свип-сигнала, проектирование и применение к исходным виброграммам полосового, переменного по времени записи фильтра, анализ фильтрованных виброграмм на предмет корректности работы фильтра, свертка фильтрованных виброграмм с пилотным свип- сигналом для получения результирующих корелограмм.

2. Технология «адаптивного вычитания спрогнозированной помехи» («АВСП»)

Входными данными являются: виброграммы, пилотный свип – сигнал, сигнал «Ground Force» выходными: корелограммы. Ограничения в отношении реализации в распространённых отраслевых программных комплексах: отсутствуют, при условии возможности реализации адаптивного вычитания волновых полей, представленных сейсмическими данными до суммирования.

Суть технологии: подход предполагает выделение и последующее вычитание поля амплитудных помех всех типов на уровне виброграмм и поля гармонических помех на уровне корелограмм, выделяемого на основе последовательной свёртки волнового поля виброграммы(в интервале записи от значения «Slip-Time» до граничного времени свипа с сигналом «Ground Force») и, далее с пилотным свип – сигналом и последующим адаптивным вычитанием поля помех из волнового поля, представленного корелограммой, полученной путём свёртки исходных виброграмм с пилотным свип – сигналом.

Концептуальная схема реализации технологии: загрузка исходных виброграмм, пилотного свип-сигнала, сигнала «Ground Force», формирование и последующее вычитание поля амплитудных помех на уровне виброграмм, удаление волнового поля виброграмм выше значения параметра «Slip-Time», свёртка с сигналом «Ground Force», свёртка с пилотным свип-сигналом (формирование волнового поля гармонических помех), адаптивное вычитание помехи из корелограмм, полученных путём свёртки сходных виброграмм с пилотным свип-сигналом.

3. Технология «High-Performance Vibroseis for high-density land Acquisition (HPVA)»

Входными данными являются: виброграммы, пилотный свип – сигнал, сигнал «Ground Force»; выходными: корелограммы. Ограничения в отношении реализации в распространённых отраслевых программных комплексах: реализация возможна только в программном обеспечении Geovation версии не ниже 2.0, т.к. необходимо наличие специализированных модулей.

Суть технологии: после программного разделения ФН на основе атрибутов, рассчитываемых на базе сигнала «Ground Force» на категории «зашумленный» и «не зашумленный» (к ФН отнесенным к данной категории, технология не будет применена), для каждого ФН, отнесенного к категории «зашумленный», вычисляется набор теоретических операторов с использованием сигнала «Ground Force». Данные операторы применяются в окне сигнала для оценки и получения компоненты гармонического шума волнового поля. Полученное поле гармонического шума удаляется с помощью технологий адаптивного вычитания.

Концептуальная схема реализации технологии: загрузка исходных виброграмм, пилотного свип-сигнала, сигнала «Ground Force», создание базы данных предварительного анализа материала (программное распределение ФН по категориям «зашумленный» и «не зашумленный»), формирование и удаление модели гармонических помех из исходных корелограмм, полученных свёрткой исходных виброграмм с пилотным свип-сигналом.

4. Технология «SHARP»

Входными данными являются: виброграммы, пилотный свип – сигнал, корелограммы,

полученные путём свёртки виброграмм с пилотным свип-сигналом, выходными: корелограммы. Ограничения в отношении реализации в распространённых отраслевых программных комплексах: реализация возможна только в программном обеспечении Omega версий, выпущенных после 2018 г., т.к. необходимо наличие специализированных модулей.

Суть технологии: подход предполагает расчет и применение оператора предсказания гармоник (ОПГ) с использованием виброграмм и пилотного свип-сигнала. ОПГ рассчитывается на основе весовых коэффициентов гармоник, которые получаются путем оценки амплитуд при взаимной корреляции каждой входной трассы с пилотным свип-сигналом и ее гармониками. Рассчитанный оператор сворачивается с корелограммами, полученными путём свёртки исходных виброграмм с пилотным свип-сигналом (исходные корелограммы) для выделения поля кратных гармоник, которое затем вычитается из исходных корелограмм.

Концептуальная схема реализации технологии: загрузка исходных виброграмм, пилотного свип-сигнала, расчёт ОПГ, свёртка ОПГ с исходными корелограммами для получения поля кратных гармоник и последующее вычитание данного поля из исходных корелограмм.

Дополнительно, в рамках работ была рассмотрена **технология «Статистического прогноза»**.

Входными данными являются: виброграммы, пилотный свип – сигнал; выходными: виброграммы, корелограммы. Ограничения в отношении реализации в распространённых коммерческих программных комплексах: отсутствуют.

Суть технологии: удаление с помощью внешнего и внутреннего мьютинга пер-

вых вступлений сигнальной составляющей, зарегистрированной от процесса работы побочных виброисточников (ширина окна мьютинга как правило составляет около 300 мс.) на уровне виброграмм с последующей свёрткой результата с пилотным свип-сигналом для получения итоговых коррелограмм.

Концептуальная схема реализации технологии: загрузка исходных виброграмм, пилотного свип – сигнала, определение окон мьютинга индивидуально для каждой виброграммы, свертка виброграмм после применения мьютинга с пилотным свип- сигналом для получения результирующих коррелограмм.

Т.к применение данной технологии предполагает определение множественных окон мьютинга в ручном режиме для каждой виброграммы, её реализация является крайне трудоёмкой и времязатратной. По данной причине до момента разработки инструментов автоматизации процесса определения окон мьютинга, что является достаточно сложной задачей, учитывая нерегулярное распре-

деление первых вступлений побочных виброисточников по времени записи виброграммы и удалениям, технология не обеспечивает требуемой оперативности реализации. На основе данного заключения, после выполнения расчётов по нескольким ФН, дальнейшее рассмотрение технологии в рамках проекта признано нецелесообразным.

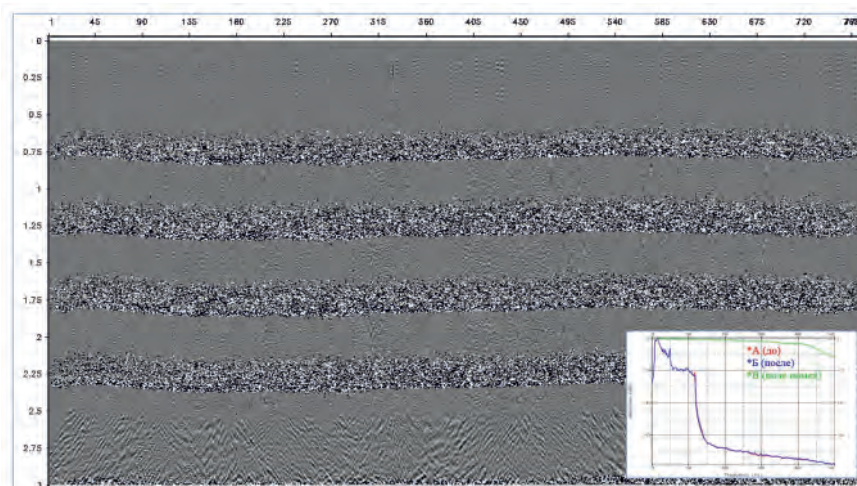
Критерии и результаты

После реализации каждой из рассматриваемых в рамках проекта технологий, полученные результаты были проанализированы с использованием широкого перечня критериев, направленных как на оценку эффективности решения целевой задачи, так и на потенциал технологий в отношении других, не менее важных факторов, связанных с подавлением помех иных типов, оперативностью реализации (для случая применения технологии в полевом вычислительном центре) и уровнем субъективизма при определении технологических параметров. Сводный перечень критериев представлен в Таблице 1.

▼ Таблица 1. Сводный перечень критериев, использованных при анализе результатов применения технологий.

№ Критерия	Описание критерия
1	Степень подавления на виброграммах элементов волнового поля – которые являются следствием регистрации последующих виброисточников
2	Степень подавления на виброграммах элементов волнового поля – которые являются следствием регистрации предыдущих виброисточников
3	Степень подавления на виброграммах помех, связанных с работой двигателей от последующих виброисточников
4	Степень подавления на виброграммах помех, связанных с регистрации единичных импульсных воздействий на поверхность/грунт
5	Степень подавления на виброграммах, корелограммах и суммированных данных промышленных помех и микросейсм
6	Степень подавления кратных гармоник на основе анализа АЧХ
7	Отсутствие/наличие полезного сигнала на разнице волновых полей на уровне корреллограмм и суммированных данных до и после реализации методики
8	Степень субъективности при реализации методики
9	Затраты времени на реализацию методики

- Рис. 8. Пример волнового поля с применением АРУ, на котором отмечаются артефакты, полученного в результате суммирования сейсмических данных, представленных разницей корелограмм до и после применения технологии «SHARP».



По итогам выполненного анализа, в отношении критериев № 1-4, результаты, полученные на уровне виброграмм рассмотрены только для технологии «Следящая фильтрация», для остальных технологий анализ проведен на уровне корелограмм и суммированных волновых полей в соответствии со спецификой выходных данных. Для технологии «Следящая фильтрация» в отношении критериев № 1-2 отмечается высокая степень подавления помех соответствующих типов на уровне виброграмм, в отношении критериев № 3-4 средняя степень подавления (помехи устраняются фрагментарно).

В отношении критериев №1-4 для иных технологий сделаны следующие заключения:

Технология «АВСП»: на уровне корелограмм и суммированных волновых полей отмечается крайне высокая степень подавления помех соответствующих типов.

Технология «HPVA»: на уровне корелограмм и суммированных волновых полей отмечается низкая степень подавления помех соответствующих типов.

Технология «SHARP»: на уровне корелограмм и суммированных волновых полей отмечается низкая степень подавления помех соответствующих типов. На

- ▼ Таблица 2. Результаты анализа по критерию №5 «Степень подавления на виброграммах, корелограммах и суммированных данных промышленных помех и микросейсм».

Методика	Результаты анализа
«Следящая фильтрация»	На уровне виброграмм, подавление помех данного типа происходит фрагментарно, на уровне корелограмм и суммированных данных, эффекты подавления помех отмечаются в крайне незначительной степени
«АВСП»	Отмечается крайне высокая степень подавления помех данного типа на уровне корелограмм и суммированных данных
«HPVA»	На уровне корелограмм и суммированных данных, эффекты подавления помех данного типа не выявлены
«SHARP»	Отмечается незначительная степень подавления помех данного типа на уровне корелограмм и суммированных данных. На результатах реализации методики присутствуют артефакты, которые визуальнo проявляются при суммировании вычтенных помех с включенным АРУ

▼ Таблица 3. Результаты анализа по критерию №6 «Степень подавления кратных гармоник на основе анализа АЧХ».

Методика	Результаты анализа
«Следящая фильтрация»	Высокая степень подавления. Вычтенные кратные гармоники картируются на АЧХ рассчитанным по кореллограммам и суммированным волновым полям (Рис.9, Рис.10)
«АВСП»	Оценка по критерию на уровне виброграмм- не представляется возможной (выходные данные – кореллограммы). По АЧХ выделить кратные гармоники – не представляется возможным в следствие влияния вычтенных поличастотных помех
«HPVA»	Оценка по критерию на уровне виброграмм- не представляется возможной (выходные данные – кореллограммы). По АЧХ кореллограмм и суммированных данных, можно сделать заключение о том, что на разнице волновых полей, представлена компонента, которая является комбинацией вычтенных кратных гармоник и, частично, поличастотных помех
«SHARP»	Оценка по критерию на уровне виброграмм- не представляется возможной (выходные данные – кореллограммы). По АЧХ выделить кратные гармоники – не представляется возможным в следствие влияния вычтенных поличастотных помех и артефактов, которые визуальнo проявляются при суммировании вычтенных помех с применением АРУ

▼ Таблица 4. Результаты анализа по критерию №7 «Отсутствие/наличие полезного сигнала на разнице волновых полей на уровне кореллограмм и суммированных данных до и после реализации методики».

Методика	Результаты анализа
«Следящая фильтрация»	Уровень потерь сигнала минимален. На разнице кореллограмм полезный сигнал не картируется
«АВСП»	Полезный сигнал на разнице суммированных волновых полей присутствует на низких частотах и фрагментарно, на высоких частотах. Уровень потерь сигнала – не значителен (картируется только на суммированных волновых полях с АРУ). На разнице кореллограмм – полезный сигнал – не картируется
«HPVA»	Полезный сигнал на разнице суммированных волновых полей фрагментарно присутствует на высоких частотах. Уровень потерь сигнала крайне незначителен (картируется только на суммированных волновых полях с АРУ). На разнице кореллограмм – полезный сигнал – не картируется
«SHARP»	Полезный сигнал на разнице суммированных волновых полей и кореллограмм отсутствует. Дополнительно: на разностных волновых полях (на уровне кореллограмм и сумм) с применением АРУ, присутствуют артефакты реализации методики

▼ Таблица 5. Результаты анализа по критерию №8 «Степень субъективности при реализации методики».

Методика	Результаты анализа
«Следящая фильтрация»	Реализация методики не предполагает принятия субъективных решений, за исключением выбора ширины зоны тейпера при проектировании фильтра
«АВСП»	Реализация методики предполагает принятие серии субъективных решений в отношении адаптивного вычитания
«HPVA»	Реализация методики предполагает принятие серии субъективных решений в отношении: выбора максимальных удалений для применения оператора, параметризации некоторых технологических модулей
«SHARP»	Реализация методики предполагает принятие субъективных решений в отношении настройки параметров создания «оператора предсказания гармоник»

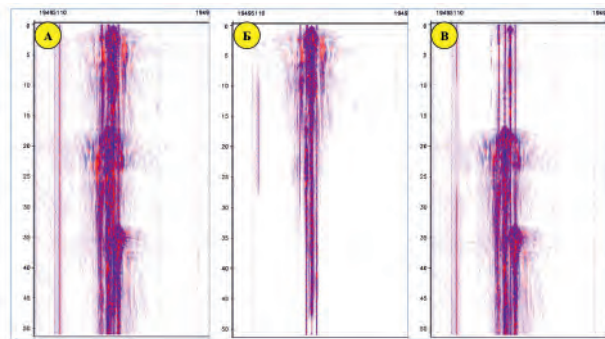
результатах реализации технологии присутствуют артефакты, которые визуально проявляются при суммировании вычитенных помех с применением АРУ (Рис.8).

Результаты анализа по критериям №5-8 представлены в Таблицах 2-5. Сводная информация о результатах комплексного анализа по критериям №1-9 представлена в Таблице 6.

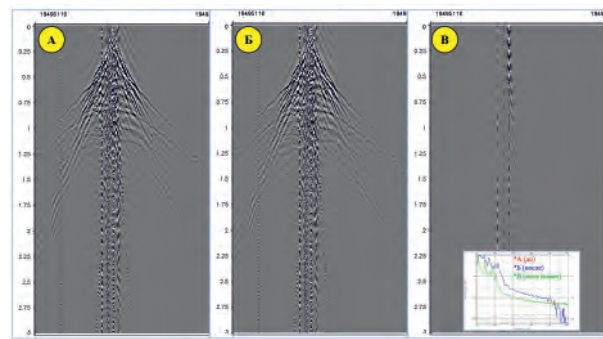
▼ Таблица 6. Сводная таблица, отражающая результаты комплексного анализа по критериям №1-9, а также итоговое заключение о ранге перспективности применения технологий.

	«Следящая фильтрация»	«АВСП»	«HPVA»	«SHARP»
Критерий №1				
Критерий №2				
Критерий №3				
Критерий №4				
Критерий №5				
Критерий №6				
Критерий №7				
Критерий №8				
Критерий №9				
Необходимость применения специализированного ПО	НЕТ	ДА	ДА	ДА
Ранг перспективности применения	I	II	II	III

Примечание: В отношении Критериев 1-4, сопоставление результатов реализации методик выполнено на уровне корелограмм и суммированных волновых полей. Зеленым цветом маркированы технологии, выбранные в качестве наиболее перспективных по тому или иному критерию.



▲ Рис. 9. Пример виброграммы до применения технологии «Следящая фильтрация» (А), после применения технологии (Б) и результат вычитания данных волновых полей (В).



▲ Рис. 10. Пример корелограммы до применения технологии «Следящая фильтрация» (А), после применения технологии (Б) и результат вычитания данных волновых полей (В).

В отношении критерия №9 «Затраты времени на реализацию методики» анализ был выполнен на основе удельной оценки затрат времени на реализацию технологий с момента загрузки исходных данных до получения результирующих корелограмм при использовании сервера с параметрами: 4 CPU, 8 GB RAM. Размер одного файла виброграммы 80 MB. Результаты анализа представлены на Рисунке 11.

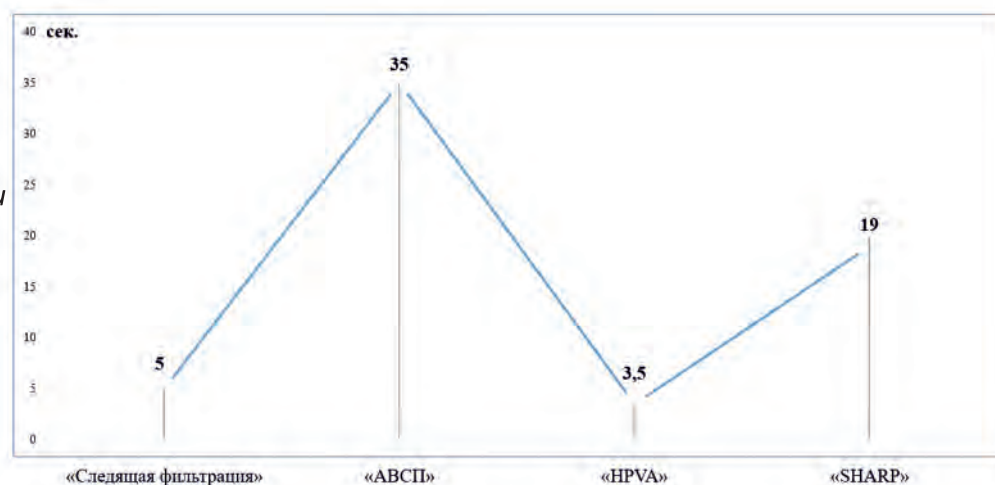
Заключение

По результатам выполненных исследований установлено, что, к сожалению, ни одна из рассмотренных технологий, гарантированно и в полной мере не решает целевую задачу по подавлению эффектов наложения гармонических

искажений. Каждая из технологий обладает как серией преимуществ, так и недостатков.

Тем не менее, принимая во внимание такие факторы как: достаточно эффективное и в тоже время контролируемое подавление эффектов связанных с гармоническими искажениями и их наложением, существенную значимость минимизации времени на реализацию технологии и уровня субъективизма, а также учитывая фактор возможности реализации технологии без использования специализированных модулей программного обеспечения, в качестве наиболее перспективной определена технология «Следящей фильтрации», разработанная специалистами АО «Башнефтегеофизика» несколько лет назад и патентуемая на

► Рис. 11. Величины удельных (на одно ФН) затрат времени на реализацию технологий.



данный момент. Авторы выражают надежды, что результаты исследований, представленные в данной статье, будут полезны специалистам при выполнении полевых сейсморазведочных работ методом Slip-Sweep.

Благодарности

Авторский коллектив благодарит Габидуллина Олега Мнировича, заместителя начальника отдела обработки сейсмических данных ООО НПЦ «Геостра» за помощь в подготовке материалов статьи.

Литература

1. Гафаров Р.М. Slip Sweep - метод высокопроизводительной сейсморазведки без потери качества получаемых данных в условиях центральной части России // Приборы и системы разведочной геофизики. 2012. № 1. С. 62-66.

Подробнее об авторах



Акуленко
Александр Семёнович

Руководитель группы развития бизнеса ООО НПЦ «Геостра» (АО «Башнефтегеофизика»). Окончил Гомельский ГТУ имени П.О. Сухого в 2007 г. Научные интересы: полевые и камеральные сейсморазведочные работы.



Гафаров
Радий Марсович

Главный геофизик Дирекции разведочной геофизики АО «Башнефтегеофизика». Окончил Свердловский Горный Институт в 1985г. Научные интересы: поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений.



Сираев
Ильнур Айратович

Первый заместитель генерального директора - директор Дирекции разведочной геофизики АО «Башнефтегеофизика». Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет в 2001г. Научные интересы – проектирование и создание технологических систем, изучение вибрационных источников сейсмических волн.