

Формирование графика кратности заданной формы в инженерной сейсморазведке

- Романов В.В., РГУНиГ (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва.
- Кауркин М.Д., Андреев Д.О., Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва.

Аннотация: В статье раскрываются способы приведения графика кратности к оптимальной форме.

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, кратность перекрытия

Введение

Кратность(перекрытия), то есть число трасс, приходящихся на одну среднюю точку, относится к важнейшим параметрам как полевых работ, так и последующей обработки [Курашов, 2011]. Высокий уровень этой величины определяет качество динамических разрезов МОВ и МПВ, получаемых путём суммирования трасс. В инженерной сейсморазведке с помощью увеличения кратности перекрытия [Ладейщиков, 2013] добиваются прослеживания динамически невыраженных отражающих и преломляющих границ в условиях высокого уровня техногенного шума и снижения количества артефактов обработки на разрезах [Ермаков и др., 2016].

Разрезы, полученные системами наблюдений с небольшой кратностью, обычно имеют невысокое качество, полезные волны на них выделяются с трудом или вообще отсутствуют. С другой стороны, увеличение кратности предполагает уменьшение относительного шага возбуждения Δ , что снижает темпы выполнения полевых работ. Кроме обеспечения достаточной большой максимальной(номинальной) кратности, система наблюдений должна характеризоваться равномерностью распределения кратности по профилю. В инженерной сейсморазведке номинальная кратность в 2 раза больше, чем в “большой сейсмике” при том же количестве приёмников и относительном шаге возбуждения, так как источник переме-

щается вдоль неподвижной расстановки. Помимо этих параметров, максимальное значение и распределение кратности по профилю определяется выносными расстановками и перекрытием смежных расстановок (приёмных линий) [Романов и др., 2025]. При проектировании систем наблюдений в инженерной сейсморазведке следует учитывать её специфику и весь спектр технологических решений при выполнении полевых работ. В статье приводится опыт проектирования систем наблюдений с различным распределением кратности перекрытия, изображаемого в виде графика кратности.

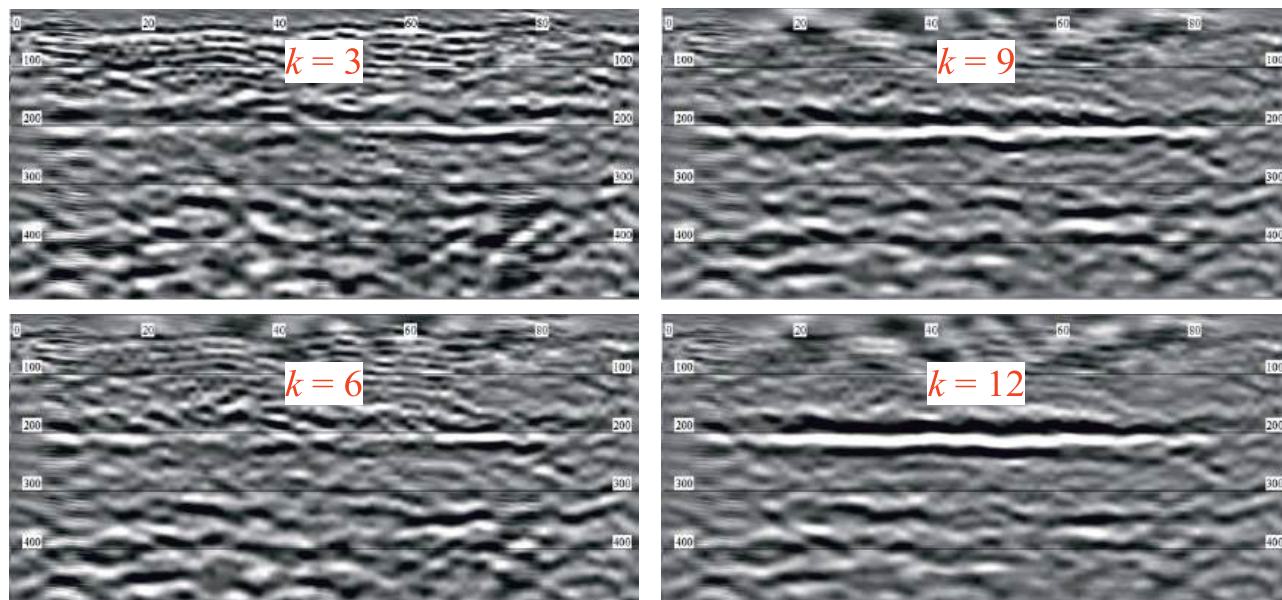
Результаты исследования

В процессе формирования системы наблюдений в первую очередь нужно определиться с номинальной кратностью перекрытия k_{max} . Она зависит от порядка приёмной линии (количества ПП в расстановке) N и относительного шага возбуждения Δ . Предельная кратность задаётся порядком приёмной линии и достигается, когда $\Delta x_{ПВ} = \Delta x_{ПП}$.

$$k_{max} = \frac{N}{\Delta}$$

$$\Delta = \frac{\Delta x_{ПВ}}{\Delta x_{ПП}}$$

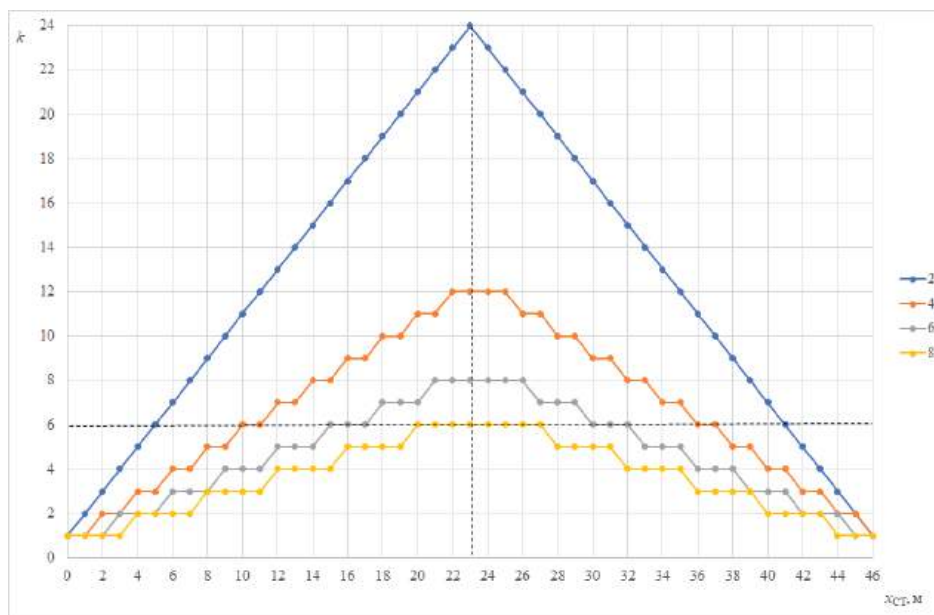
На рисунке 1 показан временной разрез, полученный с разной номинальной кратностью. При кратности 6 и менее отражение на времени 200 мс прослеживается с зонами потери и ухудшения корреляции, разрез в целом осложнён большим количеством артефактов обра-



▲ Рис. 1. Влияние кратности перекрытия на содержание и показатели качества временного разреза МОВ-ОСТ.

ботки — фрагментов волн, неподавленных при суммировании. Удовлетворительное качество прослеживания наблюдается при кратности не менее 12. Следовательно, при работе по распространённой методике «через канал» ($\Delta = 2$) минимальный порядок приёмной линии $N = 24$, а при $N = 48$ пункт возбуждения перемещается «через 3 канала» ($\Delta = 4$, число ПВ на приёмную линию — 13) для достижения той же кратности. На площадках изысканий с высоким уровнем шума кратность увеличивается до 24–48.

От краёв к середине приёмной линии кратность увеличивается от 1 до k_{max} , что также сказывается на качестве временных разрезов. На концах приёмных линий образуются зоны низкой кратности, где кратность меньше 6 (Рисунок 2). Их размер определяется порядком приёмной линии и относительным шагом возбуждения [Романов и др., 2022]. К примеру, если работать методом МОВ-ОСТ 24-канальной станцией с шагом возбуждения 8 м ($\Delta = 4$), то в зону низкой кратности войдёт вся приёмная



◀ Рис. 2. Влияние шага возбуждения на форму графика кратности при перемещении источника относительно неподвижной приёмной линии ($\Delta \times \text{ПП} = 2$ м, $N = 24$).

(По вертикали — кратность, по горизонтали — координата средних точек, шифр кривых — шаг возбуждения (м)).

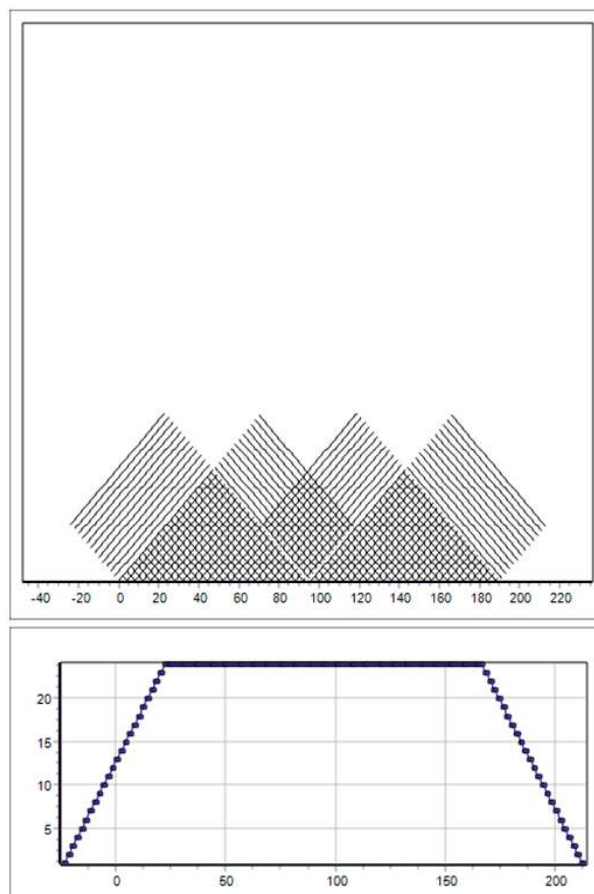
линия, а с уменьшением шага возбуждения до 4 м ($\Delta = 2$), общая длина зона низкой кратности будет равна 20 м. Только при минимальном относительном шаге возбуждения ($\Delta = 1$) график кратности имеет форму симметричного треугольника, с увеличением этого параметра график становится трапецией с сторонами пилообразной формы (Рисунок 2).

График кратности в форме трапеции предпочтительнее, чем треугольный, так как в первом случае обеспечивается более равномерное распределение кратности, а общая длина зон низкой кратности меньше [Романов, 2023]. Приведение треугольного графика к трапециoidalному выполняется включением выносных расстановок и перекрытием смежных приёмных линий. Добавление к фланговым и центральным расстановкам шаблона [Романов, 2022] выносных выравнивает график кратности так, что зоны низкой кратности сокращаются, а при пяти выносных расстановках на каждом фланге вообще выходят за пределы приёмной линии [Романов и др., 2024]. В сочетании с перекрытием приёмных линий при отработке “длинного профиля” выносные расстановки позволяют получить график кратности в форме трапеции, такой что зоны низкой кратности будут выходить за пределы профиля, а на самом профиле кратность всюду будет равна номинальной (Рисунок 3).

Количество пунктов приёма δ , на которое нужно перекрыть приёмные линии для обеспечения номинальной кратности, приведено в выражении:

$$\delta = \frac{N}{2} - \Delta \cdot N_R$$

где N_R — количество выносов на одном фланге.



▲ Рис. 3. Система наблюдений на обобщённой плоскости (сверху) и график кратности по ней (снизу).

К примеру, для приёмной линии порядка $N=48$, относительного шага возбуждения $\Delta = 2$ и пяти выносов, количество перекрывающихся ПП составит 14. Без использования выносов приёмные линии для достижения равной кратности на большей части длинного профиля следует перекрывать ровно на $N/2$.

Выводы

Кратность перекрытия во многом определяет уровень полезной компоненты на разрезах МОВ–ОСТ и МПВ–ОГП. Основной проблемой при реализации этих методов в инженерной сейсморазведке является неравномерное распределение кратности из-за перемещения источника относительно неподвижной приёмной линии. Для уменьшения зон

низкой кратности ($k < 6$) рекомендуется использовать меньшие относительные шаги возбуждения, выносные расстановки и перекрытие приёмных линий, а также сочетание всех изложенных подходов.

Литература

1. Ермаков, А. П. Опыт применения многоволновой сейсморазведки при оценке карстовой опасности / А. П. Ермаков, М. Л. Владов, Д. В. Шмурак // Инженерные изыскания. – 2016. – № 5-6. – С. 52-59. – EDN WGYEZO.

2. Курашов, И. А. Возможности повышения кратности сейсмических изображений при обработке данных / И. А. Курашов // Научные исследования и инновации. – 2011. – Т. 5, № 4. – С. 6-8. – EDN OJCOOB.

3. Ладейщиков, С. В. Оценка возможностей пространственных систем в малоглубинной сейсморазведке / С. В. Ладейщиков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 4. – С. 223-228. – EDN RABXLR.

4. Романов, В. В. Анализ развития терминологической базы методики двумерной сейсморазведки и предложения по ее развитию и унификации / В. В. Романов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2022. – Т. 64, № 1. – С. 61-74. – DOI 10.32454/0016-7762-2022-64-1-61-74. – EDN DIEHWD.

5. Романов, В. В. Опыт прослеживания отражающих границ на территории московского региона / В. В. Романов // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2023. – № 4(79). – С. 62-69. – EDN KYENCJ.

6. Романов, В. В. Анализ параметров систем наблюдений с перекрытием в инженерной сейсморазведке / В. В. Романов, М. Д. Кауркин, А. А. Иванов // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2022. – № 3(74). – С. 67-78. – EDN SDHCOV.

7. Романов, В. В. Предложения рационализации систем наблюдений в инженерной сейсморазведке / В. В. Романов, К. С. Сергеев, В. И. Рыжков // Инженерная и

рудная геофизика 2024. Инженерная и рудная геология 2024 : Материалы 20-й научно-практической конференции и выставки, Казань, 13–16 мая 2024 года. – Москва: ООО «Геомодель Развитие», 2024. – С. 202-205. – EDN ULGKOR.

8. Романов, В. В. Отличительные особенности реализации систем наблюдений с перекрытием в инженерной сейсморазведке / В. В. Романов, К. С. Сергеев, В. И. Рыжков // Инженерная и рудная геофизика 2025 : материалы научно-практической конференции и выставки, Екатеринбург, 21–25 апреля 2025 года. – Москва: ООО «Геомодель Развитие», 2025. – С. 300-303. – EDN TMRVLK.

Подробнее об авторах



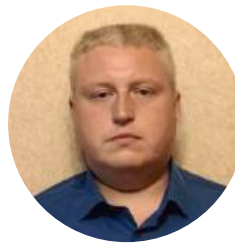
Романов
Виктор Валерьевич

доцент, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва



Кауркин
Михаил Дмитриевич

ведущий научный сотрудник лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, к.т.н., г. Москва



Андреев
Дмитрий Олегович

Ведущий инженер лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва