

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

А.В. Баев*, И.Е. Солтан**, А.А. Табаков**, И.В. Яковлев***

* МГУ, ** ОАО «ЦГЭ», *** ООО «ГЕОВЕРС», г. Москва

При численном решении задач моделирования волновых полей с использованием конечно-разностного подхода после выбора собственно схемы аппроксимации дифференциального оператора разностным основной проблемой является постановка граничных условий.

Такая задача возникает в связи с тем, что физически невозможно вести расчет на бесконечной сетке. Кроме того, как правило, при моделировании физических процессов исследователя интересует не все «бесконечное» пространство, а какая-то его часть (в частности, в ВСП – околоскважинное пространство), и, следовательно, нет необходимости искать решение в большой области. Так или иначе, на практике приходится обрывать сетку, создавая тем самым фиктивные границы.

Искусственные границы при решении волновых уравнений сильно влияют на результат и способны в значительной степени его исказить. Действительно, в реальной среде волна, не попавшая в приемник, уходит на «бесконечность». В условиях разностной схемы она отражается от границ области моделирования, регистрируется (возможно, не один раз) сейсмоприемником и в результате оказывает существенное влияние на результат моделирования.

К настоящему времени предложено несколько подходов к решению этой проблемы, изложенных в работах [1-3]. Но ни в одной из перечисленных работ не приведены количественные оценки, свидетельствующие об эффективности применяемых методик.

Авторами были проанализированы свойства наиболее популярных граничных условий, описанных в [3]. Эти условия основаны на замене волновых уравнений в граничных точках расчетной сетки на соотношения, при которых имеет место полное поглощение для волн, движущихся изнутри области, только при условии нормального падения волны на границу. В случае падения, отличного от нормального, такие условия работают с точностью, зависящей от угла падения и упруго-плотностных характеристик среды.

Исследования проводились в большом диапазоне значений упругих параметров. Получены количественные зависимости отражающих характеристик поглощающих границ от угла прихода волны. Вычислительные эксперименты выполнялись при различных значениях шагов дискретизации по временной и пространственным переменным.

Экспериментально установлено, что отражательные характеристики границ области моделирования существенно зависят от размера ячеек пространственной сетки. Авторами предлагается для уменьшения влияния искусственных границ на результаты расчетов использовать схему с неравномерным шагом по пространственным переменным. Для того, чтобы избежать большого объема дополнительных вычислений, предлагается переходить к более мелкой сетке только в относительно небольшом приграничном слое.

Литература:

1. R. Clayton, B. Engquist. Absorbing boundary conditions for acoustic and elastic wave equations. // Bull. Seism. Soc. Am., v. 67 (1977), pp. 1529-1540.
2. R. Kosloff, D. Kosloff. Absorbing boundaries for wave propagation problems. // J. Comp. Phys., v. 63 (1986), pp. 363-376.
3. R. Stacey. Improved transparent boundary formulations for the elastic-wave equation. // Bull. Seism. Soc. Am., v. 78 (1988), pp. 2089-2097.