

Секция «Математика и механика»

Волновые поля от сосредоточенного источника во внутренней задаче Лэмба
Терентьева Елена Олеговна

Аспирант

*Московский Государственный Строительный Университет, Институт
фундаментального образования, Москва, Россия*

E-mail: Xelena-elena@yandex.ru

В работе исследуется внутренняя задача Лэмба, а именно, проводится анализ волнового поля в эпицентральной зоне от действия сосредоточенной силы внутри упругой полуплоскости. Результаты анализа имеют важное практическое значение в современной геофизике т.к. определение типов сейсмических волн представляющих наибольшую опасность с точки зрения воздействия на сооружения, находящиеся в зонах, близких к эпицентру землетрясения, крайне важно для создания надежных методов сейсмической защиты.

Динамические задачи о действии силы сосредоточенной на границе полупространства или полуплоскости, и аналогичная задача о действии силы приложенной внутри упругого полупространства или полуплоскости впервые были рассмотрены Лэмбом [1]. Решение этих задач в [1] было сведено к интегральным уравнениям относительно скалярного и векторного потенциалов. Надо отметить, что в [1] в случае произвольных по времени нагрузок замкнутое решение удалось построить лишь в пространстве изображений (по Фурье для пространственных переменных и по Лапласу для временной переменной).

В настоящей работе внутренняя задача Лэмба исследована с помощью метода конечных элементов по пространственным переменным, а также численным интегрированием с помощью явной разностной схемы второго порядка точности по времени. Проведен анализ волновых процессов происходящих вблизи эпицентральной зоны. Особое внимание уделяется следующим, мало исследованным и отчасти противоречивым результатам:

- приход непосредственно в эпицентр сигнала, отвечающего S-волне [6];
- расстояние от эпицентра, отвечающее появлению рэлеевских волн, сравнение формул Накано и Пекериса;
- обнаружение сигналов, отвечающих исчезающим SP- и PS-волнам.

В работе рассматриваются сосредоточенные силовые нагрузки, заданные в виде временной функции Хэвисайда и временным -импульсом. Еще одна особенность, связанная с эпицентральной зоной, состоит в обнаружении в [4] исчезающей (evanescent) волны, называемой также SP-волной.

Анализ результатов показал, что непосредственно в эпицентре вертикальная компонента перемещений имеет второй локальный максимум, отвечающий приходу S-волны, тогда как горизонтальная компонента перемещений – тождественно нулевая. На расстоянии от эпицентра, где H - глубина источника, в сигнале появляется горизонтальная составляющая, причем сразу же за приходом S-волны, горизонтальные смещения становятся нулевыми, в то время как, вертикальные медленно убывают. На расстоянии от эпицентра на горизонтальной компоненте обнаруживаются три локальных экстремума, отвечающих (по времени прихода) объемной P-волне, исчезающей SP-волне и объемной

S-волне, а на графике для вертикальной компоненты вслед за всплеском, отвечающим S-волне, появляется еще один локальный максимум, соответствующий (по скорости его распространения) рэлеевской волне. Заметим, что на графиках, отвечающих расстоянию локальный максимум, отвечающий рэлеевской волне еще не заметен.

Важно отметить практически полное совпадение результатов конечноэлементных расчетов и вычислений по аналитическим формулам во всем исследовавшемся диапазоне времен. С помощью конечноэлементных расчетов был обнаружен импульс, отвечающий SP-волне, начало которого, в силу особенностей конечноэлементной модели, располагается несколько выше теоретического значения. В результате конечноэлементных расчетов импульсов, соответствующих распространению PS-волны, обнаружить не удалось.

Отдельно следует остановиться на импульсах, отвечающих распространению рэлеевской волны: конечноэлементные расчеты показали, что появление рэлеевской волны, происходит в соответствии с асимптотическими оценками [3, 4]. Зарождение рэлеевской волны происходит на расстоянии это существенно меньше оценки, полученной в [5], для плоской задачи Лэмба и сосредоточенной силы, меняющейся во времени, как функция Хэвисайда. Анализ графиков показал, что признаки появления рэлеевской волны связаны с появлением небольшого «горба» на графике для вертикальной компоненты.

В заключение отметим, что непосредственно в эпицентре на вертикальной компоненте заметно появление второго локального максимума, отвечающего, по времени прихода, сигналу от S-волны, – это подтверждает результат, полученный в [6] с помощью интегральных преобразований.

Литература

1. Lamb H. On the Propagation of Tremors over the Surface of an Elastic Solid // Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser.A, 1904, vol. 203, pp. 1-42.
2. Nakano H. Some problems concerning the propagations of the disturbances in and on semi-infinite elastic solid // Geophysical Magazine, 1930, vol. 2, pp. 189-348.
3. Nakano H. On Rayleigh waves // Japan Journal of Astronomy and Geophysics, 1925, vol. 2, pp. 233-326.
4. Pekeris C.L., Lifson H. Motion of the surface of a uniform elastic half-space produced by a buried pulse // J. Acoust. Soc. Am., 1957, vol. 29, pp. 1233-1238.
5. Payton R.G. Epicenter motion of an elastic half-space due to buried stationary and moving line sources // Int. J. Solids Struct., 1968, vol.4, pp. 287-300.