

## **ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

**Шарейко М.А.**

**научный руководитель д.т.н. Симонов К.В.**

***Сибирский Федеральный Университет***

***Институт инженерной физики и радиоэлектроники***

Землетрясения занимают третье место после тайфунов и наводнений по величине ущерба, причиняемого населению. При всей тяжести последствий землетрясений оказывается, что уменьшение ущерба и прежде всего безопасность людей можно обеспечить при соблюдении определенных требований к проектированию и строительству зданий и сооружений в сейсмических районах. При этом проблема обеспечения сейсмостойкости различных зданий и сооружений включает в себя различные аспекты: выбор расположения площадки строительства; детальное определение её геологических условий; задание исходной сейсмической информации; обеспечение сейсмостойкости сооружений за счёт адекватного выбора их компоновки и конструктивных схем, достаточной точности сейсмических и прочих расчётов, надлежащего качества материалов и строительных работ и т.д.

Моделирование реакции геологической среды на землетрясения выполняется с помощью программного комплекса SHAKE2000, разработанного в США (Schnabel et.al.,1972) и модернизированного в части программной оболочки в 2000 г. Также в исследованиях использовались программные средства разработанные на основе алгоритмов SHAKE91.

Изучаемы в работе программные средства предназначены для анализа движений, возникающих в заданном одномерном горизонтально-слоистом грунтовом разрезе, при падении на него вертикально снизу плоской горизонтально-поляризованной волны. Расчет волнового поля основан на использовании представления о частотно-зависимой переходной функции, как отношения амплитуды расчетного движения к амплитуде падающей волны в частотной области. В программе выполняется учет нелинейного и неупругого поведения грунтов при нагрузках, вызванных приложенным движением.

Расчет свойств грунта по отношению к максимальным сдвиговым деформациям, вызванным сейсмическим движением, выполняется итеративно в линейном приближении с использованием зависимостей относительного модуля сдвига и вязкого затухания от уровня циклической деформации для материала каждого слоя.

Инструментальные сейсмические исследования методом МПВ проводятся с целью количественной оценки скоростей продольных и поперечных сейсмических волн и последующего расчета по методу акустических жесткостей реакции сейсмореализующего слоя на вероятные сильные землетрясения. Метод преломленных волн (МПВ) основан на регистрации волн, проходящих значительную часть пути в пластах, характеризующихся большей скоростью по сравнению с выше лежащими. На некотором удалении от источника такие волны обгоняют все другие. Это создает условия для их регистрации в области первых вступлений.

МПВ является основным методом при проектировании инженерных сооружений и разведке грунтовых вод. При инженерно-геологических изысканиях МПВ в комплексе с сейсмоакустическими методами широко применяют для изучения упругих и деформационных свойств разреза. Замечательной особенностью метода преломленных волн является возможность при залегании слоистой толщи на полупространстве или однородном слое большой мощности преломленную от подошвы этой толщи волну наблюдать на таком расстоянии от источника, при котором

она приходит к поверхности раньше всех других волн (метод первых вступлений). Это свойство преломленных волн широко используют при решении инженерно-геологических и гидрогеологических задач, когда, например, необходимо найти положение границы, разделяющей рыхлые и консолидированные отложения или сухие и водонасыщенные.

Для обработки геофизической информации используется программный комплекс RadExPro Plus™. Инструментальная оценка сейсмоакустических свойств сейсмореализующего слоя рассматривается как информационная база для расчета приращений сейсмической интенсивности. Оценка приращений сейсмической интенсивности по методу акустических жесткостей выполняется на основе измерения скоростей распространения сейсмических волн и значений плотностей в верхней толще изучаемого и эталонного грунта с учетом влияния обводненности разреза и возможных резонансных явлений.

Система RadExPro (МПВ) предназначена для обработки и интерпретации сейсмических данных, полученных по методу преломленных волн. Достоинством программы является то, что она позволяет осуществить внутри одной системы весь процесс обработки данных сейсморазведки МПВ: чтение и визуализацию сейсмограмм, фильтрацию, редактирование трасс и ввод поправок, корреляцию вступлений волн, построение и редактирование годографов, определение сейсмических скоростей и построение преломляющих границ. При возникновении каких-либо невязок или сомнений в результатах, всегда возможен возврат на несколько шагов назад для корректировки данных или повторной обработки части материала.

Программа позволяет, в зависимости от формы годографов, производить их интерпретацию или как годографов головных волн, т.е. строить преломляющие границы, или как годографов рефрагированных волн, т.е. строить изолинии скорости в непрерывной среде с переменной скоростью. Возможна также интерпретация одиночных годографов для приблизительной оценки параметров разреза. Входной информацией для моделирования являются сейсмогеологические модели (СГМ) и набор акселерограмм, характеризующих сейсмическое воздействие.

Сейсмогеологическая модель представляет собой табличную форму, содержащую послойное описание сейсмических характеристик грунтового комплекса (мощность слоя, плотность, скорость распространения продольных и поперечных волн, динамические свойства материала и т.д.), которые получены в результате полевых инженерно-геологических и геофизических работ. Также для построения СГМ используется информация из нормативной литературы и баз данных механических свойств различных грунтов, созданных на основе многолетних инженерно-геологических исследований и содержащихся в программном комплексе SHAKE2000.

В основу математического моделирования реакции геологической среды на сильные землетрясения положена концепция о необходимости учета не одного возможного воздействия, а ансамбля воздействий с различными спектральными характеристиками в соответствии с имеющейся информацией о сильных землетрясениях региона. Математическое моделирование позволяет выполнить численный расчет амплитуд акселерограмм, временных изменений напряжения и деформации, коэффициентов динамичности.

Для получения акселерограмм данные обрабатывались программой из комплекса SMSIM (Stochastic Model SIMulation – моделирование на основе стохастической модели). SMSIM – это набор программ, предназначенных для моделирования колебаний грунта на основе стохастического метода.

Программы включают ряд драйверов, которые обращаются к подпрограммам и модулям подпрограмм. Драйверы рассчитывают пиковое ускорение, пиковую скорость, пиковое смещение, интенсивность, и спектры отклика для диапазона

периодов осциллятора. Драйверы для временного интервала включают опцию записи в файл определенного подмножества набора временных рядов используемого для получения пиковых колебаний. Некоторые драйверы запрашивают у пользователя магнитуду и расстояние в интерактивном режиме; другие считывают магнитуды и расстояния из управляющего файла.

Для получения акселерограмм используется программа GMRVDRVR. GMRVDRVR – программа пользовательского интерфейса для вычисления колебаний грунта на основе вычислений случайного колебания. После обработки данных в программе GMRVDRVR, используется программа WinShake. Данная программа преобразует данные, полученные программой GMRVDRVR, в графический вид.

Алгоритм программы состоит в последовательной обработке опций, заданных в командном файле. Алгоритм программы состоит в последовательной обработке опций, заданных в командном файле. Не все опции обязательны, для анализа необходимо лишь задание грунтового разреза и движения. Порядок следования опций (по возрастанию их номеров) является обязательным, и вместе с тем при необходимости все опции можно сколько угодно раз повторять

Результаты обработки каждой опции имеют графический вывод, как на экран дисплея, так и на принтер, по желанию пользователя. Результаты расчетов, сохраняемые в выходных файлах программы. Ввод данных в программе выполняется всюду под управлением списка, т.е. не форматно. Это значит, что требуемые числа могут располагаться в любом месте строки или ее продолжения во входном текстовом файле в том порядке, который для нее определен и не могут быть пропущены. Это избавляет от подсчитывания номеров полей при вводе чисел. Символьные данные размещаются на отдельной строке.

В результате исследований выполнено моделирование реакции геологической среды на землетрясения выполняемых в специализированных программных комплексах, посредством пересчета ансамбля акселерограмм через сейсмогеологические модели на дневную поверхность. В итоге, получены оценка сейсмических воздействий для исследуемой локальной площадки.