

## ОЦЕНКА СПЕКТРА РЕАКЦИИ ГРУНТА ДЛЯ ГЕООБЪЕКТА

Бауэр А.А.

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

*Сибирский Федеральный Университет*

*Институт инженерной физики и радиоэлектроники*

Наиболее простым и точным методом моделирования колебаний грунта является объединение параметрического или функционального описания спектра колебания грунта со случайным фазовым спектром, измененным настолько, чтобы колебание было распределено в течение длительности, соотнесенной с магнитудой землетрясения и расстоянием от очага.

Изучаемый в работе метод моделирования колебаний грунта называют стохастическим методом. Он используется в моделировании высокочастотных колебаний грунта, а также широко применяется для прогнозирования колебаний грунта, в случае если отсутствует возможность регистрировать колебания от потенциально разрушительных землетрясений. Важнейшей характеристикой метода является возможность извлечения информации из уже известных различных факторов, влияющих на колебания грунта (источник, трасса сейсмического сигнала и локальные эффекты) в виде простых функциональных форм.

Стохастический метод является простым и эффективным средством моделирования колебаний грунта. Он используется при получении колебаний грунта тех частот, которые наиболее всего интересны сейсмологам-инженерам. Важнейшим компонентом стохастического метода является спектр колебания грунта. В нем заключается физика процесса землетрясения и распространения сейсмических волн.

Полный спектр колебания в очаге  $Y(M_0, R, f)$  разбивается на составляющие землетрясения – очаг (E), трасса (P), локальные эффекты (G) и тип колебания (I), следующим образом:

$$Y(M_0, R, f) = E(M_0, f) P(R, f) G(f) I(f),$$

где  $M_0$  – сейсмический момент,  $f$  – частота колебаний,  $R$  – расстояние до поверхности.

Форма, и амплитуда спектра определяются как функция размера землетрясения. Очаг землетрясения для всех моделей имеет вид:

$$E(M_0, f) = C M_0 \times S(M_0, f),$$

где  $C$  – постоянная величина,  $S(M_0, f)$  – очаговый спектр по смещениям, имеющий вид:

$$S(M_0, f) = S_a(M_0, f) \times S_b(M_0, f).$$

Путь ( $P$ ) вычисляется посредством умножения геометрического расхождения на функции  $Q$

$$P(R, f) = Z(R) e^{-\pi f R / Q(f) C_0},$$

где  $C_0$  – сейсмическая скорость, а функция геометрического расхождения  $Z(R)$  задается кусочно-непрерывной серией прямых линий. За  $R$  обычно принимается самое близкое расстояние до разломной плоскости. Оно вычисляется следующим образом:

$$R = \sqrt{D^2 + h^2},$$

где  $D$  – ближайшее расстояние до вертикальной проекции разломной плоскости на поверхность земли,  $h$  – расстояние от эпицентра до места наблюдения.

Локальные эффекты (G) удобно разделять усиление  $A(f)$  и затухание  $D(f)$ :

$$G(f) = A(f) \times D(f)$$

Функция усиления  $A(f)$  обычно соответствует очагу, если не принять во внимание изменение амплитуды из-за распространения волны. Функция ослабления  $D(f)$  используется для моделирования потери энергии независимой от пути. Начальной точкой получения усиления  $A(f)$  является функция скорости поперечной волны по отношению к глубине распространения волн.

Усиление  $A(f)$  можно получить методами вычисления волн, которые учитывают реверберации, или приблизительно и более просто предположив, что усиление волн равно квадратному корню коэффициента комплексного сопротивления (импеданса) между источником и поверхностью.

На основе теоретических данных были рассчитаны осредненные модельные спектры реакции колебаний грунта для исследуемой площадки. Полученные спектры представлены на рисунке 1 (справа от рисунка цветными линиями обозначены магнитуды и эпицентральные расстояния.)

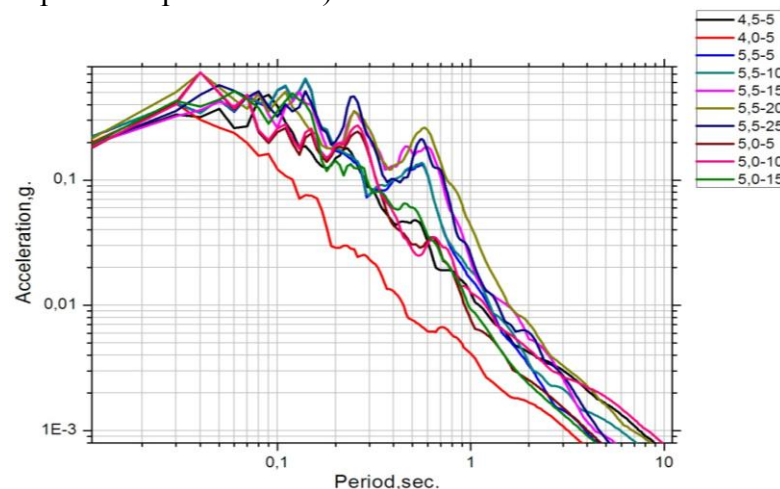


Рисунок 1 – Осредненные спектры реакции синтезированных акселерограмм

На рисунке 2 представлены осредненные спектры реакции от реальных акселерограмм, взятых из мировых баз данных.

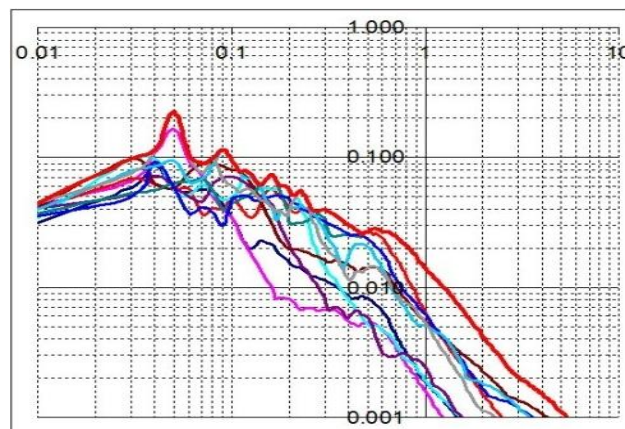


Рисунок 2 –Осредненные спектры реакции реальных акселерограмм

В результате исследований разработана методика расчета спектра колебаний грунта, выполнены расчеты акселерограмм и спектры реакции изучаемого грунта, а также получены их скоростные характеристики. Показано, что стохастический метод адекватно решает задачу оценки спектров колебаний грунта, ожидаемых при серии землетрясений с определенными магнитудами и расстояниями до очага.