

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГРУНТОВ ПОД СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ НА РЕЗУЛЬТАТ ОБРАБОТКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Произведена оценка влияния передаточных характеристик среды под сейсмической станцией на результаты обработки записей землетрясений и их использования с целью моделирования синтетических акселерограмм сильных движений на примере сейсмической станции „Алушта”.

Ключевые слова: грунтовые условия; сейсмическая станция; синтетическая акселерограмма.

Грунтовые условия под локальными площадками оказывают влияние на расчетные воздействия, усиливая или ослабляя подходящую к ним сейсмическую волну в зависимости от амплитудно-частотных характеристик среды и спектрального состава сейсмических волн. В настоящее время при обработке записей землетрясений (при определении энергетического класса) в Крыму вводятся станционные поправки для различных сейсмоактивных районов, величина которых, в том числе определяется и строением среды под сейсмическими станциями [Пустовитенко и др., 1989]. Однако воздействие отличается на различных частотах. Большинство сейсмических станций в Крыму установлены на скальных основаниях, собственные частоты которых достаточно высоки, чтобы не оказывать существенного влияния на проходящий сейсмический сигнал с меньшими преобладающими частотами. В остальных случаях влияние амплитудно-частотных характеристик среды под сейсмическими станциями необходимо учитывать.

В конце 2011 г. было определено строение верхней пачки грунтов залегающих под сейсмической станцией „Алушта” [Отчёт КРП „КЭС”, 2011]. Среда под станцией представлена пачкой плоскопараллельных слоёв грунта, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Строение среды под сейсмической станцией „Алушта”

| № слоя | V_p , м/с | V_s , м/с | ρ , кг/м ³ | h , м |
|--------|-------------|-------------|----------------------------|----------|
| 1 | 750 | 350 | 2100 | 3 |
| 2 | 1250 | 600 | 2190 | 6 |
| 3 | 1750 | 800 | 2260 | 3.5 |
| 4 | 2330 | 1250 | 2320 | ∞ |

Используя метод Ратниковой [Ратникова, 1973], который применяется также и в разработанном программном комплексе для расчёта акселерограмм [Пустовитенко и др., 2010], можно рассчитать передаточные характеристики среды как для P -, так и для S -волн. Результаты расчётов приведены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, влияние слоя среды под сейсмической станцией на проходящий сейсмический сигнал должно быть существенно на частотах более 2 Гц.

Спектры записей смещений землетрясений регистрируемых в Крыму хорошо описываются моделью Брюна [Brune, 1970], то есть на частотах превышающих частоту f_0 уровень колебаний спадает по квадратичному закону. Как известно, значение f_0 уменьшается с ростом энергии землетрясения. Поэтому следует ожидать, что искажение, вносимое в волновую форму средой под станцией будет существенно для слабых местных землетрясений, а для ощутимых и разрушительных землетрясений влияние грунтов будет незначительным, поскольку собственные частоты колебания грунтов будут приходиться на глубокий спад амплитудного спектра колебаний. Чтобы оценить это влияние, возьмём записи истинных смещений соответствующих относительно слабому местному землетрясению и сильному местному расчётному землетрясению, которое примем за запись, полученную на сейсмической станции „Алушта”. Затем уберём из записи влияние верхней пачки слоёв грунта, разделив комплексный спектр записи на комплексный спектр среды под станцией. Восстановим записи обратным преобразованием Фурье и сравним с исходными во временной и спектральной области. Все вычисления проводились для трёхкомпонентных записей, но для примера будем рассматривать одну горизонтальную компоненту (в зависимости от проекции N-S или R – направление от очага на пункт регистрации).

На рисунке 2 показаны горизонтальная компонента записи смещений относительно слабого землетрясения с $M_w=3.4$ ($f_0=3$ Гц) с учётом влияния характеристик среды под станцией и вносимое средой искажение (разность записей без учёта и с учётом влияния среды).

На рисунке 3 показано то же самое, но приведённая выше запись землетрясения была пересчитана на $M_w=6.6$ ($f_0=0.6$ Гц) с использованием метода применяемого в Крыму для расчёта синтетических акселерограмм [Пустовитенко и др., 2010; Пустовитенко и др., 2011].

Как видно из рисунков 2 и 3, сделанное выше предположение верно. Искажение волновой формы смещений модельного сильного землетрясения практически не заметно, а в случае слабого землетрясения влияние грунтов существенно, но характер искажения таков, что можно ограничиться учётом станционной поправки.

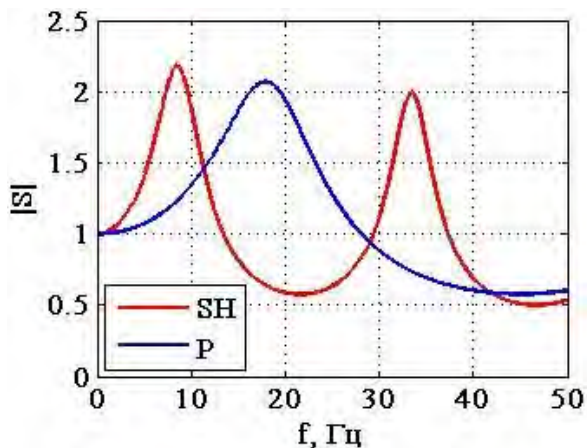


Рис. 1. График амплитудно-частотной характеристики среды под сейсмической станцией „Алушта”

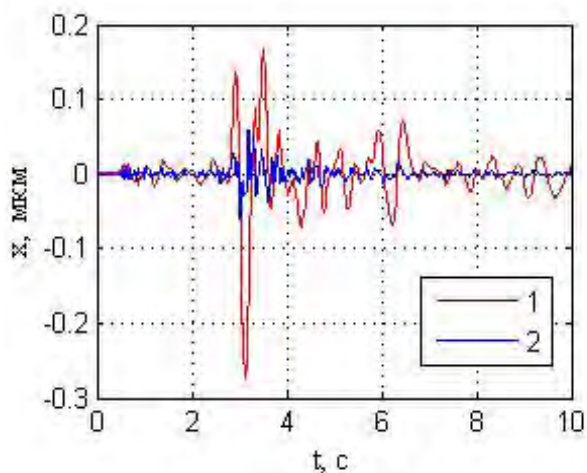


Рис. 2. Горизонтальная компонента записи землетрясения с $M_w=3.4$: 1 – с учётом влияния характеристик среды под станцией; 2 – вносимые средой искажения

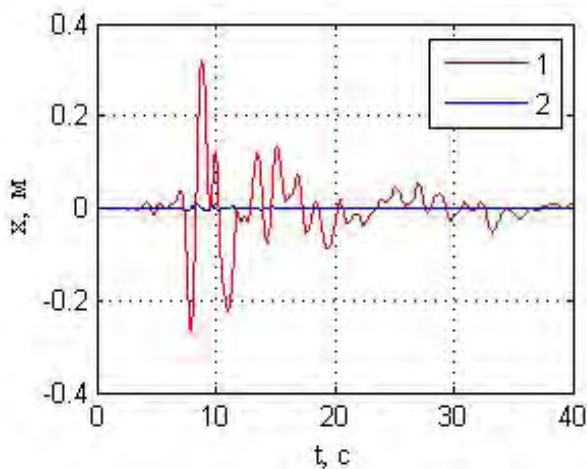


Рис. 3. Горизонтальная компонента записи землетрясения с $M_w=6.6$: 1 – с учётом влияния характеристик среды под станцией; 2 – вносимые средой искажения

Рассмотрим теперь, как влияет среда под станцией „Алушта” на конечный результат расчёта синтетических акселерограмм сильных движений по разработанной методике масштабирования реальных записей относительно слабых „типичных” местных землетрясений на высокий энергетический уровень с пересчётом на исследуемую площадку [Пустовитенко и др., 2010; Пустовитенко и др., 2011]. В качестве „типичного” выбрано землетрясение, зарегистрированное в Демерджинской зоне 10 сентября 2008 года, время в очаге 21 час 39 мин. 30.0 сек. (по Гринвичу), параметры очага $\varphi = 44.77^{\circ}N$, $\lambda = 34.40^{\circ}E$, глубина $h = 22$ км, $K_{II} = 7.2$ ($M_w = 2.6$), эпицентральное расстояние от сейсмической станции „Алушта” – 10 км. В качестве исследуемой площадки выбрана реальная площадка строительства гостиницы по адресу: г. Алушта, ул. Октябрьская, 50. Строение среды под этой площадкой взято из отчётов [Федин, Бирюк, 2012; Федин, Борзяк, 2012]. Передаточные характеристики среды под площадкой рассчитывались так же, как и под станцией. Акселерограммы строились для расчётной интенсивности $I = 8$ баллов.

Результаты построения синтетических Акселерограмм с учётом воздействия пачки слоёв грунта под сейсмической станцией и без него (учитывалась только среда под исследуемой площадкой) представлены на рисунке 4.

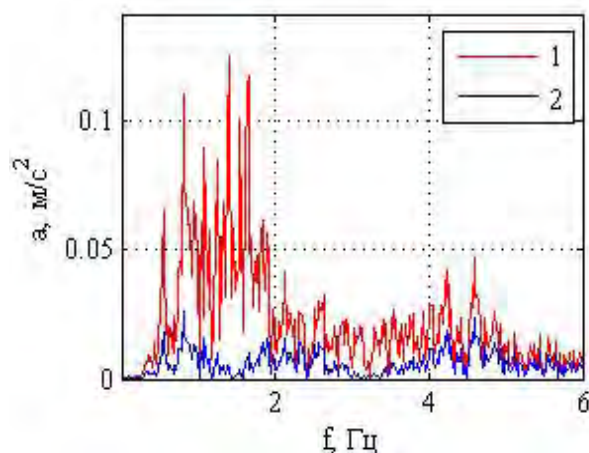


Рис. 4. Амплитудный спектр компоненты расчётной акселерограммы: 1 – с учётом влияния характеристик среды под станцией; 2 – модуль разности спектров ускорений без учёта влияния среды и с учётом влияния среды

Поскольку при моделировании синтетических акселерограмм происходит случайное смещение фаз, сравнение показано в виде амплитудного спектра ускорений и искажения спектра, вызванные игнорированием передаточной характеристики среды под станцией.

При масштабировании слабых землетрясений спектр записи в логарифмическом масштабе сме-

шається влево параллельным переносом в соответствии с эмпирически установленными для городов Крыма зависимостями вида $lg f_0 = -a \cdot M_w + b$ [Пустовитенко, Пантелеева, 1990]. Учёт характеристик среды под станцией проводится до масштабирования по энергетическому уровню, поэтому при окончательном расчёте среда будет оказывать максимальное влияние на частотах, близких к собственным частотам колебания высотных зданий. Как видно из рисунка 4, в рассматриваемом примере вносимые искажения на некоторых частотах могут достигать 20% от максимального уровня.

Вывод

При обработке записей землетрясений, включающей в себя определение спектральных и динамических характеристик землетрясений и их очагов, достаточно учитывать станционный коэффициент для амплитуд записей. В то же время при использовании записей полученных на сейсмической станции для построения синтетических акселерограмм учитывать передаточную характеристику среды под станцией необходимо, поскольку её влияние на конечный результат расчетов может быть значительным. Только в случае, если сейсмическая станция размещена на скальных грунтах с высокими собственными частотами учётом передаточной характеристики среды можно пренебречь.

Литература

Отчет о работе КРП „КЭС” по Республиканской программе „Обеспечение сейсмобезопасности АРК” за 2011 год (Фонды КЭС и Рескома) – 2011. – 125 с.
Пустовитенко Б.Г., Калинин И.В., Мержей Е.А., Моделирование прогнозных сейсмических воз-

действий сильных землетрясений Крыма // Будівництво та техногенна безпека: зб. наук. праць. – Симферополь: НАПКС, 2011. – Вип. 35. – С.104-111.

Пустовитенко Б.Г., Калинин И. В., Мержей Е.А., Пустовитенко А.А., Кульчицкий В.Е. Методология и методические основы моделирования сейсмических воздействий на высотные здания в Крыму // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2010. – Вип. 73. – С. 316–323.

Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона // – К.: Наук. думка. – 1989. – 192 с.

Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. – Киев: Наукова думка, – 1990. – 249 с.

Ратникова Л.И. Методы расчета сейсмических волн в тонкослоистых средах – М.: Наука. – 1973. – 124 с.

Федин М.М., Бирюк Л.Н. Заключение об инженерно-геологических условиях площадки проектируемого строительства гостиницы (5 этажей) по адресу: г. Алушта, ул. Октябрьская № 50. Фонды ООО „Южнобережный центр изысканий”. Алушта, 2012.

Федин М.М., Борзяк И.П. Отчет „Сейсмическое микрорайонирование площадки проектируемого строительства гостиницы (5 этажей) по адресу: г. Алушта ул. Октябрьская № 50”. Фонды ООО „Южнобережный центр изысканий”. Алушта, 2012.

Brune J.N. Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // J. Geophys. Res. – 1970. – 75. – N 26. – P. 4997-5009.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ҐРУНТІВ ПІД СЕЙСМІЧНОЮ СТАНЦІЄЮ НА РЕЗУЛЬТАТ ОБРОБКИ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Є.О. Мержей

Зроблена оцінка впливу передаточних характеристик середовища під сейсмічною станцією на результати обробки записів землетрусів та їх використання з метою моделювання синтетичних акселерограм сильних рухів на прикладі сейсмічної станції „Алушта”.

Ключові слова: ґрунтові умови; сейсмічна станція; синтетична акселерограма.

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF GROUND UNDER SEISMIC STATION ON THE RESULT OF PROCESSING OF EARTHQUAKES

E.A. Merjey

The assessment of influence of the transfer characteristics of the medium under the seismic station on the results of the processing of earthquake records and their use in order to simulate synthetic accelerograms of strong motion on the example of seismic station „Alushta” has been done.

Key words: ground conditions, seismic station; synthetic accelerogram.