

Проведена сверка двух однотипных приборов РМР-2А, из которых один работал с приставкой. Результаты синхронных измерений показали, что оба прибора работают строго согласованно с чувствительностью 0,5 нТл. Кроме того прибор с приставкой имеет ряд преимуществ: во-первых, данные получаются после появления контрольной цифры на индикаторе, что свидетельствует о нормальной работе прибора; во-вторых, целая система работает с чувствительностью 0,25 нТл. При чувствительности 0,5 нТл в таблице одному и тому же значению поля могут соответствовать несколько (2—4) показаний прибора. Нам удалось избежать этого путем повышения чувствительности в приставке. Надо отметить, что это осуществлено также в приборе РМР-4, работающем с чувствительностью 0,25 нТл.

Сопоставляя полученные результаты вышеуказанных синхронных измерений (рис. 2), убеждаемся, что приставка оправдывает себя, а ее применение с приборами РМР-2А необходимо.

Испытание за два года геомагнитометра с приставкой на данном этапе удачно завершается во временной станции магнитометрических наблюдений «Кармрашен».

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 23.VI. 1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полевой протонный магнитометр РМР-2А. Варшава. 1973.
2. Ротштейн А. Я., Цирель В. С. Протонные геомагнитометры. Москва, 1963.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 6, 70—73

УДК 550.34

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Р. О. АМАСЯН, Л. А. МАНУКЯН

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГРУНТА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Для решения пространственных задач динамики и сейсмостойкости сооружений, помимо совершенствования расчетных динамических моделей сооружений, нужно также совершенствовать модель сейсмического возмущения, т. е. сейсмическое возмущение необходимо моделировать как многокомпонентный процесс. Существующими в настоящее время сейсмометрическими приборами можно зарегистрировать только три составляющие поступательного движения грунта при землетрясениях. Однако, полная сейсмологическая информация о землетрясениях должна заключать в себе кроме трех поступательных, еще три составляющие, которые определяют вращательное движение грунта относительно осей x , y , z . Инструментальные записи вращательного движения грунта до сих пор не получены, поэтому дать количественную оценку о вращательном движении грунта при землетрясениях возможно только косвенно, основываясь на записи поступательных составляющих движения грунта.

Рассмотрим малый прямоугольный элемент упругого тела грунта, который подвергается сейсмическим воздействиям и деформируется. Этот элемент можно привести в конечное положение с помощью трех следующих шагов, примененных к элементу в недеформированном теле [3].

1. На элемент накладываются деформации ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z , γ_{xy} , γ_{xz} , γ_{yz} , из которых ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z — компоненты относительного удлинения элемента в направлениях x , y , z , γ_{xz} , γ_{yz} , γ_{xy} — компоненты сдвиговой деформации, и затем элемент ориентируется таким образом, чтобы направления главных деформаций не испытывали поворота.

2. Элемент переносится поступательно так, чтобы его центр занял свое конечное положение (эти перемещения можно регистрировать сейсмографами).

3. Элемент вращается вокруг центра до совпадения со своей конечной ориентацией.

Вращение на третьем шаге можно определить при заданных перемещениях x_0 , y_0 , z_0 .

Определим вращение грунта относительно вертикальной оси z .

$$\varphi_z = 0.5 \left(\frac{\partial Y_0}{\partial x} - \frac{\partial X_0}{\partial y} \right) \quad (1)$$

Принимая, что перемещение X_0 вызвано поперечной сейсмической волной, движущейся в направлении y , а перемещение Y_0 вызвано поперечной волной, движущейся в направлении x , можем записать

$$X_0(y, t) = F_1(y \mp v_s t),$$

$$Y_0(x, t) = F_2(x \mp v_s t),$$

где V_s — скорость распространения поперечной сейсмической волны.

Дифференцировав X_0 и Y_0 по y , x и t , получим

$$\frac{\partial X_0}{\partial x} = \frac{1}{v_s} \frac{\partial Y_0}{\partial y}, \quad \frac{\partial X_0}{\partial y} = \frac{1}{v_s} \frac{\partial X_0}{\partial t}$$

Подставляя значения $\frac{\partial Y_0}{\partial x}$ и $\frac{\partial X_0}{\partial y}$ в (1), получим следующее выражение для определения угла вращения грунта относительно вертикальной оси z .

$$\varphi_z = \frac{1}{2v_s} \left(\frac{\partial Y_0}{\partial t} - \frac{\partial X_0}{\partial t} \right), \quad (2)$$

где $\frac{\partial Y_0}{\partial t}$ и $\frac{\partial X_0}{\partial t}$ — велосигramмы поступательного движения грунта в двух перпендикулярных горизонтальных направлениях.

Чтобы получить угловую скорость вращательного движения грунта, достаточно дифференцировать (2) по времени:

$$\dot{\varphi}_z = \frac{1}{2v_s} \left(\frac{\partial^2 Y_0}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 X_0}{\partial t^2} \right), \quad (3)$$

где $\frac{\partial^2 Y_0}{\partial t^2}$ и $\frac{\partial^2 X_0}{\partial t^2}$ — акселерограммы поступательного движения грунта в двух перпендикулярных горизонтальных направлениях.

Дифференцируя (3) по времени еще один раз, получим выражение для определения углового ускорения грунта:

$$\ddot{\varphi}_z = \frac{1}{2v_s} \left(\frac{\partial^3 Y_0}{\partial t^3} - \frac{\partial^3 X_0}{\partial t^3} \right). \quad (4)$$

Аналогичным образом можно определить вращательное движение грунта относительно осей x и y .

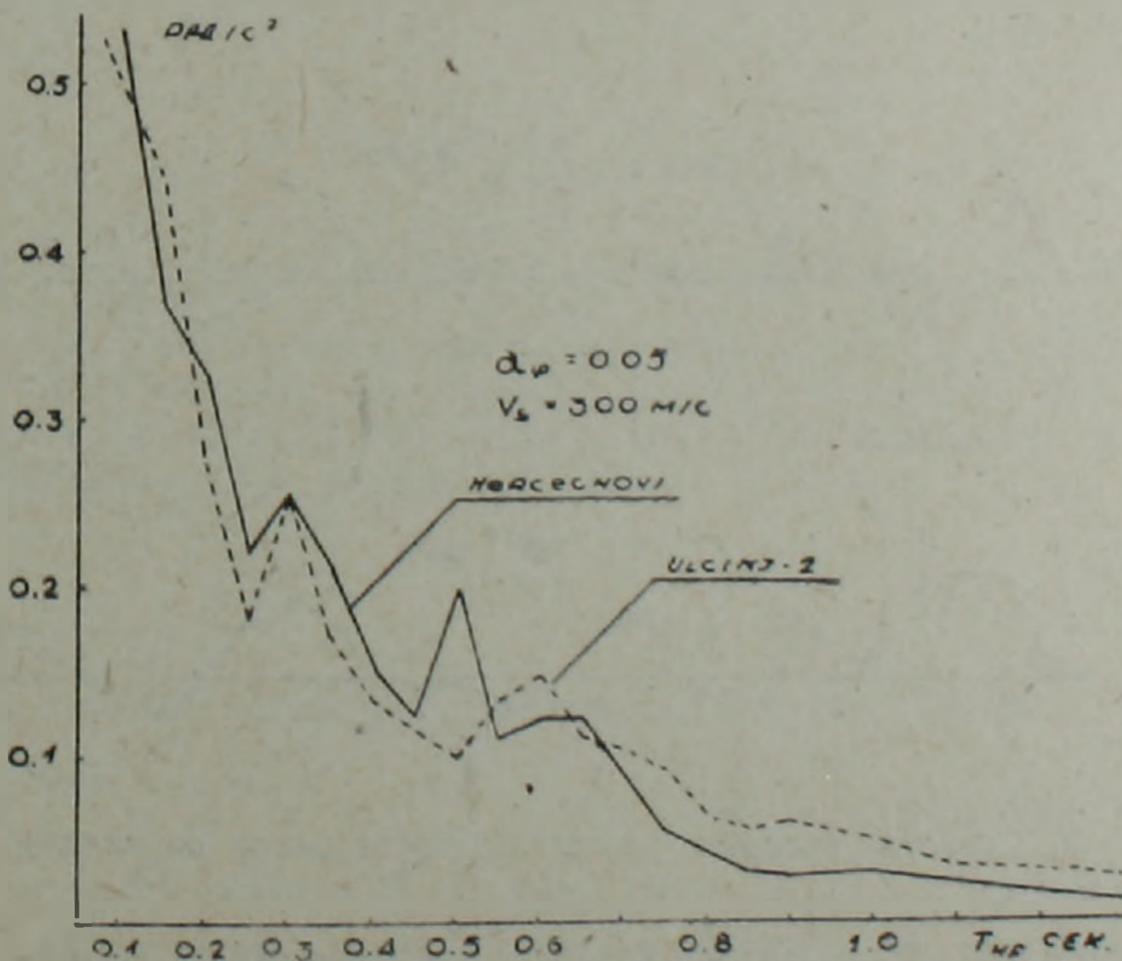


Рис. 1. Кинематические параметры движения грунта.

По вышесказанной методике вычислены кинематические параметры вращательного движения грунта. В качестве исходных данных использованы акселерограммы землетрясений, которые происходили в 1979 году в Югославии [4]. Графические изображения двух горизонтальных компонент поступательного ускорения и кинематические параметры вращательного движения грунта показаны на рис. 1. Скорость распространения поперечной сейсмической волны принята 300 м/с. С помощью по-

лученных записей вращательного движения грунта можно вычислить спектры реакций для системы с одной степенью свободы. Уравнение крутильных колебаний такой системы относительно вертикальной оси z имеет следующий вид [2]:

$$\ddot{\varphi} + a_{\varphi} \frac{2\pi}{T_{kp}} \dot{\varphi} + \left(\frac{2\pi}{T_{kp}}\right)^2 \varphi = -\ddot{\varphi}_z(t),$$

где a_{φ} — коэффициент затухания крутильных колебаний; T_{kp} — период свободных крутильных колебаний; $\ddot{\varphi}_z$ — угловое ускорение вращательного движения грунта, вычисляется по (4).

Решая это уравнение при нулевых начальных условиях, для полного углового ускорения системы получим

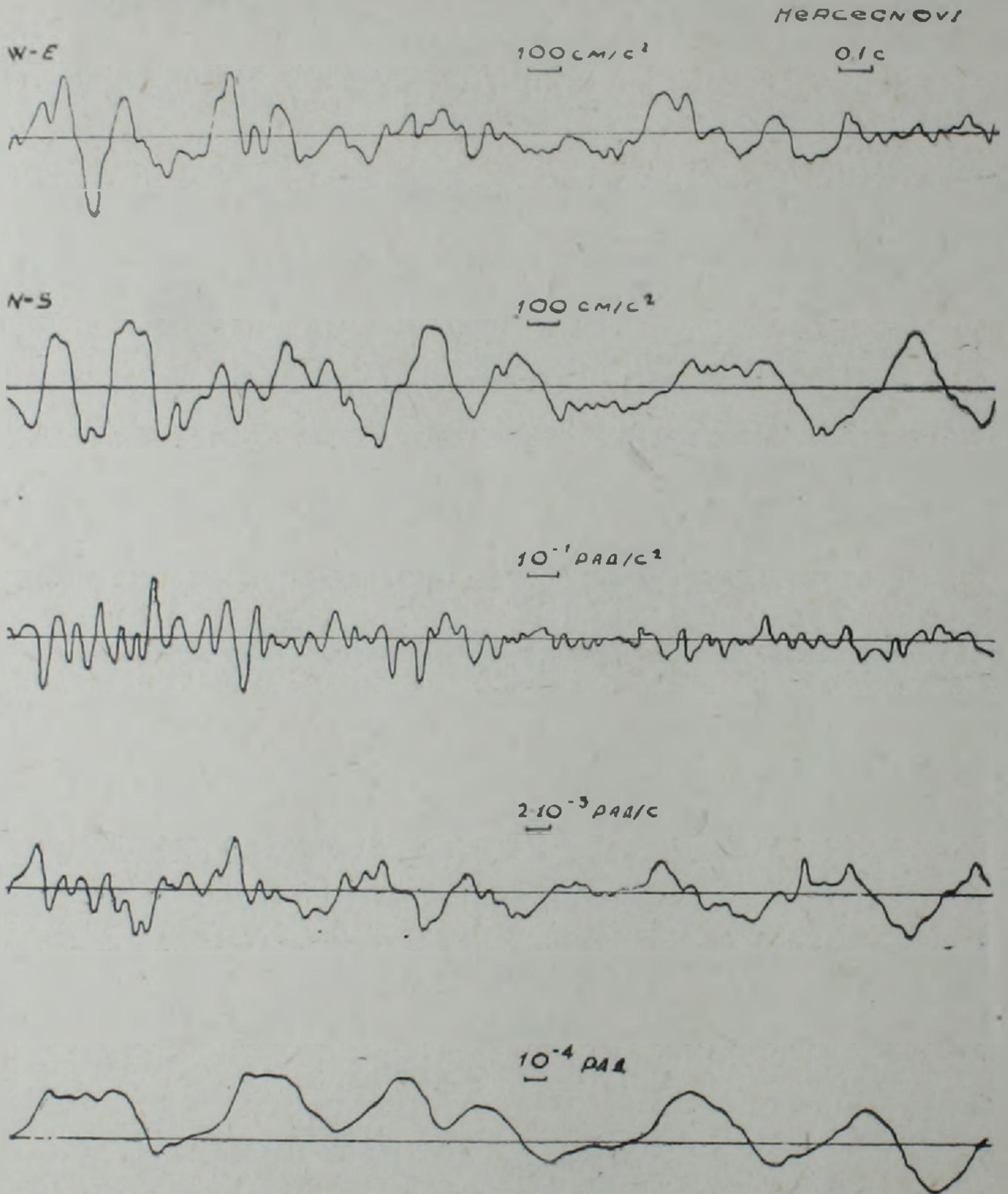


Рис. 2. Спектры угловых ускорений крутильного осциллятора.

$$(\varphi + \varphi_z)'' = \frac{2\pi}{T_{pk}} \int_0^t \ddot{\varphi}_z(\tau) \exp\left[-a_{\varphi} \frac{\pi}{T_{kp}} (t - \tau)\right] \sin \frac{2\pi}{T_{kp}} (t - \tau) d\tau. \quad (5)$$

Зная $(\varphi + \varphi_z)''$, можно вычислить максимальное значение сейсмического крутящего момента:

$$M_{kp} = \theta_p [\varphi(t) + \varphi_z(t)]_{max}.$$

где $M_{кр}$ —крутящий момент в системе от вращательного движения основания; θ_f — физический момент инерции системы относительно центра массы.

Чтобы избежать процедуры численного дифференцирования, т. к. для получения углового ускорения φ_z по (4) нужно дифференцировать акселерограммы поступательного движения грунта, произведем интегрирование по частям выражения (5), тогда получим:

$$[\varphi(t) + \varphi_z(t)]' = \frac{2\pi}{T_{кр}} \left\{ \varphi_z'(0) \exp\left[-\alpha_\varphi \frac{\pi}{T_{кр}} t\right] \sin\left(\frac{2\pi}{T_{кр}} t\right) + \int_0^t \varphi_z'(\tau) \exp\left[-\alpha_\varphi \frac{\pi}{T_{кр}} (t-\tau)\right] \sin\left[\frac{2\pi}{T_{кр}} (t-\tau) - \delta\right] d\tau \right\}, \quad (6)$$

где $\delta = \arctg(2/\alpha_\varphi)$, $A = [2\pi/T_{кр}]^2 + (\alpha_\varphi \pi/T_{кр})^2$.

при $\alpha_\varphi \ll 1$, можно принять $\delta = \frac{\pi}{2}$ и $A = \frac{2\pi}{T_{кр}}$; $\varphi_z'(0)$ — начальная угловая скорость движения грунта. Таким образом в подынтегральном выражении вместо углового ускорения грунта стоит угловая скорость, определяемая по (3). С помощью (6) вычислены спектры угловых ускорений для землетрясений HersecNOVI и ULcINJ (рис. 2).

Результаты исследований приводят к следующему заключению. При отсутствии инструментальных записей вращательного движения грунта при землетрясениях, эти составляющие можно определить, основываясь на записи поступательного движения грунта, с помощью выражений (2), (3), (4), из которых видно, что кинематические параметры вращательного движения грунта зависят от скорости распространения поперечной сейсмической волны, а при больших значениях скорости поперечной волны вращательные составляющие грунта уменьшаются. Кроме поперечных волн есть еще одна причина поворотов грунта при землетрясении — волны Лява и Рэлея [1]. Амплитуды этих волн меньше, чем амплитуды поперечных волн, однако, их скорости также намного меньше. В данной работе исследованы акселерограммы двух землетрясений, чтобы исключить особенности отдельных акселерограмм и определить неслучайные характеристики вращательной компоненты сейсмического возмущения, необходимо применять статистические методы.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 23.VI.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ньюмарк Н., Розенблюэт Э., Основы сейсмостойкого строительства. М.: Стройиздат, 1980. 344 с.
2. Поляков С. В., Сейсмостойкие конструкции зданий. М.: Высш. школа, 1983. 304 с.
3. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М.: Наука, 1979. 560 с.
4. Strong-Motion Earthquake Accelerograms, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, 1980. 185 p.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 6, 73—75

УДК 551.1:550.36

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. Б. БУРЬЯНОВ, К. С. ВАРТАНЯН, В. В. ГОРДИЕНКО

ПЛОТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПО ПРОФИЛЮ МАРКАРА-ПОЯЛЫ

Значительная отрицательная аномалия гравитационного поля в редукции Буге (Δg), охватывающая большую часть территории М. Кавказа, в течение многих лет привлекает внимание исследователей. Высказывались различные гипотезы о ее происхождении. Предполагалось, что она связана или с увеличением мощности гранитного слоя, или с процессами, приводящими к разуплотнению вещества в зонах