

О РЕАЛЬНЫХ ПРИЧИНАХ ПОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ ГРУНТЕ

Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Бактыгулова А.Б., Абдыкеева Ш.С.

Кыргызско-Российский Славянский университет,

г. Бишкек, Кыргызстан,

Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова,

г. Бишкек, Кыргызстан

Рассмотрены сдвиговой механизм колебаний грунта принципы определения их реальных параметров, вызывающих волновой срез колонн и стен в зданиях.

Considered shear mechanism of ground motion principles for determining their actual parameters, causing a wave of columns and shear walls in buildings.

В настоящее время механизм появления сейсмических колебаний в поверхностном грунте на описан и не выявлена причина ее появления.

Итак, эти колебания являются результатом циклических сдвигов и распрямлений поверхностной толщи грунта глубиной порядка $l_T = 100$ м, которая при этом наносит мягкие удары по фундаментам зданий, создавая волны сдвига в колоннах и стенах зданий, которые срезают эти элементы.

Циклический сдвиг поверхностной толщи производят вторичные волны сдвига, порожденные продольными волнами сжатия, которые проходят под зданиями с большой скоростью на глубине свыше ста метров.

После волнового сдвига толщи происходит ее возврат в исходное положение за счет ее сдвиговой жесткости, и в этом состоит суть волнового и колебательного процесса, приводящего к волновому срезу колонн и стен зданий вдали от эпицентра, на границах зоны разрушения.

Здесь мы впервые вывели формулы частоты сдвиговых колебаний поверхностной толщи грунта ω_T и их периода T_T . Приведем этот опыт.

Пусть толща с площадью сечения F , массой m_T глубиной l_T совершает сдвиговые колебания при смещении ее верха на $\Delta(t)$. При этом ее реальный центр тяжести находится на высоте примерно $0,4 l_T$ от ее нижнего основания.

Для упрощения полагаем, что толща имеет единый средний модуль сдвига G_T и единую среднюю плотность ρ_T , и что при сдвиге ее вертикальные линии остаются прямыми.

С учетом этих допущений при смещении верха толщи на величину $\Delta(t)$ ее реальный центр тяжести сместится на величину $0,4\Delta(t)$.

С учетом этого дифференциальное уравнение сдвиговых колебаний толщи (без учета их затухания) имеет следующий вид:

$$\frac{0,4\delta^2\Delta(t)}{\delta t^2} m_T - r_1 \Delta(t) = 0 \quad \text{или} \quad \frac{\delta^2\Delta(t)}{\delta t^2} = \frac{2,5r_1}{m_T} \Delta(t),$$

$$\text{где } \frac{2,5r_1}{m_T} = \omega_T^2$$

здесь ω_T — это круговая частота сдвиговых колебаний толщи, а r_1 — это возвратная реакция толщи при смещении ее поверхности на единицу длины.

$$r_1 = F \cdot \tau_1; \quad \tau_1 = G_T \cdot \gamma_1; \quad \gamma_1 = \frac{1}{l_T} \quad \text{т.е.} \quad r_1 = \frac{F G_T}{l_T}$$

Здесь τ_1 — это сдвиговые напряжения в толще, возникающие в ней при смещении ее поверхности на единицу, когда в ней возникают деформации сдвига γ_1 .

Учтя, что масса толщи m равна:

$$m_T = \rho_T \cdot l_T \cdot F,$$

мы можем найти круговую частоту и период сдвиговых колебаний толщи ω_T и период T_T ее сдвиговых колебаний.

$$\omega_T^2 = \frac{2,5r_1}{m_T} = 2,5 \frac{F \cdot G_T}{l_T \cdot \rho_T \cdot F l_T} = \frac{2,5 \cdot G_T}{l_T^2 \cdot \rho_T} = 2,5 \frac{V_T^2}{l_T^2}$$

или

$$\omega_T = \sqrt{2,5 \frac{V_T}{l_T}}; \quad T_T = \frac{2\pi}{\omega_T} = \frac{2\pi \cdot l_T}{\sqrt{2,5} V_T}; \quad T_b = 4 \frac{l_T}{V_T} \quad (1)$$

Где V_T — средняя скорость волны сдвига при ее пробеге сквозь поверхностную толщу грунта. T_b — период волновых сдвиговых колебаний толщи, который равен времени четырехкратного пробега сдвиговой волны вверх и вниз через толщу грунта.

Легко убедиться, что величины T_B и T_T тождественны.

Если учесть, что $l \approx 100\text{м}$; $V_T \approx 500/\text{сек}$ [1,2], то согласно (4) мы найдем, что $T_T = T_B = 0,8\text{сек}$, а

$$n = \frac{1}{T_T} = 1,25 \text{ герц.}$$

Далее нам необходимо исследовать, в какой мере достоверно отображают маятниковые приборы сейсмологов реальные параметры описанных выше колебаний.

Теперь перейдем к анализу достоверности абсолютных величин смещений Δ и ускорений грунта a , выдаваемых маятниковыми сейсмометрами и акселерометрами учитывая, что маятник, вообще говоря, не является измерительным прибором.

Как известно, рабочий орган акселерометра представляет собой маятник с массой m , закрепленной на конце относительно жесткого упругого стержня или пружины, которые защемлены другим концом в жестком основании.

При квазистатическом однократном смещении маятник в акселерометре будет колебаться за счет изгибных деформаций своего упругого консольного стержня, имеющего изгибную жесткость EI , где E – это модуль Юнга для материала стержня, I – момент инерции поперечного сечения $h \times h$ имеем

$$I = \frac{1}{12} h^4 \text{ (см}^4\text{)}.$$

Собственная круговая частота изгибных колебаний такого стержня равна $\omega = \frac{2\pi}{T_u}$ – это период изгибных колебаний маятника.

Изгибная частота колебаний маятника ω_u пропорциональна изгибной жесткости его стержня EI и обратно пропорциональна его массе m и кубу длины стержня l . Легко найти, что для консоли $\omega_u^2 = 3EI/ml^3$ [1/сек²]

В акселерометрах маятник обычно имеет малый период колебания T_u порядка $T_u = 0,15 \text{ сек}$. и соответственно высокую частоту порядка

$$\omega_u = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,28}{0,15} \approx 42 \frac{1}{\text{сек}}$$

Следует подчеркнуть, что при землетрясении акселерометр записывает вовсе не ускорения грунта a . Он всего лишь записывает график взаимных смещений своего маятника и его основания Δ_m .

Сами искомые величины ускорений грунта, затем находятся путем весьма специфического пересчета. При этом пересчете сейсмологи исходят из дифференциального уравнения изгибных колебаний маятника, к основанию которого приложено ускорение грунта $a(t)$.

После волевого и весьма нестрогого упрощения этого уравнения сейсмологи получают следующую приближенную формулу для определения, сейсмических ускорений грунта $a(t)$:

$$a(t) = \Delta_m(t) \cdot \omega_u^2 \quad (1.A)$$

На этой базовой формуле (1.A.) строятся все официальные подсчеты ускорений, т.е. официально считается, что для получения графика реальных ускорений грунта при землетрясении $a(t)$ достаточно умножить график изгибных смещений маятника относительно его основания $\Delta_m(t)$, записанный

акселерометром на величину ω_u^2 , т.е. на квадрат круговой частоты изгибных собственных колебаний маятника ω_u . Именно так и поступают на практике все сейсмологи.

Например, если $\Delta_m = 0,3 \text{ см}$, $a\omega_u = 42^2 \frac{1}{\text{сек}^2} = 1760 \frac{1}{\text{сек}^2}$, то тогда $a = \Delta_m \omega_u^2 = 0,3\text{см} \cdot 1760 \frac{1}{\text{сек}^2} = 528 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} \approx 0,52\text{g}$

Еще в 1995 году в работе [3] мы подробно указали на ряд погрешностей, которые содержит этот официальный подход к вычислению ускорения грунта $a(t)$ и которые он вносит в реальную величину $a(t)$.

Однако главную ошибку, которая всегда присутствует в официальной трактовке акселерограмм, мы смогли обнаружить лишь теперь, когда нами была вскрыта сдвиговая природа сейсмических колебаний грунта [1,2]. Именно в анализе, описании и устранении этой ошибки состоит основная цель этой работы. Только исключив ошибку, мы сможем найти реальные величины ускорений, скоростей и перемещений грунта при землетрясениях. Ниже мы покажем, как и где это можно применить на практике.

В работах [1-5] было доказано, что вдали от эпицентра на границе зоны размещения зданий эти разрушения производятся вторичными волнами сдвига, которые порождены глубинными продольными волнами. В зонах, близких к эпицентру, разрушения производят уже первичные волны сдвига вместе с продольными волнами [4,5]. То есть во всей активной зоне землетрясения в разрушениях играют важную роль волны сдвига, которые проникают в колонны и стены и срезают их [4,5]. До сих пор никто не учитывал тот важнейший факт, что эти же волны сдвига проникают внутрь акселерометров и сейсмометров и производят сдвиг стержней в их маятнике. То есть смещения маятников в этих приборах происходят не только за счет изгиба их стержней, но так же и за счет их кратковременного волнового сдвига, создаваемого сдвиговой волной. То есть стержень в акселерометре претерпевает не только изгиб, но и сдвиг. При этом точное соотношение величин изгиба и сдвига в общем случае не известно. Это важное открытие, что сдвиговая жесткость у стержня маятника, равная величине GF , намного больше, чем его изгибная жесткость EJ , где G – модуль сдвига материала стержня, причем $G \approx \frac{1}{2,5} E$, F – это площадь сечения стержня, например $F = h^2$ для квадратного сечения.

Из сказанного следует, что частота сдвиговых колебаний маятника ω_s также намного выше, чем частота его изгибных колебаний ω_u . Докажем это на конкретном примере. Для сдвиговой частоты колебаний маятника ω_s имеем $\omega_s^2 = \frac{GF}{ml}$, а для изгибной частоты имеем $\omega_u^2 = \frac{3EI}{ml^3}$,

Найдем, каков порядок величины соотношения этих двух частот, что принципиально важно для определения реальной величины ускорения грунта по официальной методике. Имеем

$$\frac{\omega_c^2}{\omega_u^2} = \frac{GF}{ml} \cdot \frac{ml^3}{3EI} = \frac{1}{3} \frac{GF}{EI} \cdot l^2 \quad (2)$$

Учтя, что $G/E \approx 0,4$; $F=h^2$; $J=1/12h^4$, находим, что $F/I = \frac{12}{h^2}$. Тогда из (2) получаем следующие ключевые соотношения частот:

$$\frac{\omega_c^2}{\omega_u^2} = \frac{1}{3} \cdot 0,4 \cdot \frac{l^2}{h^2} \cdot 12 = 1,6 \frac{l^2}{h^2},$$

$$\text{т.е. } \frac{\omega_c^2}{\omega_u^2} = 1,6 \frac{l^2}{h^2} \quad (3)$$

очевидно, что в формуле (3) отношение $\frac{l^2}{h^2} > 100$ и тогда в формуле (3)

$$\omega_c^2 > 160 \omega_u^2 \quad (4)$$

Это принципиально важное соотношение (4) говорит о том, что если в базовой формуле (1.А.) потребуется заменить сомножитель ω_u^2 и ω_c^2 , то тогда ускорения грунта, замеренные акселерометром, возрастут более чем в 100 раз. Это произойдет при чисто сдвиговых смещениях маятника, что возможно лишь гипотетически при скорости грунта $V > 10$ м/сек.

В реальности мы будем иметь некоторую неизвестную комбинацию сдвиговых и изгибных смещений маятников в акселерометрах. Дело в том, что доля сдвиговых деформаций в стержне маятника пропорциональна скорости грунта в сдвиговой волне. То есть это доля сдвиговых деформаций нарастает вместе с ростом силы землетрясения. То есть чем сильнее землетрясение, тем сильнее стандартный акселерометр занижает реальную величину ускорения грунта.

Поэтому определить точную величину ускорения грунта на основе используемой ныне официальной формулы

$$a(t) = \Delta_M(t) \omega_u^2 (1.A.),$$

практически невозможно.

Однако несомненно, что использование этой формулы (1.А.) существенно занижает реальную величину сейсмического ускорения грунта a , и что на самом деле величина, a значительно выше.

То же самое, очевидно, справедливо и для реальных сейсмических смещений грунта $\Delta(t)$ и для его реальных скоростей $V(t)$. В действительности они должны оказаться значительно больше, чем те величины, что показывают официальные маятниковые приборы.

Все это нам удастся установить раз и навсегда, когда мы поставим в одной из сейсмоактивных зон Кыргызстана сразу 3 разных прибора.

Во-первых, это будет стандартный сейсмометр, фиксирующий "официальные" смещения грунта. Во-вторых, это будет стандартный акселерометр, фиксирующий официальные ускорения грунта. И в-третьих, это будет настоящий измерительный прибор (а не маятник), который сможет измерить величину Δ_p ; время t_i частоту ω_p реальных сейсмических смещений грунта. При сопоставлении полученной стандартной сейсмограммы и акселерограммы с графиками, полученными на основе

показаний реального измерительного прибора, мы ожидаем получить следующие результаты:

1) Построенный по показаниям измерительного прибора график реальных сейсмических смещений $\Delta_p(t)$ должен располагаться выше нулевой линии в отличие от сейсмограммы, выданной стандартным сейсмометром.

При этом величины реальных смещений грунта $\Delta_p(t)$ должны оказаться в 2 и более раз выше тех, что покажет официальная сейсмограмма в виде $\Delta_c(t)$.

2) Реальная величина ускорения грунта a_p , найденная нами как $a_p = \Delta \cdot \omega_p^2$,

должна оказаться в 1,5 и более раз выше, чем величина ускорения, показанная акселерометром.

3) Реальная величина скорости грунта V_p , подсчитанная как $V_p = \Delta_p \cdot \omega_p$

должна оказаться в 3 и более раз выше, чем скорость V_c , найденная как $V_c = \Delta_c \cdot \omega_p$,

где $\Delta_c(t)$ – это перемещения на сейсмограмме, данной сейсмометром.

Литература:

1. Смирнов С.Б. «Упругая отдача сдвигаемой толщи грунта как реальная причина сейсмического среза зданий», Объединенный научный журнал, Москва, 2008, №11, стр. 57-60.
2. Sergey Smirnov «Seismic shears of buildings are the result of output of soil thickness, displaced by abyssal seismic waves», The integrated scientific Journal, Moscow, Russia, 2009, №7, p.p. 64-68.
3. Смирнов С.Б. «О принципиальной ошибке в традиционной трактовке записей инерционных сейсмических приборов», Жилищное строительство, 1995, №1, стр. 23-25.
4. Смирнов С.Б. «Исследование аномальных форм в сейсмических разрушениях зданий, противоречащих официальной теории сейсмозащиты и опровергающих официальный взгляд на причины разрушения зданий при землетрясениях». Объединенный научный журнал, 2008, №9, стр. 51-59.
5. Смирнов С.Б. «Ударно-волновая концепция сейсмического разрушения сооружений», Энергетическое строительство, 1992, №9, стр. 70-72.
6. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сейсмические разрушения-альтернативный взгляд. Сборник научных трудов Ч.1, Айат, Бишкек-2012,-138 с.
7. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сейсмические разрушения-альтернативный взгляд. Сборник научных трудов Ч.2, Айат, Бишкек-2013,-144 с.