

**О СДВИГОВОМ МЕХАНИЗМЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА И
О ПРИНЦИПЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ РЕАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ,
ВЫЗЫВАЮЩИХ ВОЛНОВОЙ СРЕЗ КОЛОНН И СТЕН В ЗДАНИЯХ**

СМИРНОВ С.Б., ОРДОБАЕВ Б.С., ДЖАМАНКУЛОВ К.М., ЭШМАМБЕТОВ Т.Т.
E-mail: j.kenesh@gmail.com

Впервые вскрыт реальный сдвиговый механизм сейсмических колебаний грунта и обнаружена главная ошибка в трактовке официальных акселерограмм и сейсмограмм.

Изложен способ получения достоверной информации о реальных параметрах сейсмических воздействий на основе качественно новых экспериментов, запланированных в Кыргызстане.

Здесь и в работах [1,2] мы впервые выявили реальную причину появления сейсмических колебаний в поверхностном грунте и строго описали процесс этих колебаний. Следует подчеркнуть, что официальная сейсмическая наука так и не смогла выявить его причину и описать этот механизм.

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 вывод. Пусть толща с площадью сечения F , массой m_T и глубиной l_T совершает сдвиговые колебания при смещении ее верха на $\Delta(t)$.

При этом ее реальный центр тяжести согласно [1,2] находится на высоте примерно $0,4 l_T$ от ее нижнего основания.

Для упрощения полагаем, что толща имеет единый средний модуль сдвига G_{cp} и единую среднюю плоскость ρ_{cp} , и что при сдвиге все 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:

$$0,4 \frac{\partial^2 \Delta(t)}{\partial t^2} m_T - r_1 \Delta(t) \text{ или } \frac{\partial^2 \Delta(t)}{\partial t^2} = \frac{2,5 r_1}{m_1} \Delta(t), \text{ где } \frac{2,5 r_1}{m_1} = \omega_T^2,$$

где ω_T - это круговая частота сдвиговых колебаний толщи, а $r_1 \left[\frac{\text{Н}}{\text{см}} \right]$ - это возвратная реакция толщи при смещении ее поверхности на единицу.

$r_1 = F \tau_1$; $\tau_1 = G_{cp} \cdot \gamma_1$; $\gamma_1 = \frac{1}{l_T}$. 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 .

Итак, мы имеем $r_1 = \frac{F G_{cp}}{l_T}$. Учтя, что масса толщи m равна: $m_T = \rho_{cp} \cdot l_T F$, мы можем найти круговую частоту и период сдвиговых колебаний толщи ω_T и T_T :

$$\omega_T^2 = \frac{2,5 r_1}{m_1} = \frac{2,5 F G_{cp}}{l_T \rho_{cp} l_T} = \frac{2,5}{l_T^2} \frac{G_{cp}}{\rho_{cp}} = 2,5 \frac{V_{cp}^2}{l_T^2} \text{ или } \omega_T = \sqrt{2,5} \frac{V_{cp}}{l_T}; T_T = \frac{2\pi}{\omega_T} = \frac{2\pi}{\sqrt{2,5}} \frac{l_T}{V_{cp}};$$

$$T_T = 4 \frac{l_T}{V_{cp}}. \quad (1)$$

где V_{cp} - средняя скорость волны сдвига при ее пробегании поперек поверхностной толщи грунта.

- период волновых сдвиговых колебаний толщи, который равен времени четырехкратного пробега сдвиговой волны вверх и вниз через толщу грунта.

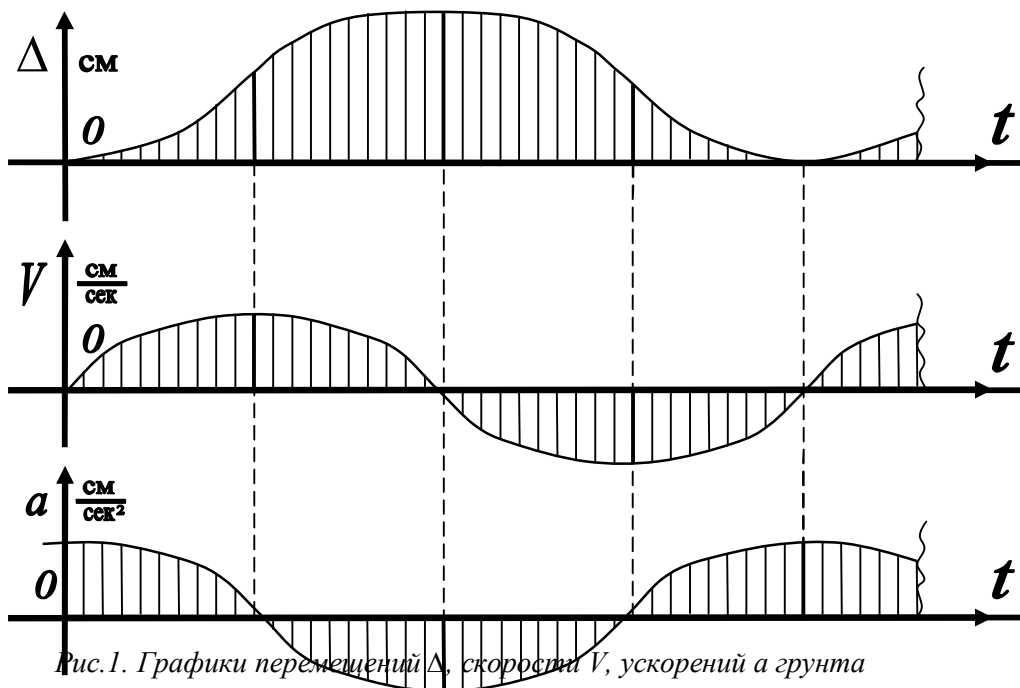
Легко убедиться, что величины T_B и T_T тождественны.

Если учесть, что $l_T \approx 100\text{м}$; $V_{\text{ср}} \approx 500 \text{ м/сек}$ [1,2], то согласно (1) мы найдем, что $T_T = T_B = 0,8$ сек; $n = T_T^{-1} = 1,25$ герц.

Докажем теперь, что при открытых нами сдвиговых колебаниях грунт не может приближаться к эпицентру относительно своего исходного положения. Т.е. после каждого колебания в сторону от эпицентра грунт лишь возвращается в исходную точку, но не может перейти за нее. Это легко увидеть, если изобразить графики синусоид, описывающих смещения Δ , скорости V и ускорения a грунта так, чтобы в начальный момент Δ и V были равны нулю, а затем нарастали плавно без скачка (рис.1). При этом ускорение, a должно появляться скачком. Однако скорость V может появиться скачком только во фронте ударной волны, которой нет у нас вдали от гипоцентра.

Чтобы удовлетворить сформулированным начальным условиям $\Delta_0 = 0$; $V_0 = 0$; $a_0 = a \neq 0$, необходимо a также выполнить взаимосвязь между функциями $\Delta(t)$ и $V(t)$ и их производными $\frac{\partial \Delta(t)}{\partial t} = V(t)$ и $\frac{\partial V(t)}{\partial t} = a(t)$ необходимо разместить график перемещений грунта $\Delta(t)$ выше нулевой линии. Это и говорит о том, что грунт может колебаться лишь в сторону от эпицентра.

Графики Δ , V , a на рис.1 отражают тот факт, что когда волна сдвига выбегает на поверхность, то в неподвижном грунте скачком появляется ускорение a . При этом его скорость $V(t)$ и смещения $\Delta(t)$ начинают расти с нуля (рис.1). Из графиков на рис.1 видно, что скорость V в начале растет быстро, а смещение Δ в начале растет медленно.



Так, из вышеизложенного следует, что на всех официальных сейсмограммах землетрясений горизонтальная ось нулевых смещений грунта, пронизывающая эти синусоиды посередине, показана неправильно.

Для того, чтобы сейсмограммы хоть в какой-то мере отображали реальность, в них надо сдвинуть вниз нулевую ось, так, чтобы все смещения оказались положительными.

Очевидно, что маятники в сейсмометрах не могут в точности повторять реальные смещения грунта и вносят в реальные сейсмограммы значительное искажение за счет своих колебаний. Именно этим объясняется смещение нулевой оси внутрь графиков перемещений грунта, записанных стандартными сейсмометрами.

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 заземлены 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 EJ , где E - это модуль Юнга для материала стержня, J - момент инерции поперечного сечения $h \times h$ имеем $J = \frac{1}{12} h^4$ (см⁴).

Собственная круговая частота изгибных колебаний такого стержня равна $\omega_u \left(\frac{1}{сек} \right)$ - это число колебаний маятника за время 2π сек., т.е. $\omega_u = \frac{2\pi}{T_u}$, где T_u - это период изгибных колебаний маятника.

Изгибная частота колебаний маятника ω_u пропорциональна изгибной жесткости его стержня EJ и обратно пропорциональна его массе m и кубу длины стержня l . Легко найти, что для консоли

$$\omega_u^2 = 3EJ/ml^3 [1/сек^2].$$

В акселерометрах маятник обычно имеет малый период колебаний T_u порядка $T_u = 0,15$ сек. и соответственно высокую частоту порядка

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

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 a , 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 $a(t)$:

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

На этой базовой формуле (2) 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 $\Delta_m = 0,3$ см, $a \omega_u = 42^2 \frac{1}{сек^2} = 1760 \frac{1}{сек^2}$, то тогда $a = \Delta_m \omega_u^2 = 0,3 \text{ см } 1760 \frac{1}{сек^2} = 528 \frac{см}{сек^2} \approx 0,52 \text{ g}$.

Еще в 1995 г. 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 главная цель этой статьи. Только исключив эту ошибку, мы сможем найти реальные

величины ускорений, скоростей и перемещений грунта при землетрясениях. Ниже мы покажем, как и где это можно сделать на практике.

В работах [1-5] было доказано, что вдали от эпицентра на границе зоны разрушения 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]. Т.е. 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 маятниках. Т.е. 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. Т.е. 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, т.к. сдвиговая жесткость у стержня маятника, равная величине GF , намного больше, чем его изгибная жесткость EJ (где G – это 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_c также намного выше, чем частота его изгибных колебаний ω_u . Докажем это на конкретном примере. Для сдвиговой частоты колебаний маятника ω_c имеем $\omega_c^2 = \frac{GF}{ml}$, а для изгибной частоты имеем $\omega_u^2 = \frac{3EJ}{ml^3}$.

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

Имеем

$$\frac{\omega_c^2}{\omega_u^2} = \frac{GF}{ml} \cdot \frac{ml^3}{3EJ} = \frac{1}{3} \left(\frac{G}{E} \right) \cdot \left(\frac{F}{J} \right) \cdot l^2. \quad (3)$$

Учтя, что

$$G/E \approx 0,4; F = h^2; J = 1/12 h^4, \text{ находим, что } G/E = \frac{12}{h^2}. \text{ Тогда из (3) получаем следующие}$$

ключевые соотношения частот:

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

$$\text{т.е. } \frac{\omega_c^2}{\omega_u^2} = 1,6 \frac{l^2}{h^2} \quad (4)$$

Очевидно, что в формуле (4) отношение $l^2/h^2 > 100$ и тогда в формуле (4)

$$\omega_c^2 > 160 \omega_u^2 \quad (5)$$

Это принципиально важное соотношение (5) говорит о том, что если в базовой формуле (2) потребуется заменить множитель ω_u^2 на 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.

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. Т.е. это доля сдвиговых деформаций нарастает вместе с ростом силы землетрясения. Т.е. чем сильнее землетрясение, тем сильнее стандартный акселерометр занижает реальную величину ускорения грунта a .

Поэтому определить точную величину ускорения грунта, a на основе используемой ныне официальной формулы $a(t) = \Delta_m(t) \omega_u^2$ (2), практически невозможно.

Однако несомненно, что использование этой формулы (2) 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 “официаль-ные” 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 и 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 $a_p = \Delta_p \cdot \omega_p^2$, 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 причинная сейсмического среза зданий. // Объединенный научный журнал. - № 11. - Москва, 2008, стр. 57-60.
2. Sergey Smirnov “Seismic shears of buildings are the result of output of upper soil thickness, displaced 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. - № 1. 1995, 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. - № 9, 2008, стр.51-59.
5. Смирнов С.Б. Ударно-волновая концепция сейсмического разрушения сооружений. // Энергетическое строительство. №9. – 1992. стр. 70-72.