

## НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ ИМПУЛЬСНО-ВОЛНОВОЙ МОДЕЛИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЕЕ МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ

*В статье рассматриваются новые концепции разрушения здания и сооружения при землетрясении, отвергается колебательная модель землетрясения и предлагается импульсно-волновая (толчки) модель землетрясения.*

*Ключевые слова: импульсивно-волновой модель, землетрясения, механизм разрушения.*

## NEW CONCEPT OF PULSE-WAVE PATTERN OF THE EARTHQUAKE AND ITS FAILURE MECHANISM

*The article deals with the new concept of the destruction of buildings and structures with earthquake, earthquake rejected vibration model and offers a pulsed-wave (tremors) model of the earthquake.*

*Keywords: impulse wave model, earthquake, failure mechanism.*

Очевидцы сильных землетрясений почти всегда ощущали и описывали два качественно разных типа сейсмических движений грунта. Во-первых, это были краткие и сильные одноразовые толчки и, во-вторых, это протяженные времени колебания или вибрации [1]. При этом многие замечали, что разрушения зданий обычно происходят именно сразу после первых толчков и что возникшие затем вибрации, как правило, менее опасны и могут лишь усугубить раннее разрушения, но сами они никак не могут вызвать их появление[1...13].

Вот тепловой пример описания землетрясения, происшедшего 26 июля 1963г.вг. Скопле (Югославия).«Главный толчок носил характер удара и сопровождался сильными вибрациями грунта в течение 8-12 секунд»[1].

Вопреки всем подобным свидетельствам официальная сейсмическая наука изначально решила, что не толчки, именно сейсмический резонанс является главной и единственной причиной сейсмических разрушений. В СССР эта резонансная модель сейсмических разрушений господствовала вплоть до разрушительного Карпатского землетрясения 1986-года. Поэтому идеолога в резонансной модели интересовали только низкочастотные колебание грунта, т.к. лишь они могли ввести здания в резонанс.

В этой ситуации краткие сейсмические толчки (т.е.импульсы) никак не вписывались в их стройную и весьма эффективную стратегию анти резонансной сейсмозащиты. Поэтому неофициально было решено считать сейсмические толчки просто некой разновидностью колебаний, не способной вызвать резонанс в зданиях и потому не опасной. Это судьбоносное решение никогда не сопровождалось какими-либо объяснениями или строгими обоснованиями на официальном уровне и внедрялось в жизнь просто в явочном порядке.

Однако, при неофициальных дискуссиях его авторы, а также наиболее «продвинутые» сторонники всегда оправдывались следующим образом: «Если сейсмические толчки, т.е. импульсы, действительно существуют как самостоятельное воздействие, то мы вправе считать их просто отдельными колебаниями или даже их частью. При этом ясно, что одно отдельное колебание грунта гораздо менее опасно для здания, чем их серия, т.к. оно не

может ввести здание в резонанс. Что же касается всплесков и скачков на всех акселерограммах, которые якобы отображают сейсмические импульсы, что мы считаем их просто отдельными, очень сильными колебаниями. В своих расчетах мы (запас прочности) заменяем их на целую серию таких же сильных колебаний, что гарантирует безопасность зданий» [1].

На самый трудный вопрос о том, как же они умудряются находить ускорение в импульсах с помощью маятниковых акселерометров, всегда давался и ныне дается следующий стандартный ответ: «Никакой проблемы по определению точной величины ускорений, несомых импульсами, для нас не существует. Ведь умея определять ускорения колебаний в их серии, мы также легко сможем определить их и для одного колебания, т.е. для импульса, что мы и делаем в наших акселерограммах» [1].

Вот именно в этом последнем оптимистическом утверждении как раз и скрыт и та главная ошибка, выявление которых полностью опровергает официальную колебательную сейсмическую доктрину, и сводит на нет всю эффективность основанной на ней стратегии сейсмозащиты. Суть подвоха и ошибки состоит в следующем.

Дело в том, что стандартные маятниковые акселерометры действительно могут точно отображать ускорения низкочастотных колебаний грунта с постоянной частотой и амплитудой. Но они абсолютно не способны сделать это же самое для отдельных колебаний и тем более для импульсов по причине, скрытой в самом принципе работы маятникового акселерометра. Разъясним суть проблемы. Рабочий орган акселерометра представляет собой массу  $m$ , закрепленную на жесткой сильно демпфированной пружине с жесткостью  $\gamma$ . Эта масса начинает колебаться, как только появляются сейсмические колебания грунта  $\Delta_r(t)$ . Эти колебания  $\Delta_r(t) = \Delta_r^\alpha \sin \omega_r t$  имеют частоту  $\omega_r$  и амплитуду  $\Delta_r^\alpha$ .

Интересующие нас ускорения колебаний грунта  $a_r(t)$  с амплитудой  $\alpha_r^\alpha = \Delta_r^\alpha \times \omega_r^2$  также описываются синусоидой вида  $a_r(t) = \alpha_r^\alpha \sin \omega_r t = -\Delta_r^\alpha \omega_r^2 \sin \omega_r t$ . После очень быстрого затухания собственных высокочастотных колебаний массы  $m$ , возникших в момент вступления колебаний грунта, масса в акселерометре начинает просто повторять эти низкочастотные колебания грунта  $\Delta_r(t)$ , но со своей амплитудой  $\Delta_m^\alpha$  и некоторым сдвигом по фазе величиной  $\varphi$ .

При этом амплитуда вынужденных колебаний массы в акселерометре величины  $\Delta_m^\alpha$  оказываются связанной с искомой амплитудой ускорений грунта следующим базисным соотношением в основу принципа работы маятникового акселерометра [2]

$$\alpha_r^\alpha = \Delta_m^\alpha \left[ \frac{\gamma}{m} \right] D^{-1} \quad (1)$$

где  $\omega_m = \sqrt{\frac{\gamma}{m}}$  - это частота собственных колебаний массы в акселерометре, которая должна быть много больше частоты  $\omega_r$ ;

$D$  - коэффициент динамичности, зависящий  $\beta$  и  $\xi$ , где  $\beta = \omega_r \cdot \omega_m^{-1}$  - это соотношение частот,  $\xi$  - параметр затухания собственных колебаний  $m$ . При  $\beta < 0,6$  и  $\xi = 0,7$  коэффициент  $D$  обращается в константу, равную единице тогда согласно (1) график колебаний массы в акселерометре  $\Delta_m(t)$ , умноженный на  $\omega_m^2$ , превращается в акселерограммах, т.е. дает нам график ускоренный для сейсмических колебаний грунта, сдвинутый по фазе на угол  $\varphi$  [2].

Для сейсмического импульса (рис.1), вступающего путем скачкообразного появления максимального ускорения  $a = a^{max}$  ситуация качественно изменяется. Здесь полностью исчезает взаимное подобие графиков  $a_r(t)$ ,  $\Delta_r(t)$  и  $\Delta_m(t)$ . Более того, здесь максимум ускорения грунта  $a$  отвечает нулевому смещению грунта  $\Delta = 0$  (рис.1) и нулевое смещение не успевший сдвинуться массы акселерометра  $\Delta_m = 0$ . То есть вместо реального ускорения грунта мы увидим нуль на акселерограммах.

В результате ошибка, доливаемая типовым акселерометром в момент вступления импульса, будет равна бесконечности, и реальные величины его ускорений остаются

абсолютно неизвестными. Ясно лишь то, что они существенно превышают ускорения возбуждаемых ими колебаний грунта (рис.1).

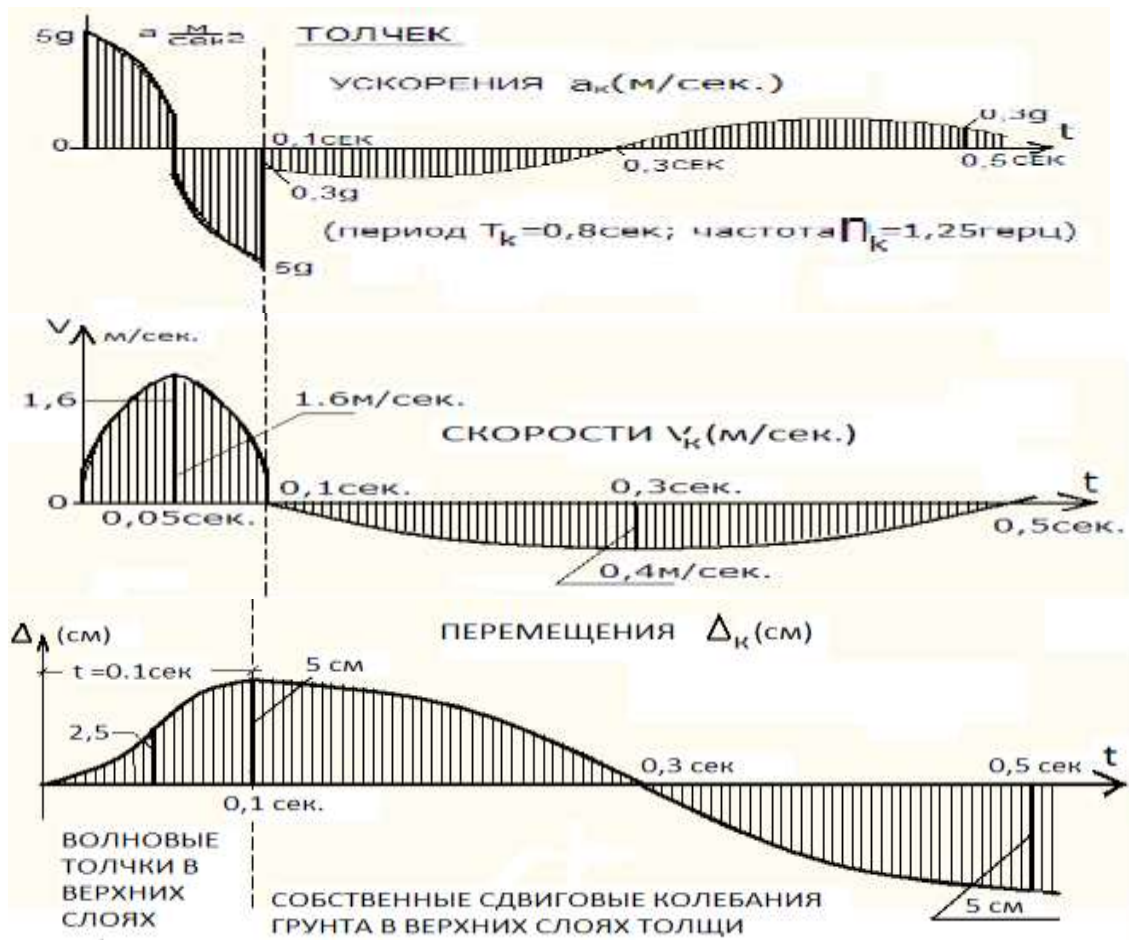


Рис.1. Параметры сейсмических толчков и колебаний грунта

Реальное присутствие импульсов формально отражают скачки и всплески на акселерограммах. Но их величина не дает нам никакого представления о величине реальных импульсных ускорений грунта и существенно занижает ее. Эти скачки отображают кратковременные вступления собственных высокочастотных колебаний массы в акселерометре под действием импульсов.

Отметим, что строгая теория маятниковых акселерометров[2] категорически запрещает появление таких колебаний на акселерограммах.

Теперь выясним, какова природа скачкообразного появления больших ускорений в сейсмических импульсах. Ясно, что они могут возникать только лишь в гипоцентрах землетрясений, а к зданиям их приносят сейсмические волны.

При описании механизма землетрясений большинство сейсмологов выдвигают принцип «упругой отдачи», когда скачком сдвигаются соседние блоки земной коры, которые до этого взаимно смещались, медленно накапливая сдвиговые напряжения вдоль линии их контакта (линии разлома).

Блоки земной коры сжаты между собой гигантским горизонтальным давлением  $\mu P$  (где  $P$  - это гравитационное давление от вышележащей толщи,  $\mu$  - коэффициент Пуассона). Несмотря на это интенсивное сдавливание блоков, с ростом вершинах трещин, лежащих в плоскости разлома, возникают пики растягивающих напряжений  $\sigma^+$ . Как только они превышают прочность межмолекулярных связей, происходит их разрыв гигантские напряжения  $\sigma^+$  порядка  $0,1E$  скачком исчезают (здесь  $E$  - это модуль упругости

материала (блоков). Такое скачкообразное исчезновение гигантского растяжения  $\sigma^+$  эквивалентно нанесению удара по плоскости разлома. Именно в этот момент загниют импульсы со скачком ускорений. В результате блоки резко сдвигаются на некоторую величину  $\Delta$ , напряжения исчезают и блоки вновь намертво скрепляются давлением  $\mu P$ .

Итак, «упругая отдача» блоков порождает разрушительные импульсы. Однако, сейсмическая наука считает, что из гипоцентра землетрясений нам приходят вовсе не краткие разрушительные импульсы, а наоборот – длительные низкочастотные колебания, которые якобы именно там и зарождаются. Но для этого в гипоцентре должна возникнуть некая загадочная колеблющаяся масса, которая посылает к зданию эти экзотические волны колебаний. Однако, среди всех известных моделей землетрясения нет ни одной модели, описывающей появление колебаний в толще земной коры. Т.е. сейсмическая наука, по существу, вообще не смогла объяснить природу тех колебаний, которые она решила считать единственной причиной сейсмического разрушения зданий.

Рассмотрим вкратце, как вообще возникла, развивалась и трансформировалась официальная колебательная модель землетрясений.

При становлении сейсмической науки (в начале 20-го века) ей предстояло решить две задачи: во-первых определить параметры разрушительных сейсмических движений грунта и, во-вторых, разработать теорию расчета зданий на эти новые для нее воздействия. Уровень сложности этих задач мог оказаться непредсказуемого высоким, и поэтому возникло логичное желание максимально упростить задачу, увидев в землетрясении какое-то знакомое и хорошо изученное воздействие. И оно нашлось в виде низкочастотных колебаний грунта. Определение их параметров и расчет зданий здесь не представляли никаких трудностей. Более того, даже те примитивные маятниковые приборы, которые уже имелись у сейсмологов, позволяли им определять частоту и амплитуду постоянных сейсмических колебаний грунта и их ускорений.

Эту благостную картину портило лишь явное присутствие серии сильных сейсмических толчков с абсолютно неизвестными параметрами, которые невозможно было определить с помощью маятниковых приборов.

Взяв на вооружение эффектную и прекрасно разработанную теорию резонансного разрушения зданий, ученые удачно для себя распространили ее на землетрясения и похоронили под ней ненавистные им сейсмические толчки, поскольку оно заведомо не могли ввести здания в резонанс.

Между тем сейсмические толчки (т.е. импульсы) регулярно проявляли себя не только в виде скачков на акселерограммах. Они проявлялись еще в необычных сдвиговых формах разрушений ж.б. колонн, кирпичных простенков и стен зданий, а также в хрупких разрушениях сварных швов и еще во множестве иных форм и фактов сейсмических разрушений, которые в принципе, не могли быть результатом воздействия низкочастотных колебаний [3.4].

Однако, официальная наука успешно игнорировала все факты сейсмических разрушений, которые противоречили ее базовой модели [4].

Эта гибельная резонансная модель господствовала у нас вплоть до 1986г. В связи с ней в стране было построено много гибких каркасных зданий и зданий с гибким 1-ым этажом, считавшихся «антирезонансными». Кроме того, были предложены еще и новые варианты конструкций, позволяющих искусственно уводить здания от резонанса. Наиболее известной была очень остроумная идея возведения повышено сейсмостойких зданий с особыми «выключающимися (лишними) связями».

В момент появления сейсмических колебаний эти связи должны были мгновенно разрушаться и этим гарантированно уводить здание от сейсмического резонанса.

Но в 1986г. во время 8-ми бального Карпатского землетрясения безо всякого резонанса, а под действием лишь сейсмических толчков в Кишиневе и других городах и поселках были срезаны ж/б колонны во многих «антирезонансных» каркасных зданиях, рассчитанных на 9

баллов [5]. Это явилось полной неожиданностью для теоретиков антирезонансной сейсмозащиты. В результате эта теория была сразу похоронена и ее идеологи больше никогда не упомянули о сейсмическом резонансе.

Более того, теперь они старались вообще заменить термин колебания на термин «сейсмические воздействия». Но при этом они по-прежнему применяли лишь примитивные маятниковые приборы, нацеленные только на фикцию гармонических колебаний с постоянной амплитудой и частотой.

Надо подчеркнуть, что еще нигде не было зафиксировано изгибное разрушение ж/б колонн, ожидаемое при резонансе. Даже при попытках его искусственного создания здания всегда уходили от резонанса за счет своих неупругих деформаций. Гибкие ж/б. каркасные здания и здания с гибким 1-ым этажом вновь проявили свою повышенную уязвимость в январе 1995г. В Японии г. Кобе [6]. Их ж/б колонны, так же как и в 1986г. В Кишиневе были срезаны сейсмическими импульсами без образования изломов, ожидаемых при сильных колебаниях зданий. Там же был развеян миф о неузнаваемости зданий со стальным каркасом, где впервые произошли массовые хрупкие разрушения сварных швов [6]. Этот эффект могли произвести только квазиударные волновые импульсы, но уж никак не колебания грунта и зданий [3,4]. Но даже катастрофа в г. Кобе, где были срезаны самые современные и сейсмостойкие здания, не смогла похоронить господствующую и ныне колебательную сейсмическую модель, губительную для населения, живущего в сейсмических зонах.

Следует подчеркнуть, что при отсутствии фактов сейсмического резонанса, сданного в архив сейсмической наукой, и при ее упорном нежелании замечать опасные сейсмические толчки, нам стала вообще непонятна официальная причина катастрофических сдвиговых разрушений при землетрясениях, т.к. их, в принципе, не способны производить те колебания, которые регистрируют маятниковые акселерометры.

Что касается объяснения природы сейсмических колебаний грунта, то нам было изначально ясно, что они не могут приходить из гипоцентра землетрясений, а должны сами возникать в грунте непосредственно под зданиями в момент прихода сейсмических волн.

Чтобы вскрыть механизм появления этих колебаний, мы изучили специфические свойства поверхностной толщии грунта и выявили, что его поверхностные слои имеют чрезвычайно низкую сдвиговую жесткость, т.е. очень высокую сдвиговую податливость по сравнению с ниже лежащими слоями. Величины их модуля сдвига  $G$  и модуля жесткости  $E$  в среднем примерно на два порядка ниже, чем в глубинных слоях. Это связано там с высоким процентом содержания пор. По мере движения в глубь вместе с ростом плотности грунта  $\rho$  очень интенсивно нарастают модули  $E$  и  $G$  за счет снижения объема пор. На глубине  $H$  порядка 100м под возросшим давлением схлопываются почти все поры и прекращается быстрый рост жесткостных параметров  $E$  и  $G$  при дальнейшем заглублении.

Покажем насколько высок градиент изменения жесткостных параметров  $E$  и  $G$  в верхней толще грунта и соотношение их величин с параметрами в более глубоких слоях. Для этого воспользуемся данными экспериментов по измерению величины скоростей распространения волн в грунтах на разной глубине и связью этой величины с параметрами  $E$  и  $G$  в виде  $E = \rho c^2$ ,  $G = \rho \bar{c}^2$ , где  $c$  и  $\bar{c}$  – это фазовые скорости продольных и поперечных волн в грунтах с плотностью  $\rho$ . Результаты измерения скорости  $c$  в глинах, данные в [7], таковы:

на глубине  $H=1$ м;  $\rho=1,4$  т/м<sup>3</sup>;  $c=260$  м/сек;

на глубине  $H=60$  м;  $\rho=2,8$  т/м<sup>3</sup>;  $c=1870$  м/сек;

То есть в верхних слоях толщии скорость  $c$  снижается примерно в 1 раз по сравнению с основанием толщии. Учтя, что плотность  $\rho$  снижается вдвое, найдем, что наверху модуль  $E = \rho c^2$  снизится в 200 раз. Примерно во столько же раз снижается наверху и модуль сдвига  $G$ , а средние значения параметров  $E$  и  $G$  для толщии в целом примерно в 100 раз меньше, чем для подстилающих ее слоев грунта. Т.е. сдвиговая жесткость верхней толщии грунта примерно в 100 раз меньше, чем жесткость на сдвиг слоев в ее основании. Поэтому

сейсмические импульсы, приходящие из гипоцентра, интенсивно сдвигают именно эту очень податливую верхнюю толщу.

После импульсного сдвига на величину  $\Delta$  толща начинает совершать собственные возвратные сдвиговые колебания (рис.1) с частотой  $\omega$ , которую можно определить по приближенной формуле  $\omega^2 = \frac{c}{m} \times k$ , [8], где  $k = GF (H)^{-1}$  – это возвратная упругая реакция толщи при смещении ее верха на единицу;  $m = \rho HF$  – это масса толщи;  $k = 0,4$  – это поправочный коэффициент, учитывающий то, что центр тяжести массы толщи расположен примерно на расстоянии  $0,4H$  от низа;  $G$  – усредненный модуль сдвига толщи,  $\rho$  – средняя плотность ее грунта,  $F$  – площадь сечения толщи. С учетом формул для  $g$  и  $m$  находим, что:

$$\omega^2 = \frac{c^{-2}}{0,4H}; \quad \omega = \sqrt{2,5 \frac{\bar{c}}{H}}; \quad \bar{c} = \sqrt{\frac{G}{H}}. \quad (2)$$

где  $\bar{c}$  – это средняя скорость волны сдвига в поверхностной толще.

Задавшись взятой из [6] величиной  $\bar{c} = 500$  м/сек при  $H = 100$ , находим согласно (2), что частота колебаний глинистой толщи  $\omega$  равна:  $\omega = 7,85$  сек<sup>-1</sup> при периоде  $T = 0,8$  сек (рис.1). Этот результат отвечает примерно середине реального частотного диапазона, обычно даваемого сейсмограммами.

Ранее в [8] мы доказывали также, что поверхностная толща, состоящая из слабых пористых грунтов, обладает важным свойством резко усиливать разрушительный эффект, создаваемый сейсмическим импульсами. В скальном грунте с постоянным по глубине большим модулем сдвига этот усиливающий эффект отсутствует.

Именно это позволяет объяснить более низкую повреждаемость зданий, стоящих на скальном основании.

Итак, в землетрясениях объективно присутствует не одно, а два качественно разных типа движений грунта: волновые квази-ударные импульсы (ощущаемые как толчки) и возбуждаемые ими низкочастотные колебания, производимые верхней толщей грунта, сдвинутой импульсами, и ощущаемые как вибрации. При одинаковых смещениях грунта  $\Delta$  (рис.1) ускорения в толчке-импульсах превышают ускорения в колебаниях примерно в  $n$  раз, где  $n = \frac{1}{4} (T_k |t_u|)^2$ ,  $T_k$  – период колебаний;  $t_u$  – время действия импульса. В примере на рис.1  $n = 16$ .

Именно игнорирование сейсмических толчков предопределяет перманентные неудачи в сфере сейсмозащиты.

Главным показателем этих неудач является полная неспособность официальных сейсмических Норм и Кодов обеспечить даваемые ими гарантии сейсмостойкости сооружений, даже при учтенной в Нормах силе землетрясения [9,10]. Ведь если здание построено в полном соответствии с требованиями Норм, то оно должно выдержать землетрясение с расчетным уровнем балльности. Но в реальности этого не происходит и «сейсмостойкие» здания часто разрушаются при «неопасном» для них уровне сейсмического воздействия [5,6].

Эти факты говорят о том, что официальные сейсмические строительные Нормы и Коды основанные на колебательной доктрине и строящие свои расчеты на базе дефектных акселерограмм, существенно занижают реальные сейсмические напряжения в сооружениях [9,10].

Для подтверждения этого основополагающего факта мы предлагаем впервые провести качественно новый эксперимент, который позволит наконец, безоговорочно опровергнуть колебательную модель землетрясений. Мы предлагаем впервые провести прямые, а не косвенные измерения сейсмических напряжений в несущих элементах зданий и сравнить их с теми официальными напряжениями, которые до сих пор определяются лишь косвенно путем расчетов, проведенных на основе анализа записанных при этом акселерограмм.

Мы утверждаем, что реальные напряжения, создаваемые импульсами, окажутся существенно выше тех, которые будут вычислены на основе записанной здесь же акселерограммы.

Во избежании разночтений в процессе расчета мы предлагаем (в целях его упрощения) использовать в эксперименте простейшую конструкцию в виде короткой ж/б. колонны, заземленной в грунте, с грузом на верху колонны. Разместив ее в зоне с постоянной сейсмической активностью надо измерить в ней касательные напряжения от первого же сейсмического толчка и сравнить их с теми же напряжениями, найденными на базе показаний акселерометра, размещенного на колонне. В [11] мы дали детальное описание и подробную проработку всех сторон, деталей и этапов этого эксперимента, проведение которого планируется в Кыргызстане в обозримом будущем.

Проводя этот эксперимент и обнаружив многократное расхождение между реальным и официальными напряжениями, мы наглядно опровергнем официальную колебательную модель землетрясений.

После этого надо будет научиться определять параметры сейсмических импульсов с помощью новых качественно иных приборов. А затем придется разработать теорию расчета зданий на импульсные волновые воздействия, идея, которой была предложена в [12].

На этой основе надо будет создать качественно новую эффективную стратегию сейсмозащиты и разработать соответствующие ей Нормы и Коды по строительству реальных сейсмостойких зданий.

### Литература:

1. Карпатское землетрясение 1986г. – Кишинев: Штининца,1990, 334с.
2. Клаф Р., Пепзиен Дж. Динамика сооружений.- М.: Стройиздат, 1979, 320с.
3. Поляков С.В. Последствия землетрясений. – М.: Стройиздат, 1978, 331с.
4. Сеитов Б.М., Ордобаев Б.С. Сейсмозащита и их организация. – Бишкек: Айат, 2013.- 172с.
5. Смирнов С.Б. Исследования аномальных форм в сейсмических разрушениях зданий, противоречащих официальной теории сейсмозащиты и опровергающих официальный взгляд на причины разрушения зданий при землетрясениях // Объединенный научный журнал. – М.: 2008, №9, с.51-59.
6. Смирнов С.Б.Формы сейсмических разрушений как надежный источник информации о реальном разрушительном волновом сейсмическом воздействии// Жилищное строительство,2012,№1, с. 39-41.
7. Смирнов С.Б.Поверхностная толща грунта, как усилитель разрушительного эффекта сейсмических волн и генератор сдвиговых колебаний // Жилищное строительство, 2009, №12, с.33-35.
8. Смирнов С.Б. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» как документ, опровергающий официальную колебательную доктрину сейсмических разрушений зданий //Жилищное строительство, 2010, №4, с.9-11.
9. Смирнов С.Б. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» и новый вариант СНиП 22-03-2009 как дополнительные источники сейсмоопасности и сейсмического риска для граждан Российской Федерации // Жилищное строительство, 2010, №9, с.49-51.
10. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд / Сборник научных трудов Ч.2. – Бишкек, 2013, 144с.
11. Смирнов С.Б. Особенности работы и прочностного расчета зданий при импульсных сейсмических воздействиях // Жилищное строительство, 1995, №3, с.14-17.
12. «A survey report for building damages to the Hyogo – Ken Nanbu carthquake», Building Research Institute; Minestry of Constuction (Japan), 1996, March, 222p.

13. «Soils and Foundations». Special issue of Geotechnical aspects of the January, 17 1995, Hyogo – Ken Nanbu carthquake, Japanese Geotechnical society, January, 1996, 359p.