

УДК 624.072

DOI [10.37153/2618-9283-2021-5-22-35](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-5-22-35)

Техническое регулирование и развитие норм проектирования

О необходимости изменения расчетных схем на сейсмостойкость в строительных нормах и правилах (СНиП)

Оганесян С. М.¹, Карапетян Дж. К.², Геодакян Э. Г.³, Саакян Б. В.⁴

^{1,2,3,4} ИГИС НАН РА. Гюмри, Республика Армения

Аннотация: При кинематическом возбуждении консольного стержня показано, что изгибно-сдвиговые колебания начинаются со свободного конца стержня. При этом в стержне возникают внутренние объемные силы, которые противодействуют $1/2f(x,t)$ внешней силе, а на свободном конце стержня возникает связанная пара $F(l,t)$ и $M(l,t)$. Эта связанная пара является истинной причиной изгибно-сдвиговых колебаний. Вторая часть силы $f(x,t)$ идет на создание чисто сдвиговых колебаний, которые направлены противоположно $1/2f(x,t)$, т.е. $-1/2f(x,t)$. В процессе создания чисто сдвиговых колебаний принимают участие две силы, внутренних трения и импульса, которые направлены для задачи 1 противоположно, а для задачи 2 и 3 в нижней части для $x < l/2$ они имеют одинаковые направления, а для $l/2 < x < l$ – противоположное.

Из разработанной новой гравитационно-вихревой теории сейсмостойкости следует, что в расчетных схемах для одномерных моделей имеется четырехкратный резерв (запас) по оценке сил и моментов в сечениях однородного стержня. Эти возможности позволяют повысить ускорения на картах сейсмического районирования как минимум в два раза и привести в соответствие ускорения, наблюдаемые при сильных и разрушительных землетрясениях, с максимальными ускорениями используемыми в СНиП.

Ключевые слова: сейсмостойкость, новые расчетные схемы, изгибная волна, силы инерции, внутреннее трение

Для цитирования: Оганесян С. М., Карапетян Дж. К., Геодакян Э. Г., Саакян Б. В. О необходимости изменения расчетных схем на сейсмостойкость в строительных нормах и правилах (СНиП) // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2021. № 5. С. 22-35. DOI: [10.37153/2618-9283-2021-5-22-35](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-5-22-35)

Technical regulation and design standards development

On the need to change the calculation schemes for seismic resistance in building codes and rules (BRandR)

Hovhannisyan S. M.¹, Karapetyan J.K.², Geodakyan E.G.³, Sahakyan B.V.⁴

^{1,2,3,4} IGES NAS RA. Gyumri, Republic of Armenia

Abstract: With the kinematic excitation of a cantilever rod, it has been shown that flexural-shear oscillations begin at the free end of the rod. In this case, internal bulk forces arise in the rod, which oppose $1/2 f(x, t)$ to external force, and at the free end of the rod, an associated pair $F(l, t)$

@ Оганесян С. М., Карапетян Дж. К., Геодакян Э. Г., Саакян Б. В., 2021

and $M(l, t)$ arise. This coupled pair is the true cause of flexural-shear vibrations. The second part of the force $f(x, t)$ goes to create purely shear vibrations.

From the developed new gravitational-vortex theory of seismic stability, it follows that in the design schemes for one-dimensional models there is a fourfold reserve (reserve) for the assessment of forces and moments in the sections of a homogeneous rod. These capabilities make it possible to increase the acceleration on the seismic zoning maps at least twice and to bring the accelerations observed during strong and destructive earthquakes into line with the accelerations used in BRandR.

Keywords: seismic resistance, new payment schemes, bending wave, inertial forces, internal friction

For citation: Hovhannisyan S. M., Karapetyan J.K., Geodakyan E.G., Sahakyan B.V. On the need to change the calculation schemes for seismic resistance in building codes and rules (BRandR). *Seismostoi koe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii = Earthquake engineering. Constructions safety*. 2021, no. 5, pp. 22-35 (In Russian) .

DOI: [10.37153/2618-9283-2021-5-22-35](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-5-22-35)

Введение

Сильные и разрушительные землетрясения, как это не печально, являются одним из естественных экспериментов, в которых проверяется точность теории сейсмостойкости и могут быть получены новые данные о поведении зданий и сооружений.

Макросейсмические изучения последствий разрушительных землетрясений [2,4,5,28,29] (Мексиканского 19 сентября 1985 г., Спитакского 7 декабря 1988 г., Нортриджского землетрясения 17 января 1994 г., Японского 17 января 1995 г. (особенно в городе Кобе), Тайваньского землетрясения 21 сентября 1999 г. и Великого японского землетрясения 11 марта 2011 г.) показывают, что возникают множество необъясненных форм разрушения зданий и сооружений и иных аномальных явлений, которые не укладываются в рамки известных теорий сейсмостойкости. Это обвал около 40 9-этажных зданий серии 111 в городе Гюмри (Ленинакан) прямо на фундамент [14]. Возникновение в г. Кобе аномального раздробления высокопрочного бетона сразу по всей высоте колонны одного этажа в середине здания [28,29]. Это приводило к тому, что колонны всего среднего этажа полностью рассыпались, их арматура под тяжестью верхних этажей спрессовывалась, а один или два этажа зданий как бы исчезали. Эти явления названы эффектами среза «короткой колонны» или «схлопывания» этажей. Получение повреждений и разрушение посередине высоты массивных памятников участникам Великой Отечественной войны в различных населенных пунктах Республики Армения [25]. Такие разрушения и срезы колонн и вращения по срезу наблюдались в г. Ленинакане во время землетрясения 22 октября 1926 года [2]. Возникновение в толстых железобетонных колоннах эстакад с относительно низкой вертикальной нагрузкой «пластических» срезов, охватывающих все ее сечение. Такие аномальные срезы опор эстакад часто возникали в Лос-Анджелесе в 1994 г., в городе Кобе в 1995 г. и во время Тайваньского землетрясения 1999 г. [28,29].

Проведенные исследования показали [1,4,6,14,25,27], что одной из основных проблем инженерной сейсмологии, сейсмического районирования (СР) и сейсмического микрорайонирования (СМР), сейсмостойкого строительства остается вопрос повышения на картах СР и СМР исходных величин сейсмических ускорений (ВСУ) до $0.7 \div 0.8 \div 1.0g$ (g – ускорение свободного падения) для средних грунтов. Увеличение ВСУ для средних грунтов до $0.7 \div 0.8 \div 1.0g$ на картах СР и СМР приводит к увеличению в два раза инерционных сейсмических сил, действующих при землетрясении, на здания и

сооружения. Как следствие этого при проектировании повышаются расчетные силы, что, в конечном счете, приводит к резкому повышению стоимости возводимых зданий и сооружений.

Поэтому возникает необходимость разработки таких расчетных схем колебаний зданий и сооружений (новой теории сейсмостойкости), в которых учитываются огромные величины сейсмических ускорений, наблюдаемые в действительности. Впервые этот вопрос поднимается в последней статье акад. А.Г. Назарова [11].

По мнению авторов это возможно по трем существенно различным направлениям:

1) переход от одномерных к двух- или трехмерным моделям сооружений; 2) учет влияний нелинейности, вертикальных сил, кручений, упруго-пластического деформирования; 3) нахождение неизвестных резервов в одномерных моделях.

Наибольший интерес для авторов представляет 3-е направление, исходя из возможностей новой модели массы (НММ) [14].

Для построения новой теории сейсмостойкости (НТС) и объяснения эффекта среза «короткой колонны» важное значение имеют результаты, полученные в работах [12,16,19,20] при колебаниях однородного стержня постоянного сечения длины l со следующими граничными условиями (рис.1): задача 1 – консольный стержень; задача 2 – оба конца стержня жестко защемлены; задача 3 – один конец жестко защемлен, а другой удовлетворяет условию

$$\frac{\partial U(l,t)}{\partial x} = 0 \quad (\varphi(l,t)=0). \quad (1)$$

В работе [17] в результате введения понятий мгновенного центра вращения (МЦВ), мгновенного момента инерции (ММИ) и приведенных длин, удалось впервые произвести декомпозицию постановку задачи о распространения упругой волны изгиба на две подзадачи и снизить порядок решаемых уравнений с четвертого до второго.

Полученные системы уравнений для подзадач I и II существенно отличаются от известных уравнений изгибных колебаний С.П. Тимошенко и Бернулли-Эйлера [13].

Для начала подробно рассмотрим задачу 1, потому что она имеет ключевую роль для статьи. Задачи 2 и 3 в силу симметрии смещения $U_1(x,t)$ относительно точки перегиба 2 сводятся к задаче 1 (см. рис. 4а,б) [22,23]. В работе [17] даны постановки задачи о распространении волны чистого изгиба и изгиба при свободных колебаниях однородного консольного стержня постоянного поперечного сечения.

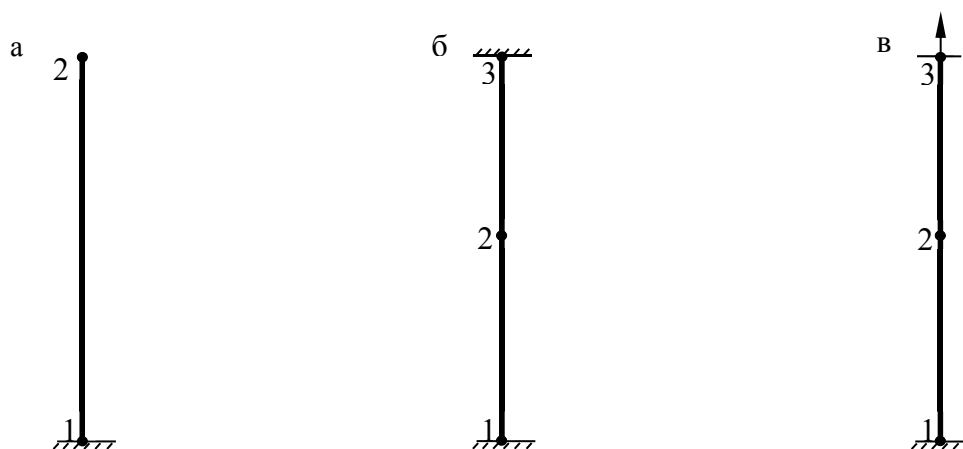


Рисунок 1 – Задача 1 – а, задача 2 – б, задача 3 – в

Figure 1 – Task 1-a, task 2-b, task 3-c

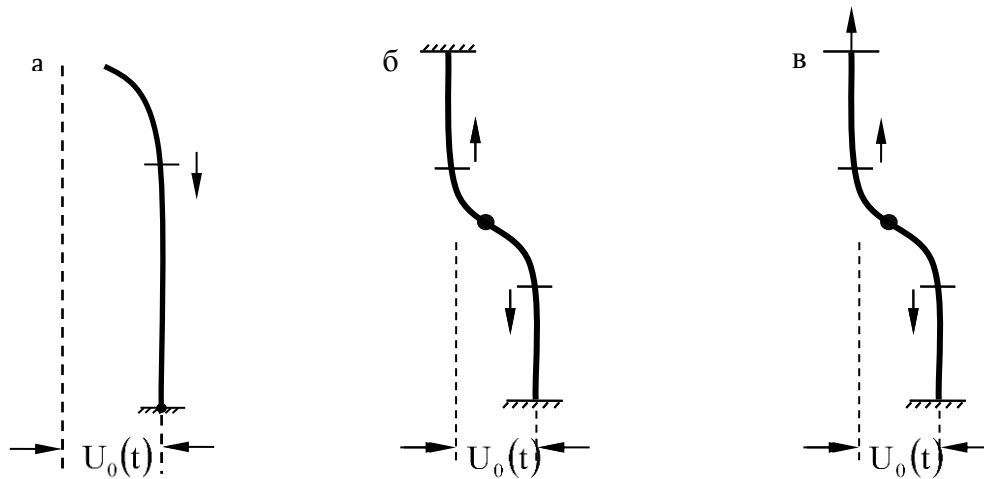


Рисунок 2 – Расчетные схемы изгибно-сдвиговых и чисто изгибных колебаний для задач 1-3

Figure 2 – Calculation schemes of flexural-shear and simple flexural variations for 1-3 tasks

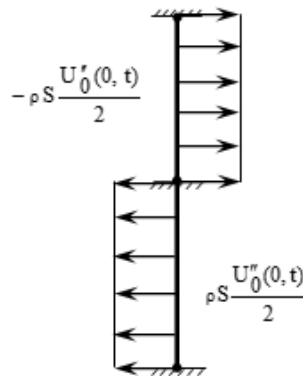


Рисунок 3 – Расчетные схемы чисто сдвиговых колебаний для задачи 2 и 3

Figure 3 – Calculation schemes of simple shear variations for the tasks 2 and 3

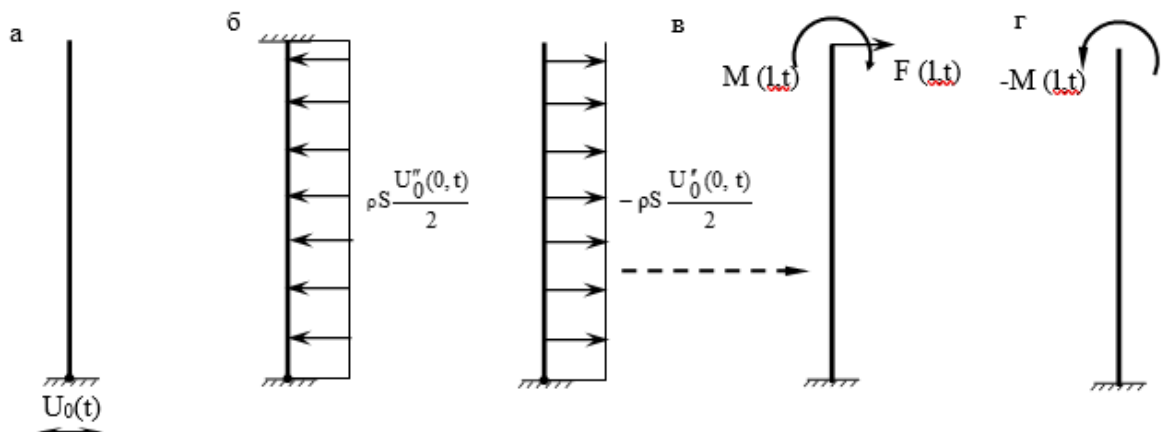


Рисунок 4 – Расчетная схема чисто сдвиговых (б), изгибных (в) и чисто изгибных (г) колебаний для задачи 1

Figure 4 – Calculation scheme of simple shear (b), flexural(c) and simple flexural (d) variations for task 1

2. Для теории сейсмостойкости важное значение имеет решение задачи о вынужденных колебаниях однородного консольного стержня на изгиб (ВКОКСИ).

При рассмотрении задачи о вынужденных колебаниях однородного консольного стержня на изгиб оказалось [13], что при силовом внешнем воздействии в виде распределенной силы $f(x, t)$ истинной причиной изгибных колебаний является ее обобщенная частная производная по переменной x , $f'_x(x, t)$.

Так как в момент времени $t = 0_{+0}$ фронт изгибной волны начинается со свободного конца стержня, то остается открытым вопрос – какие силы компенсируют внешнюю распределенную силу $f(x, t) = f(t)$.

При этом в стержне возникают «внутренние» объемные силы $q(x, t)$, которые обязательно необходимо учитывать при уточненной формулировке постановки задачи о свободных и вынужденных колебаниях консольного стержня на изгиб.

Далее в работах [12,17] показано, что решения задачи ВКОКСИ подразделяется на стационарную и волновую подзадачи, которые принимают соответственно следующие виды:

$$q(x, t) - kGS \frac{\partial^2 \bar{U}_2}{\partial x^2} = f(x, t) \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho S \frac{\partial^2 \phi_2}{\partial t^2} - kGS \frac{\partial^2 \phi_2}{\partial x^2} = f_x(t) = -\frac{1}{2} f(t) \delta(x - l) \quad (3) \\ \text{при нулевых начальных и граничных условиях} \end{array} \right.$$

$$\phi_2(0, t) = \frac{\partial \phi_2(l, t)}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

$$\phi_2(x, 0) = \frac{\partial \phi_2(x, 0)}{\partial t} = 0, \quad (5)$$

$$\left. \begin{array}{l} u \\ \frac{\partial U_2}{\partial x} = \bar{\phi}_2(x, t), \quad (6) \end{array} \right\}$$

$$U_2(0, t) = 0, \quad (7)$$

где (\cdot) – дельта функция Дирака,
 $\bar{\phi}_2(x, t)$ – решение задачи (6) – (7),
 ρ - плотность стержня.

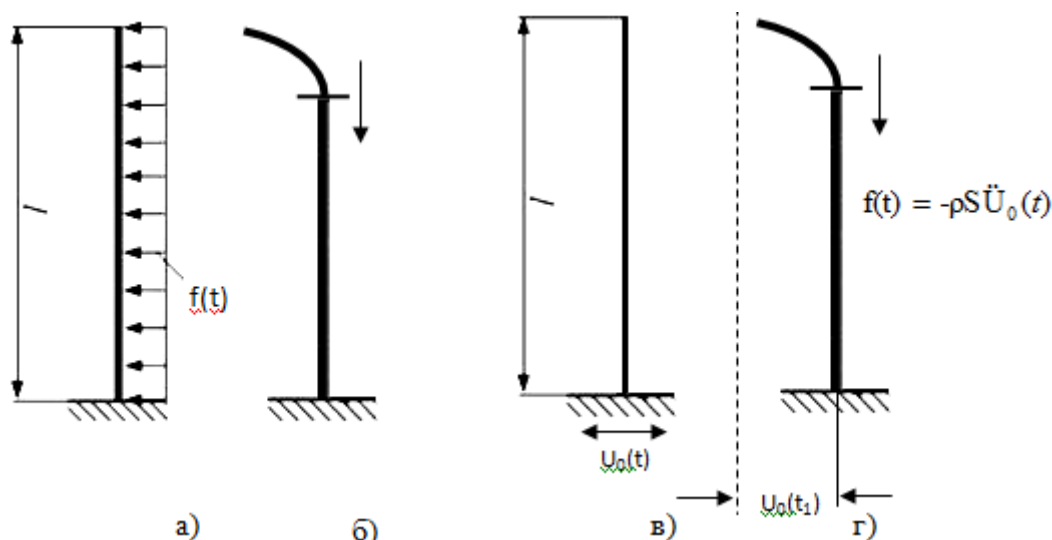


Рисунок 5 – Фрагменты первой фазы изгибных колебаний при различных источниках возбуждений

Figure 5 – Fragments of the first phase of bending variations at various sources of excitation

Полученные решения, приведенные на рис.4, показывают, что волновая подзадача I является на самом деле динамико-кинематическим описанием первой части процесса изгибных колебаний при силовом воздействии $f(x,t)$. Она подготавливает процедуру определения перерезывающей силы $Q(x,t)$ по формуле (2) по всему сечению стержня, которая используется в подзадаче II фактически как «внешнее» воздействие, при нулевых начальных и граничных условиях.

В процессе разработки новой (гравитационно-вихревой) теории сейсмостойкости (НТС) [13,17], соответственно, новых расчетных схем, постепенно кристаллизовалась идея, что только новая модель массы (НММ) [14] недостаточна для его построения.

В работе [13] показано, что при колебании однородного консольного стержня длины l полное перемещение нейтральной линии $U(x,t)$ представимо в виде $U(x,t) = U_1(x,t) + U_2(x,t) + U_3(x,t)$, где $U_1(x,t)$ - чистый изгиб, $U_2(x,t)$ - изгибно-сдвиг, $U_3(x,t)$ - чистый сдвиг. В проведенных автором исследованиях показано [14,17], что полную физическую нагрузку при нахождении изгибно-сдвиговой составляющей $U_2(x,t)$ несет не волновое уравнение (3), а соответствующая ему система линейных дифференциальных уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho S \frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = \frac{\partial p}{\partial x}, \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial p}{\partial t} = kGS \frac{\partial \varphi_2}{\partial x} - \frac{1}{2} f(x,t), \end{array} \right. \quad (9)$$

где φ - угол поворота сечение S , $p(x,t)$ - внутренний распределенный импульс.

Из уравнений (8)-(9) видно, что в консольном стержне (задача 1) при кинематическом возбуждении возникает внутренний распределенный объемный импульс

(количество движения) $p(x,t)$, производная $\frac{\partial p}{\partial t}$ который в равенстве (9) балансирует (противодействует) $\frac{1}{2}f(x,t)$ и одновременно связанный с ним внутренний распределенный момент $\frac{J}{S} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t \partial x}$. Выражение $\frac{J}{S} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t \partial x}$ получается из равенства (8) дифференцированием по переменной t и умножением слева и справа на величину $\frac{J}{S}$, т.е.

$$\rho J \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial t^2} = \frac{J}{S} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial x \cdot \partial t}, \quad (10)$$

где J - момент инерции сечения стержня S относительно оси z .

Из уравнения (2) и вышеприведенных рассуждений следует, что процесс начала изгибно-сдвиговых колебаний происходит со свободного конца консольного стержня [13,17]. Поэтому на свободном конце стержня одновременно возникают сила $F(l,t)$ и момент силы $M(l,t)$ модули которых равны соответственно $\frac{1}{2}f(x,t)$ и $\frac{1}{2} \cdot \frac{J}{S} \cdot \dot{f}(x,t)$ образующую связанную пару (аналогично куперовской паре). Потому что, действуя независимо друг от друга, они бы вызывали соответственно чисто сдвиговые и чисто изгибные колебания. В работах по исследованию механизма очагов землетрясений их рассматривают не как связанные пары, а как двойную силу с моментом [5-7].

Естественно, возникают вопросы как создаются:

1. Внутренний распределенный импульс (количество движения) $p(x,t)$;
2. Связанная пара $F(l,t)$ и $M(l,t)$.

Наибольшую трудность для понимания создает возникновение связанной пары $F(l,t)$ и $M(l,t)$ на свободном конце консольного стержня. Известно, что возникновение всех «инерционных воздействий» связано с плотностью ρ (массой) однородного стержня. Однако на конце стержня элементарная масса $\Delta m = \rho S \Delta x$ отсутствует. Поэтому необходимы новые подходы для объяснения возникновения связанной пары $F(l,t)$ и $M(l,t)$.

В работе [12] показано, что система уравнения (8)-(9) распространения изгибно-сдвиговых колебаний консольного стержня аналогична системе телеграфных уравнений

$$\begin{cases} L \frac{\partial I}{\partial t} = -\frac{\partial V}{\partial x}, & (11) \\ C \frac{\partial V}{\partial t} = -\frac{\partial I}{\partial x}, & (12) \end{cases}$$

описывающей распространение тока проводимости в однопроводной линии, где L, C - индуктивность и емкость единицы длины провода, V - напряженность, I - ток.

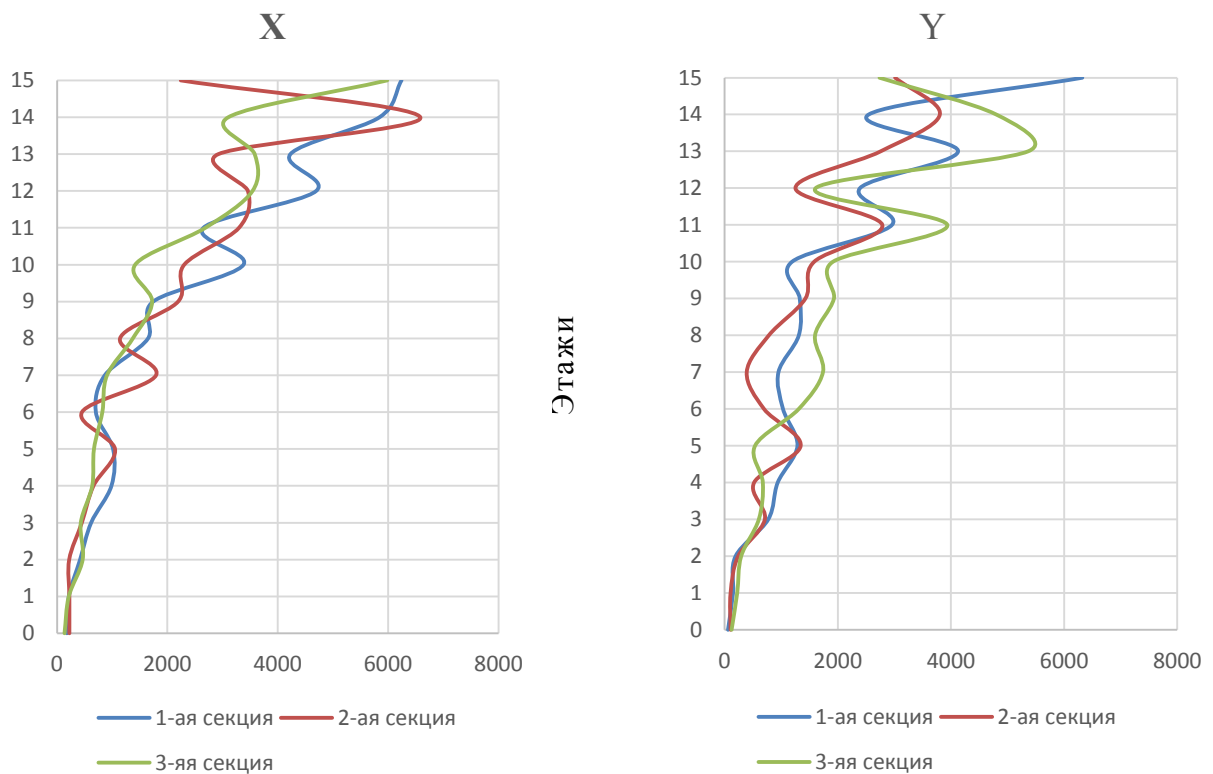


Рисунок 6 – Скорости микроколебаний соответствующих этажей жилого дома (в милливольтгах)

Figure 6 – Velocities of microvariations of the floors of the residential building (in millivolts)

В работе [17] показано, что ток проводимости в однопроводной линии передается следующим образом. По проводу мгновенно передается потенциал $\bar{V}_0(t)$, а на конце провода происходит поляризация электронов (позитронов) по всей площадке сечения S провода, которые создают электрическое напряжение $E(l, t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial \bar{V}_0(t)}{\partial x}$. Это напряжение в виде электрического тока проводимости (поляризованных электронов (позитронов)) распространяется в однопроводной линии.

При рассмотрении вопроса, как возникает связанная пара $F(l, t)$ и $M(l, t)$ мы должны принять (сделать заключение), по аналогии с тем, как распространяется ток проводимости в однопроводной линии, что существуют «гравитационные заряды» которые на свободном конце стрелы поляризуются и создают связанную пару $F(l, t)$ и $M(l, t)$.

В работе предлагается по аналогии с работой [17] ввести понятия гравитационного монополя и гравитационного заряда. Связанная пара $F(l, t)$ и $M(l, t)$ создается гравитационным монополем.

Следует отметить, что в ИГИС НАН РА настоящее время развиваются методы экспериментальных научных исследований в области сейсмостойкого строительства, способствующие получению инструментальной информации о колебаниях зданий и сооружений, возведенных в натуре, а также прилегающих к ним участков грунтов при микросейсмических колебаниях, с помощью специально разработанных регистрирующих приборов. Коэффициент преобразования милливольтга в скорость м/с $K=15000$ [8-10].

Экспериментальным путем полученные инструментальные материалы могут послужить исходными данными для проверки и уточнения методов расчета и проектирования зданий и сооружений в сейсмических районах (рис.6). Эти данные также позволяют оценить фактическую несущую способность сооружений при сейсмических воздействиях [8-10]. При этом, экспериментально можно установить взаимосвязь между уровнем напряженно-деформированного состояния и величиной периода собственных колебаний конструкций. На типовых зданиях было установлено, что по мере накопления повреждений периоды собственных колебаний несущих конструкций увеличиваются [8-10], следовательно, экспериментальные результаты испытаний, проведенных в натуральных условиях возведенных зданий и сооружений типовых объектов, дают возможность не только оценивать реальное воздействие сейсмических сил, но и динамические характеристики, и реальное состояние сооружения.

При этом, кроме определения периодов свободных колебаний и декрементов затухания рассмотренных зданий, представляют интерес также ряд других, не менее важных вопросов для сейсмостойкости зданий и сооружений, таких, как взаимодействие между фундаментом сооружения и его основанием (грунтом), распределение сейсмических ускорений по высоте, определение относительных подвижек в наиболее ответственных узлах и соединениях и др. [8-10].

Полученные по гравитационно-вихревой теории сейсмостойкости расчетные схемы показывают, что даже в одномерных моделях имеется четырехкратный резерв по оценке перерезывающих сил и моментов (2×2). Как видно из рисунков 1-4 сила инерции $-\rho S \ddot{U}(t)$ при изгибе и сдвиге принимает участие с коэффициентом $\frac{1}{2}$. Второй коэффициент 2 появляется, если расчеты производим по задаче 3 (модели), так как в этом случае жесткость стержня увеличивается в два раза.

Данные расчетные схемы нами были модернизированы и привлечены при рассмотрении различных моделей подготовки тектонического землетрясения в коллизионных зонах и возникновения различных сейсмических волн в ближней зоне землетрясения [19,23,24].

Когда новая гравитационно-вихревая теория сейсмостойкости уже создана и экспериментально проверена, можно ретроспективно оценить сложности, которые возникали при ее построении. Фактически с первых шагов ее построения необходимо было выйти за рамки классической и частично квантовой механики. Если непредвзято оценить работу авторов, то фактически предложены принципиально новые понятия и подходы. Некоторые понятия за эти 25 лет постепенно получили признание и употребление в работах крупных ученых в области механики и электродинамики [3,22,23]. Это говорит о том, что создается сообщество ученых, которые для решения передовых задач в своей области выходят на качественно новый уровень знаний и моделей [26].

Заключение

Полученные в работе расчетные схемы соответственно для задачи 1 (рис. 2а и 4б) и задачи 3 (рис. 2в и 3а), по мнению авторов, должны стать основой новой теории сейсмостойкости.

Близкие расчетные схемы в теории сейсмостойкости рассматриваются в методе стоячих волн, разработанном группой под руководством А.Ф. Еманова [7,28].

Список литературы

1. Аптикаев Ф.Ф. Проблемы создания шкалы сейсмической интенсивности нового поколения // Вулканология и сейсмология. 1999. №.4-5. С.23-28.
2. Бюс Е., Гигинейшвили В. Ленинанканское землетрясение 22 октября 1926 г. (по макросейсмическим наблюдениям) // Оттиск из кварталного сейсмологического бюллетеня. 1943. Т. 12. № 12. Тбилиси. С. 39-108.
3. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ϵ и μ // Успехи физических наук. 1967. Т. 92. С. 517–532.
4. Геодакян Э.Г. О геодинамической модели очага Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. В кн.: Сб. научных трудов конф., посв. 60-летию основания НАН РА. Гюмри: Изд. «Гитутюн» НАН РА. 2004. С. 64-78.
5. Геодакян Э.Г., Голинский Г.Л., Папалашвили В.Г., Хромецкая Е.А., Щебакин Н.В. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. Карты изосейст // Землетрясения в СССР в 1988 году. М.: Изд-во Наука. 1991. С.74-85.
6. Гусев А.А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России // Известия РАН. Физика Земли. 2002. №.12. С.56-70.
7. Еманов А.Ф., Каргаполов А.А., Колесников Ю.И., Федин К.В. Диагностирование потери устойчивости опор трубопроводов по акустическим шумам: лабораторный эксперимент // Вестник НГУ. Серия: Математика, механика, информатика. 2013. №.4. С. 84-90.
8. Карапетян Дж. К. Сопоставительный анализ расчетных кривых коэффициента динамичности β (T,n), полученных различными методами // Вопросы инженерной сейсмологии. 2012. Т.39. №3. С. 33-40.
9. Карапетян Дж. К. Статистический анализ количественных параметров сейсмического воздействия Японского 11.03.2011 землетрясения. В кн.: Сб. научных трудов конференции, посвященной 50-летию основания ИГИС НАН РА. Гюмри, Изд. «Гитутюн» НАН РА. 2011. С. 344-362 (Арм. яз.).
10. Карапетян Дж. К., Айрапетян О. Ю., Мхитарян Д. А. Анализ динамических характеристик здания комплексной конструкции // Геология и геофизика Юга России. 2019. Том 9. № 1. С. 110-121. DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26792.
11. Назаров А.Г. Некоторые вопросы количественной оценки сейсмических воздействий. В кн: Методы количественной оценки сейсмических воздействий. Тбилиси: Мецниереба. 1983. С.5-16.
12. Оганесян С.М. Аналогия системы уравнений описывающие изгибные колебания однородного консольного стержня с телеграфными уравнениями // Сборник научных трудов IV конференции: Актуальные проблемы механики сплошной среды. Ереван. 2015. С. 309-311.
13. Оганесян С.М. К вопросу о построении новой теории сейсмостойкости // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 5.С. 26-29.
14. Оганесян С.М. К построению модели массы // Геофизический журнал. 1998. Т.20. №5. С.3-5.
15. Оганесян С.М. К реальности силы инерции Даламбера. В кн.: Сб. научных трудов конференции, посвященной 50-летию памяти к.г.-м.н. А.Г. Бабаджаняна. Гюмри: Изд. «Гитутюн» НАН РА. 1999. С.295-303.
16. Оганесян С.М. Обобщение решения задачи продольных колебаний упругих систем. Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II международной научной конференции молодых ученых. Цахкадзор-2015-Ереван. Изд. «Гитутюн» НАН РА. 2016. С.391-393.

17. Оганесян С.М. Постановка задач о распространения упругих волн чистого изгиба и изгиба при поперечных колебаниях однородного консольного стержня // ДНАН Армении. 2013. Т.113. № 3. С.259-267.
18. Оганесян С.М. Регулярные методы решения трехмерных задач гравиметрии. Ереван-Гюмри: Изд. «Гитутюн» НАН РА. 2004. 381с.
19. Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Карапетян Дж. К., Саакян Б.В., Андикян М.А. К вопросу о возникновении сдвиговой подвижки по изгибной модели подготовки тектонического землетрясения. В кн.: Современные задачи геофизики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Сб. науч. трудов II международной научной конференции молодых ученых. Цахкадзор-2015-Ереван: Изд. «Гитутюн» НАН РА. 2016. С.260-265.
20. Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Саакян Б.В. О сложной природе накопления напряжений в зоне коллизии подготовки тектонического землетрясения. Коллективная монография. Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. VII международная научно-практическая конференция, Владикавказ, 30 сентября-02 октября 2019. С.55-66.
21. Оганесян С.М., Оганесян А.О., Геодакян Э.Г., Гаспарян Г.С., Григорян В.Г. Выделение зон возникновения очагов землетрясений на основе сейсмологической идентификации и параметризации основных элементов структурно динамической модели земной коры Армении. Изв. НАН РА, Науки о Земле. 2008. №1. С.39-43.
22. Панин В.Е. Основы физической мезомеханики // Физическая мезомеханика. 1998. № 1.С. 5-22.
23. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Наука. 2007. 406 с.
24. Саакян Б.В. Сейсмическое отражение сложных геодинамических процессов в орогенах Большого и Малого Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2018. № 2. С. 90-98.
25. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. Научно-технический отчет ИГИС АН РА (в двух томах). Ленинанкан. Фонды ИГИС НАН РА. 1990. Т.1, с. 293, т.2, с. 400.
26. Томас Кун. Структура научных революций. М.: Изд. Прогресс. 1977. 302 с.
27. Уломов В.И. Актуализация нормативного сейсмического районирования в составе единой информационной системы «Сейсбезопасность России» // Вопросы инженерной сейсмологии. 2012. №1. Т.39. С. 5-38.
28. Федин К.В. Физическое моделирование стоячих волн для решения задач инженерной сейсмологии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск. 2014. 119 с.
29. Soils and foundations. Special issue of Geotechnical aspects of January 17 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake, Japanese Geotechnical Society, January, 1996. 359 p.
30. Survey A. Report for building damages due to the 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake. Building Research Institute; Ministry of Construction (Japan) March, 1996. 226 p.

References

1. Aptikaev F.F. 1999. Problems of creating a new generation seismic intensity scale. Volcanology and seismology, no. 4-5. pp. 23-28 (In Russian)
2. Byus E., Gigineishvili V. 1943. Leninakan earthquakes on October 22, 1926 (according to macroseismic observations). Imprint from the quarterly seismological bulletin vol. 12, no. 12, Tbilisi, pp. 39-108. (In Russian)
3. Veselago V.G. 1967. Electrodynamics of substances with simultaneously negative values of ϵ and μ . Uspekhi fizicheskikh nauk. V. 92, pp. 517-532. (In Russian)

4. Gedakyan E.G. 2004. On the geodynamic model of the source of the Spitak earthquake on December 7, 1988. In the book: Sb. scientific papers conf., dedicated. 60th anniversary of the foundation of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia. Gyumri: Publishing House of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, pp. 64-78. (In Russian)
5. Geodakyan E.G., Golinsky G.L., Papalashvili V.G., Khrometskaya E.A., Schebalin N.V. 1991. Spitak earthquake on December 7, 1988. Isoseist maps. Earthquakes in the USSR in 1988. M.: Publishing house Nauka, pp. 74-85. (In Russian)
6. Gusev A.A. 2002, On the basis of seismological earthquake-resistant construction standards in Russia. Math. Russian Academy of Sciences, Physics of the Earth, no.12, pp.56-70. (In Russian)
7. Yemanov A.F., Kargapolov A.A., Kolesnikov Yu.I., Fedin K.V. 2013. Diagnostics of stability loss of pipeline supports by acoustic noise: laboratory experiment. Vestnik NSU. Series: Mathematics, Mechanics, Informatics, no.4, pp.84-90. (In Russian)
8. Karapetyan J.K. 2012. Comparative analysis of the calculated curves of the dynamic factor β (T, n), obtained by different methods. Questions of engineering seismology. Vol. 39, no. 3, pp. 33-40. (In Russian)
9. Karapetyan J.K. 2011. Statistical analysis of the quantitative parameters of the seismic impact of the Japanese 11.03.2011 earthquake. In the book: Sat. scientific papers of the conference dedicated to the 50th anniversary of the founding of ISIS NAS RA. Gyumri, Ed. «Gitutyun», NAS RA, pp. 344-362 (In Armenian)
10. Karapetyan J. K., Airapetyan O. Yu., Mkhitaryan D. A. 2019. Analysis of the dynamic characteristics of a complex structure building. Geology and geophysics of the South of Russia. Vol. 9, no. 1, pp. 110-121. DOI: 10.23671 / VNC.2019.1.26792. (In Russian)
11. Nazarov A.G. 1983. Some questions of the quantitative assessment of seismic impacts. In the book: Methods for the quantitative assessment of seismic impacts. Tbilisi: Metsniereba, pp. 5-16. (In Russian)
12. Hovhannisyan S.M. 2015, Analogy of the system of equations describing bending vibrations of a homogeneous cantilever bar with telegraph equations. Collection of scientific papers of the IV conference: Actual problems of continuum mechanics. Yerevan: pp. 309-311. (In Russian)
13. Hovhannisyan S.M. On the question of building a new theory of seismic stability. Earthquake engineering. Construction safety. 2013, no. 5, pp. 26-29. (In Russian)
14. Hovhannisyan S.M. 1998. On the construction of a mass model. Geophysical journal, v.20, no. 5, pp. 3-5. (In Russian)
15. Hovhannisyan S.M. 1999. To the reality of the force of inertia of d'Alembert. In the book: Sat. Sci. Proceedings of the conf. dedicated 50th anniversary of the memory of Ph.D. A.G. Babajanyan. Gyumri: Ed. «Gitutyun» NAS RA, pp. 295-303. (In Russian)
16. Hovhannisyan S.M. 2016. Generalization of the solution to the problem of longitudinal vibrations of elastic systems. Modern problems of geophysics, engineering seismology and earthquake-resistant construction. Sat. scientific. Proceedings of the II International Scientific Conf. young scientists, Tsaghkadzor-2015-Yerevan. Publishing house «Gitutyun» NAS RA, pp. 391-393. (In Russian)
17. Hovhannisyan S.M. 2013. Statement of problems on the propagation of elastic waves of pure bending and bending under transverse vibrations of a homogeneous cantilever bar. DNAN Armenia, v. 113, no. 3, pp. 259-267. (In Russian)
18. Hovhannisyan S.M. 2004. Regular methods for solving three-dimensional problems of gravimetry. Yerevan-Gyumri: Publishing house «Gitutyun» NAS RA, 381 p. (In Russian)
19. Hovhannisyan S.M., Geodakyan E.G., Karapetyan J.K., Sahakyan B.V., Andikyan M.A. 2016. On the issue of the occurrence of shear displacement according to the flexural model of

- the preparation of a tectonic earthquake. - In the book. Modern problems of geophysics, engineering seismology and earthquake-resistant construction. Sat. scientific. Proceedings of the II International Scientific Conf. young scientists, Tsaghkadzor-2015-Yerevan: Publishing house «Gitutyun» NAS RA, pp.260-265. (In Russian)
20. Hovhannisyan S.M., Geodakyan E.G., Sahakyan B.V. 2019. On the complex nature of stress accumulation in the collision zone of the preparation of a tectonic earthquake. Collective monograph. Hazardous natural and man-made processes in mountainous regions: models, systems, technologies. (VII International Scientific and Practical Conference, Vladikavkaz, September 30-October 02, 2019), Vladikavkaz, pp. 55-66. (In Russian)
 21. Hovhannisyan S.M., Hovhannisyan H.H., Geodakyan E.G., Gasparyan G.S., Grigoryan V.G. 2008. Identification of zones of origin of earthquake foci on the basis of seismological identification and parameterization of the main elements of the structural dynamic model of the earth's crust in Armenia. Izv. NAS RA, Earth Sciences, no.1, pp. 39-43. (In Russian)
 22. Panin V.E. Fundamentals of physical mesomechanics. Physical mesomechanics. 1998, no. 1, pp. 5-22. (In Russian)
 23. Rebetskiy Yu.L. Tectonic Stresses and Strength of Mountain Massifs. Moscow: Nauka. 2007. 406 p. (In Russian)
 24. Sahakyan B.V. 2018. Seismic reflection of complex geodynamic processes in the orogens of the Greater and Lesser Caucasus. Geology and Geophysics of the South of Russia. No. 2, pp. 90-98. (In Russian)
 25. Spitak earthquake on December 7, 1988. Scientific and technical report of IGIS AS RA (in two volumes). Leninakan, 1990, funds of the ISIS NAS RA, vol. 1, p. 293, vol. 2, p. 400. (In Russian)
 26. Thomas Kuhn. The structure of scientific revolutions. 1977. Moscow: Ed. Progress. 302 p. (In Russian)
 27. Ulomov V.I. 2012. Actualization of normative seismic zoning as part of the unified information system «Seismic safety of Russia». Questions of engineering seismology. No. 1, v.39, pp. 5-38. (In Russian)
 28. Fedin K.V. 2014. Physical modeling of standing waves for solving problems of engineering seismology. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Novosibirsk.119p.
 29. Soils and foundations. Special issue of Geotechnical aspects of January 17, 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake, Japanese Geotechnical Society, January, 1996. 359 p.
 30. Survey A. 1996. Report for building damages due to the 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake. Building Research Institute; Ministry of Construction (Japan) March, 226 p.

Информация об авторах/Information about authors

Оганесян Севада Мкртычевич *, член-корр. НАН РА Армения, доктор физ-мат наук, сов. директора и зав. Отделом Института геофизики и инженерной сейсмологии им. акад. А. Назарова НАН РА (ИГИС НАН РА), iges@mail.ru, (+374) 93 42-04-43

Hovhannisyan Sevada M., corr.-member NAS RA Armenia, doctor of Physics and Mathematics, sov. director and head laboratory of the Institute of Geophysics and Engineering Seismology after named acad. A. Nazarov NAS RA (IGES NAS RA), iges@mail.ru, (+374) 93 42-04-43

Карапетян Джон Костикович, канд. геол. наук, директор и зав. отделом ИГИС НАН РА, jon_iges@mail.ru, (+374) 94 79-85-80

Karapetyan John K., cand. geol. sciences, director and head laboratory of IGES NAS RA, jon_iges@mail.ru, (+374) 94 79-85-80

Геодакян Э. Г., канд. физ.-мат. наук, зав. отделом ИГИС НАН РА, geodakyan.e@mail.ru, (+374) 93 51-31-23

Geodakyan E.G., cand. physical-mat. sciences, head laboratory of IGES NAS RA, geodakyan.e@mail.ru, (+374) 93 51-31-23

Саакян Б. В., научный сотрудник ИГИС НАН РА, sahakyan_babken@mail.ru, (+374) 93 62-66-53

Sahakyan B. V., Researcher of IGES NAS RA, sahakyan_babken@mail.ru, (+374) 93 62-66-53