

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Յ. Բ. ԽԱՇԻՅԱՆ, Վ. Ա. ԱՄԲԱՐՇՄՅԱՆ, Ջ. Դ. ՆԵՏՐՈՍՅԱՆ

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РЕАКЦИИ ПРОТЯЖЕННЫХ ЗДАНИЙ И
 СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ
 ПРОХОЖДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

По действующей методике расчета зданий и сооружений на сейсмическое воздействие принимается, что все точки основания колеблются синхронно с одним и тем же смещением и ускорением. Однако для зданий и сооружений, длина которых в направлении распространения возмущения соизмерима с длиной сейсмической волны, такое допущение может привести к значительным погрешностям при определении реакций этих систем. Первые исследования, посвященные влиянию протяженности, были выполнены Г. Хаузером, П. Л. Корнишковым, А. П. Спиринским, Ш. Г. Манетваридзе [1, 2, 3, 4]. В дальнейшем различными аспектам этой проблемы посвящены работы В. А. Гроссмана, А. А. Петрова, М. Ф. Бариевца, В. К. Егупова и др. [5, 6, 7, 12]. Из-за сложности задачи в большинстве случаев рассматриваются здания и сооружения с простейшими динамическими расчетными схемами и с некоторым упрощением уравнений движения. В данной работе выведены уравнения движения протяженных многосвязных рам с учетом начальной фазы прохождения сейсмической волны. Получены некоторые количественные данные о влиянии протяженности на величины реакций систем с одной степенью свободы. Обсуждается возможность интегрирования уравнений движения при заданной акселерограмме движения основания.

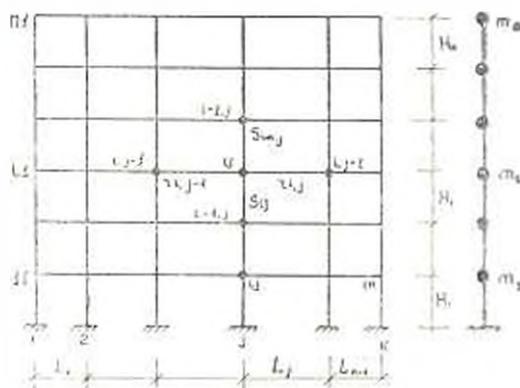


Рис. 1. Схема рамы.

1^o Рассмотрим многосвязное каркасное здание (рис. 1). Динамическая расчетная схема принимается в виде системы с конечным числом степеней свободы. Уравнения движения с учетом протяженности можно получить, если составить уравнения равновесия метода дефор-

маций при статическом горизонтальном движении опор [8], а затем в соответствующих уравнениях поперечных сил, в соответствии с принципом Даламбера, прибавить инерционные силы. Полученные таким путем уравнения, когда каждая опора имеет некоторое перемещение, можно представить в следующем общем виде:

$$2s_{ij}\varphi_{i-1,j} + 2r_{i,j-1}\varphi_{i,j-1} + 4(s_{ij} + r_{i,j-1} + r_{ij} + s_{i+1,j})\varphi_{ij} + \\ + 2r_{ij}\varphi_{i,j+1} + 2s_{i+1,j}\varphi_{i+1,j} - 6\frac{s_{ij}}{H_i}(y_i - y_{i-1}) - 6\frac{s_{i+1,j}}{H_{i+1}}(y_{i+1} - y_i) = 0;$$

$$i = 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, k; \quad r_{i0} = r_{ik} = s_{n+1,j} = y_{n+1} = 0;$$

$$2r_{1,j-1} + 4(s_{1j} + r_{1,j-1} + r_{1j} + s_{2j})\varphi_{1j} + 2r_{1j}\varphi_{1,j+1} + 2s_{2j}\varphi_{2j} - \\ - 6\frac{s_{1j}}{H_1}(y_1 - y_{0j}) - 6\frac{s_{2j}}{H_2}(y_2 - y_1) = 0; \quad (1)$$

$$j = 1, 2, \dots, k; \quad r_{1,0} = r_{1,k} = 0;$$

$$6\sum_{i=1}^k \frac{s_{ij}}{H_i}(\varphi_{ij} + \varphi_{i-1,j}) - 12\sum_{j=1}^k \frac{s_{ij}}{H_i^2}(y_i - y_{i-1}) + \sum_{i=1}^n (-m_i y_i) = 0;$$

$$i = 2, 3, \dots, n;$$

$$6\sum_{j=1}^k \frac{s_{1j}}{H_1}\varphi_{1j} - 12\sum_{j=1}^k \frac{s_{1j}}{H_1^2}(y_1 - y_{0j}) + \sum_{i=1}^n (-m_i y_i) = 0,$$

где $s_{ij} = \frac{EJ_{ij}^{(0)}}{H_i}$ — погонная жесткость j -й стойки i -го этажа;

$r_{ij} = \frac{EJ_{ij}^{(0)}}{l_j}$ — погонная жесткость j -го ригеля i -го этажа;

φ_{ij} — угол поворота узла с координатами i и j ;

y_i — перемещение i -го этажа;

E — модуль упругости;

$J_{ij}^{(0)}$, $J_{ij}^{(1)}$ — моменты инерции соответственно j -й стойки или ригеля i -го этажа;

H_i — высота i -го этажа;

l_j — длина j -го пролета;

m_i — масса, сосредоточенная в уровне i -го этажа;

y_i — ускорение массы i -го этажа;

n — число этажей;

k — число стоек этажа;

y_{0j} — перемещение j -й опоры.

Общее число уравнений системы (1) равно $kn + n$. Так как рассматриваемая система имеет n степеней свободы, то и число неизвестных, определяющих деформированное состояние, должно быть рав-

по λ . Если решить часть системы (1), представляющую условия равенства моментов в узлах, относительно φ_{ij} ($i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, k$), и подставить полученные таким путем зависимости $\varphi_{ij} = f_{ij}(y_{0j})$ ($i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, k$) в остальную часть уравнений, то получим точно n уравнений движения. Уравнения движения рамы (1) составлены для случая, когда каждая опора имеет определенное перемещение y_{0j} . Однако при более детальном анализе колебательного движения системы следует учитывать также начальный момент прохождения сейсмической волны [9]. При распространении возмущения, например, слева направо, сначала будет двигаться первая, затем — вторая опора, и уже после некоторого времени вовлекутся в движение все опоры. Здесь естественно предполагать, что возмущение распространяется с постоянной, зависящей от грунтовых условий, скоростью v_0 . Отсюда следует, что между перемещениями отдельных опор имеется зависимость:

$$y_{0j}(t) = y_{01} \left(t - \sum_{q=1}^{j-1} \frac{L_q}{v_0} \right).$$

При движении только первой опоры поведение системы описывается системой уравнений (1), в которых остальные перемещения опор принимаются равными нулю, т. е. $y_{0j} = 0$; $j > 1$. Решение этой системы справедливо при $0 < t < \frac{L_1}{v_0}$. При $\frac{L_1}{v_0} < t < \frac{L_1 + L_2}{v_0}$, когда движется и вторая опора, поведение системы описывается системой уравнений (1), в которых принимается $y_{0j} = 0$ для $j > 2$. И, наконец, когда вовлекается в движение все опоры, т. е. при $t > \sum_{q=1}^{k-1} \frac{L_q}{v_0}$, уравнения движения будут иметь вид (1), где уже все перемещения опор y_{0j} отличны от нуля. Таким образом, в начальный момент прохождения сейсмической волны от первой опоры до последней движение системы будет описываться k различными системами уравнений. При $0 < t < \frac{L_1}{v_0}$ система уравнений движения должна решаться при нулевых начальных условиях. При $\frac{L_1}{v_0} < t < \frac{L_1 + L_2}{v_0}$ начальными параметрами являются те значения деформаций и скоростей, которые получались при решении первой системы уравнений в точке $t = \frac{L_1}{v_0}$.

Соответствующим образом должны решаться и остальные системы уравнений. Решение систем уравнений при большом числе опор несколько увеличивает объем вычислительных операций. Однако, как будет показано ниже, при определении реакций многопролетных рам также удовлетворительные результаты можно получить, если при начальном прохождении волны учитывать лишь крайние опоры, т. е. при

ливать, что движение системы описывается всего лишь двумя различными системами уравнений: при

$$0 < t < \sum_{q=1}^{k-1} \frac{L_q}{v_0} \quad \text{и} \quad t > \sum_{q=1}^{k-1} \frac{L_q}{v_0}.$$

В случае, когда жесткость ригелей в несколько раз больше жесткости стоек, мы можем принимать перекрытие недеформируемым.

Уравнения движения такой системы будут иметь сравнительно простой вид. Принимая в (1) $z_{1j} = 0$, получим:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^k m_i y_i'' + 12 \sum_{j=1}^k \frac{s_{ij}}{H_j^2} (y_i - y_{i-1}) &= 0; \quad i = 2, 3, \dots, n \\ \sum_{i=1}^k m_i y_i'' - 12 \sum_{j=1}^k \frac{s_{ij}}{H_j^2} (y_i - y_{0j}) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Эти уравнения, путем простых алгебраических преобразований, можно привести к виду:

$$\begin{aligned} m_i y_i'' - a_{i-1} (y_{i-1} - y_i) + a_i (y_i - y_{i-1}) &= 0; \quad i = 2, 3, \dots, n; \\ m_1 y_1'' - a_2 (y_2 - y_1) + \sum_{j=1}^k a_{1j} (y_1 - y_{0j}) &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$a_i = \sum_{j=1}^k \frac{s_{ij}}{H_j^2}; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

В некоторых случаях удобнее в уравнениях (2) произвести замену переменных. Обозначая $\bar{y}_i = y_i - y_{0i}$ и учитывая затухание по гипотезе Фойгта (в несколько видоизмененном виде [10]), получим:

$$\begin{aligned} m_i (\bar{y}_i + y_{0i})'' - a_{i-1} (\bar{y}_{i-1} - \bar{y}_i) - \frac{a_{i+1}}{\omega} x_{i+1} (\bar{y}_{i+1} - \bar{y}_i)' &+ \\ + a_i (\bar{y}_i - \bar{y}_{i-1}) + \frac{\alpha_i}{\omega} x_i (\bar{y}_i - \bar{y}_{i-1})' &= 0; \\ m_1 (\bar{y}_1 + y_{01})'' - a_2 (\bar{y}_2 - \bar{y}_1) - \frac{a_2}{\omega} x_2 (\bar{y}_2 - \bar{y}_1)' &+ \\ + \sum_{j=1}^k a_{1j} (\bar{y}_1 + y_{0j} - y_{0j}) + a_1 \frac{\alpha_1}{\omega} \bar{y}_1' &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где α_k — коэффициент затухания k -го этажа; ω — частота основного тона свободных колебаний. В уравнениях (1) принято, что поглощение энергии первого этажа при несинхронных колебаниях опор такое же, что и при синхронных колебаниях. Такое допущение приводит к не-

существенному изменению затухания всей системы, но к значительному упрощению задачи при численном решении уравнений движения, когда заданы сейсмограмма или акселерограмма землетрясения. Таким образом, уравнения движения можно решить как относительно абсолютных перемещений y_i , так и относительно перемещений \bar{y}_i . В первом случае используется сейсмограмма, а во втором — сейсмограмма и акселерограмма землетрясения. Из (4) при $y_{0j} = y_{0i} = y_0$ получаются уравнения движения при синхронных колебаниях опор [10]. Представим аналитическое решение системы уравнений (4) в интер-

вале $\sum_{q=1}^j \frac{L_q}{v_0} < t_j < \sum_{q=1}^{j+1} \frac{L_q}{v_0}$, где j — число колеблющихся опор. Для простоты начало отсчета времени в каждом интервале примем равным нулю. Сейсмическая нагрузка i -го этажа S_i в этом интервале определяется выражением:

$$S_i = -m_i \sum_{r=1}^n e^{-\frac{\gamma_r}{2} \omega_r t} \left(\omega_r C_{ir} \frac{|C_{ir}|^{\alpha}}{|C_{ir}|} \sin \omega_r t + \omega_r^2 \frac{C_{ir} |C_{ir}|^{\alpha\alpha}}{|C_{ir}|} \cos \omega_r t \right) + \\ + m_i \sum_{r=1}^n \gamma_{ir} \gamma_r \int_0^t y_{0r}(\xi) e^{-\frac{\gamma_r}{2} \omega_r (t-\xi)} \sin \omega_r (t-\xi) d\xi + \\ + m_i \sum_{r=1}^n \bar{\gamma}_{ir} \omega_r \sum_{q=1}^i d_{iq} \int_0^t |y_{0q}(\xi) - y_{0i}(\xi)| e^{-\frac{\gamma_r}{2} \omega_r (t-\xi)} \sin \omega_r (t-\xi) d\xi, \quad (5)$$

где C_{ir} — нормированные значения перемещений i -го этажа при свободных колебаниях по r -й форме;

γ_{ir} — коэффициент формы колебаний, приведенный в СНиП:

$$\bar{\gamma}_{ir} = C_{ir} \frac{C_{ir}}{\sum_{i=1}^n m_i C_{ir}^2};$$

$|C_{ir}|$ — определитель соответствующих коэффициентов ($i, r = 1, 2, \dots, n$);

$|C_{ir}|^{\alpha}$, $|C_{ir}|^{\alpha\alpha}$ — определители, в которых r -й столбец заменен соответственно числами $y_1(0), \dots, y_n(0)$; $y_1'(0), \dots, y_n'(0)$.

При синхронных колебаниях опор из (5) получается обычная формула для определения сейсмических сил [10].

2° Для получения спектра сейсмических реакций с учетом протяженности сооружения рассмотрим однопролетную одноэтажную раму, представляемую как систему с одной степенью свободы. Уравнение движения, написанное для относительного перемещения \bar{y} для рамы, имеющей стойки равной жесткости, будет

$$\bar{y}'' + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \bar{y} + \frac{2\pi}{T} \alpha \bar{y}' = y_0''(t) - \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \left[y_0 \left(t - \frac{L}{v_0} \right) - y_0(t) \right]. \quad (6)$$

Это уравнение справедливо при $t > \frac{L}{v_0}$ и решается, как было сказано выше, при нулевых начальных условиях. Уравнение (6) было интегрировано при законе движения основания:

$$y_0''(t) = 100 \sin 10\pi t. \quad (7)$$

Период и амплитуда колебаний основания соответственно равны:

$$T_0 = 0,2 \text{ сек}; \quad y_{0\text{max}} = 100 \text{ см/сек}.$$

Параметры колебаний основания в первом приближении моделируют реальные акселерограммы сильных землетрясений. Значение коэффициента затухания принято $\alpha = 0,08$. Полученный спектр ускорений приведен на рис. 2, откуда видно, что учет протяженности приводит к существенному изменению характера резонансной кривой.

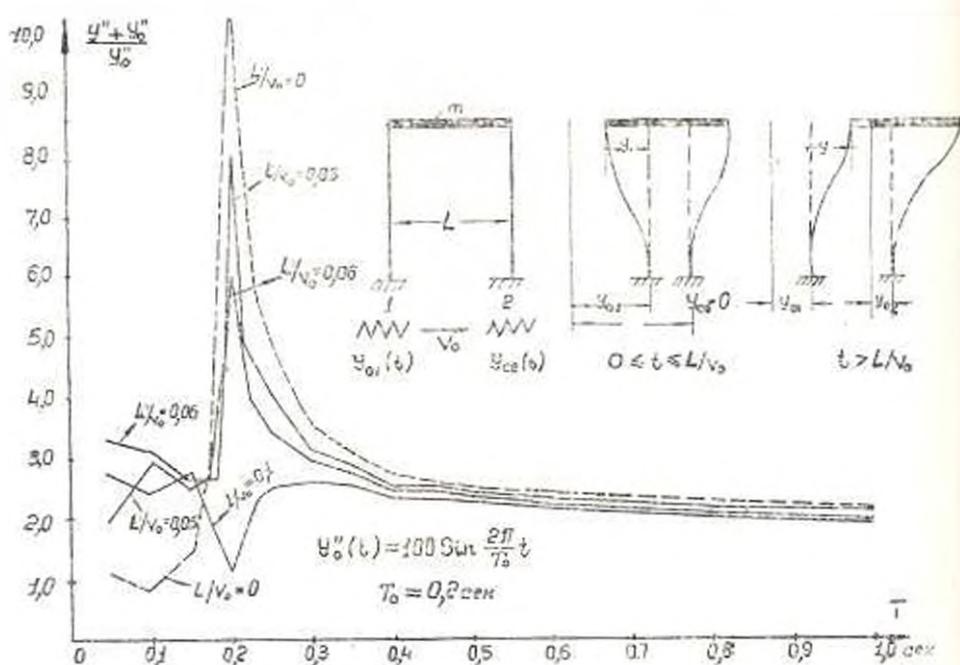


Рис. 2. Спектр ускорения линейного осциллятора при гармоническом движении основания

Для периодов $T < 0,2 \text{ сек}$ учет протяженности увеличивает динамический коэффициент до 2 и более раза. При $0,2 < T < 0,4 \text{ сек}$ динамический коэффициент уменьшается в $1,5 \div 1,7$ раза, а после $T >$

$> 0,1$ сек влиянием протяженности можно пренебречь. Для некоторых значений L/v_0 резонансная кривая принимает обратную форму. Интересное явление происходит с значением резонансного пика, который периодически уменьшается или возрастает в зависимости от значения L/v_0 (рис. 3). Отсюда следует, что если колебания грунта были бы гармоническими, то для данных грунтовых условий данную конструкцию можно было подобрать так, чтобы сдвиг фаз между колебаниями опор составлял

$$\frac{L}{v_0} = \frac{T_0}{2} + kT_0 \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (8)$$

где T_0 — преобладающий период колебаний грунта. В этом случае сооружение не будет подвергаться динамическому воздействию; динамический коэффициент стремится к единице.

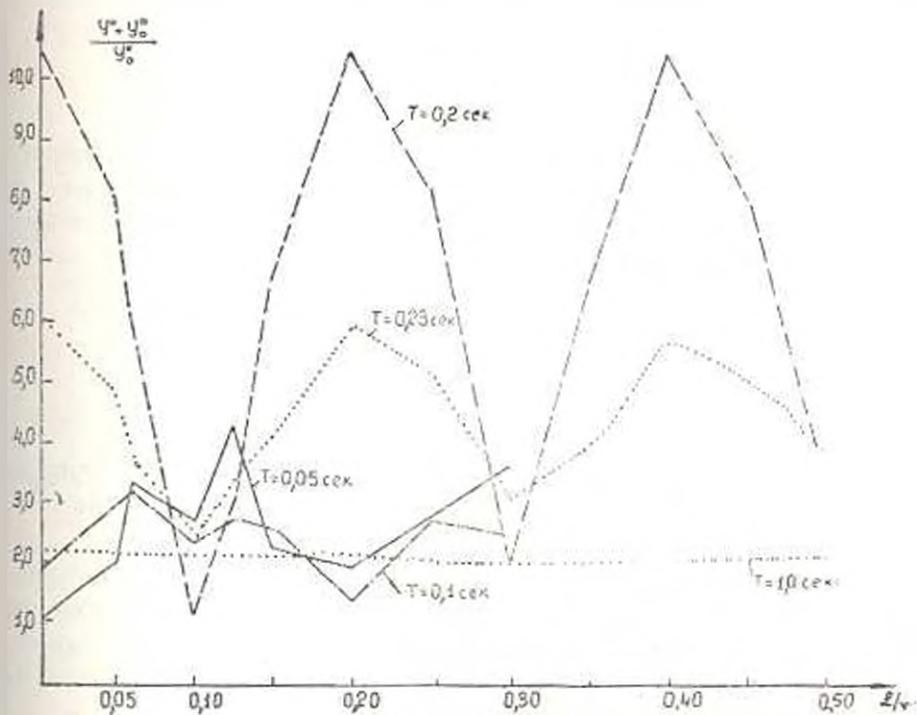


Рис. 3. Зависимость динамического коэффициента от протяженности и грунтовых условий.

Было исследовано влияние протяженности на величины реакций многопролетных одноэтажных рам. Рассматривались одно-, двух-, трех-, четырех- и пятипролетные рамы, имеющие одинаковую протяженность и одинаковые грунтовые условия. Оказалось, что число промежуточных опор мало влияет на величины сейсмической нагрузки и что существенной является общая длина сооружения. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Период, сек	Значения $(y_0 + y'')_{\max}$ (в см $g \cdot k^2$) для одноэтажных рам при числе опор				
	1	2	3	4	5
0,2	205	219	205	199	227
0,1	232	233	232	231	231
0,6	226	226	226	226	226
1,0	214	214	214	214	214

В некоторых случаях расчету об учете протяженности сооружения можно решить путем осреднения ускорения грунта и приведения его ко всему основанию сооружения, т. е. в качестве исходного ускорения грунта принимать выражение

$$y''_{0, \text{cp}}(t) = \frac{v_0}{l} \int_0^t y_0(t - \tau) d\tau. \quad (9)$$

По акселерограммам некоторых землетрясений были определены значения $y_{0, \text{cp}}(t)$ путем численного интегрирования с помощью выражения (9). Полученные результаты показали, что можно пренебречь влиянием протяженности для сооружений и грунтов для которых

$\frac{v_0}{l} > 10$. При $\frac{v_0}{l} < 10$ приближенно можно считать, что

$$y''_{0, \text{cp}} = \left(1 - \frac{2t}{v_0}\right) y_0^{\max},$$

Поскольку при осреднении частотные характеристики акселерограммы изменяются незначительно, то для реакций сооружений также будет иметь место аналогичное явление.

3° Как было отмечено выше, уравнения движения протяженных сооружений могут быть составлены двумя способами. В одном случае в уравнения движения входит сейсмограмма, а в другом — сейсмограмма и акселерограмма землетрясения. При сильных землетрясениях инструментально наиболее легко получают запись колебаний грунта в виде акселерограмм. Для их использования при численном решении уравнения движения (1) необходимо предварительно их дважды интегрировать для получения соответствующей сейсмограммы, что не всегда удается осуществить из-за больших погрешностей, вводимых записывающим инструментом. Поэтому возникает вопрос: нельзя ли уравнения движения составить так, чтобы при их решении использовать только акселерограмму? Ниже, на простейшем примере системы с одной степенью свободы, анализируется возможность осуществления этой задачи. Уравнение движения, полученное из (2), при этом будет:

$$y'' + \omega^2 y = f(t); \quad (10)$$

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \omega^2 y_0(t) & 0 \leq t \leq t_1 = \frac{L}{v_0}; \\ \frac{1}{2} \omega^2 y_0(t) - \frac{\omega^2}{2} y_0(t - t_1) \varepsilon_0(t - t_1) & t > t_1, \end{cases}$$

где $\varepsilon_0(t - t_1)$ — единичная запаздывающая функция [11].

Решение уравнения (10) при $t > t_1$ имеет вид:

$$y(t) = \frac{\omega}{2} \int_0^t y_0(\xi) \sin \omega(t - \xi) d\xi - \frac{\omega}{2} \int_{t_1}^t y_0(\xi - t_1) \sin \omega(t - \xi) d\xi. \quad (11)$$

Чтобы использовать акселерограмму реальных землетрясений, дважды продифференцировав уравнение (10), будем иметь:

$$y^{IV} + \omega^2 y'' = f'(t); \quad (12)$$

$$f'(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \omega^2 y_0'(t); \\ \frac{1}{2} \omega^2 y_0'(t) + \frac{\omega^2}{2} y_0'(t - t_1) \varepsilon_0(t - t_1). \end{cases}$$

Полученное дифференциальное уравнение четвертой степени пообщито не равносильно исходному уравнению (10). Для его решения необходимо иметь четыре начальных условия. Два «лишних» начальных условия следует выбрать так, чтобы решения уравнений (10) и (12) совпадали. Решим уравнения (12), применив преобразование Лапласа-Карсона. Уравнение относительно изображений при $t > t_1$ имеет вид:

$$Y(p) = \frac{\omega^2}{2p^2(p^2 + \omega^2)} Y_0(p) + \frac{\omega^2 Y_0}{2p^2(p^2 + \omega^2)} e^{-pt_1} + \frac{p^2 Y'(0) + p Y''(0)}{p^2(p^2 + \omega^2)}. \quad (13)$$

Переходя к начальной функции, получим

$$\begin{aligned} y(t) &= \frac{1}{2} \int_0^t y_0'(\xi)(t - \xi) d\xi + \frac{1}{2} \int_{t_1}^t y_0'(\xi - t_1)(t - \xi) d\xi - \\ &- \frac{1}{2\omega} \int_0^t y_0'(\xi) \sin \omega(t - \xi) d\xi - \frac{1}{2\omega} \int_{t_1}^t y_0'(\xi - t_1) \sin \omega(t - \xi) d\xi + \\ &+ \frac{y''(0)}{\omega^2} (1 - \cos \omega t) + \frac{y'''(0)}{\omega^2} \left(t - \frac{\sin \omega t}{\omega} \right). \end{aligned} \quad (14)$$

Как видно из (14), полученное решение уравнения (12) зависит от значения неизвестных значений второй и третьей производных от перемещения в начальной точке, т. е. от $y''(0)$ и $y'''(0)$. Два других начальных условия при выводе формулы (14) принимались нулевыми, т. е. $y(0) = y'(0) = 0$. Двояжды интегрируя по частям интегралы, входящие в (14), и сравнивая полученное выражение $y(t)$ с (11), можно видеть, что оба решения совпадут, если выполняются условия:

$$\begin{aligned} \frac{y_0(0)}{2} \{ [1 - \cos \omega t] + [1 - \cos \omega (t - t_1)] \} &= \frac{y''(0)}{\omega^2} (1 - \cos \omega t); \\ \frac{y_0'(0)}{2} \left\{ \left[t - \frac{\sin \omega t}{\omega} \right] + \left[(t - t_1) - \frac{\sin \omega (t - t_1)}{\omega} \right] \right\} &= \\ &= \frac{y'''(0)}{\omega^2} \left(t - \frac{\sin \omega t}{\omega} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

Подставляя полученные из (15) значения $y''(0)$ и $y'''(0)$ в (14), окончательно получим выражение $y(t)$ при $t > t_1$:

$$\begin{aligned} y(t) &= \frac{1}{2} \int_0^t y_0''(\xi) \cdot (t - \xi) d\xi - \frac{1}{2\omega} \int_0^t y_0''(\xi) \sin \omega (t - \xi) d\xi - \\ &+ \frac{1}{2} \int_{t_1}^t y_0''(\xi - t_1) \cdot (t - \xi) d\xi - \frac{1}{2\omega} \int_{t_1}^t y_0''(\xi - t_1) \sin \omega (t - \xi) d\xi - \\ &+ \frac{y_0(0)}{2} \{ [1 - \cos \omega t] + [1 - \cos \omega (t - t_1)] \} + \\ &+ \frac{y_0'(0)}{2} \left\{ \left[t - \frac{\sin \omega t}{\omega} \right] + \left[(t - t_1) - \frac{\sin \omega (t - t_1)}{\omega} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (16)$$

При $0 < t < t_1$ $y(t)$ определяется выражением:

$$\begin{aligned} y(t) &= \frac{1}{2} \int_0^t y_0''(\xi) \cdot (t - \xi) d\xi - \frac{1}{2\omega} \int_0^t y_0''(\xi) \sin \omega (t - \xi) d\xi - \\ &+ \frac{y_0(0)}{2} (1 - \cos \omega t) + \frac{y_0'(0)}{2} \left(t - \frac{\sin \omega t}{\omega} \right). \end{aligned} \quad (17)$$

Сейсмическая сила будет равна $my''(t)$. Как видно из выражений (16) и (17), для определения реакции системы при заданной акселерограмме необходимо знание лишь начальных значений соответствующих сейсмограммы и велисограммы, которые можно определять аналитической функцией и численным интегрированием только на этом участке.

Է. Խ. ԿԱԶԻՏՅԱՆ, Վ. Ա. ՀԱՐՇԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, Է. Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ՀԱՏԱԿԱԳԵՐՈՒՄ ԶԳՎԱՏՈՒԹՅԱՆ ՈՒՆԵՑՈՂ ՇՆՆՔՆԵՐԻ ՈՒ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄՆԵՐԻ ՍԵՑՍՄԵԿ ԱՐՔԻՆԵՐԻ ՏԱՐԱԾՄԱՆ ԵՎԶԲՆԱԿԱՆ ՓՈՒԼԻ ՀԱՇՎԱՌՈՒՄՈՎ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հասակագծում դրախի ձգվածություն ունեցող շենքերի ու կառուցվածքների համար արտածված են նրանց շարժման համասարումները և սեկցիաների անալիտիկ արտահայտությունները՝ սեյսմիկ ալիքների տարածման սկզբնական փուլի հաշվառմամբ: Ստացված են քանակական արդյունքներ, որոնք բնութագրում են ձգվածության ազդեցությունը կառուցվածքների վրա ազդող սեյսմիկ ուժերի մեծությունների վրա: Քննարկված է շարժման համասարումների ինտեգրման հարավորությունը իրական երկրաշարժերի ակտիվացումների անկախության դեպքում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Housner G. M. Interaction of Building and Ground during an Earthquake, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 47, № 1, 1957.
2. Корчинский Н. А. Предложение оценки сейсмических колебаний сооружений большой протяженности (в плане). «Исследование по сейсмостойкости зданий и сооружений» М., 1961.
3. Ситицян А. П. Влияние бегущей сейсмической волны на массивные сооружения. Труды института физики земл. № 17, 1961.
4. Налетоварова Ш. Г. Влияние протяженности сооружения на величину сейсмической силы. Труды института строительной механики и сейсмостойкости АН ГрузССР, т. IX, 1963.
5. Гроссман В. А. Поступательно-вращательные колебания протяженной системы. «Сейсмостойкость зданий и инженерных сооружений» М., 1967.
6. Петров А. А. Сейсмические колебания протяженных зданий. «Строительство и архитектура Узбекистана», № 4, 1967.
7. Борштейн М. Ф. Колебания протяженных в плане сооружений при землетрясении. «Строительная механика и расчет сооружений», № 6, 1968.
8. Рабинович И. М. Курс строительной механики. Часть II, М., 1967.
9. Хачиян Э. Э. К исследованию сейсмического воздействия на сооружения с учетом протяженности. ДАН АрмССР, том IX, № 3, 1975.
10. Лачинян Э. Е. Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения. Ереван, 1973.
11. Лурье А. И. Операционное исчисление, М., 1950.
12. Егупов В. К. Кочаларовичи Г. А. Расчет зданий на сейсмические воздействия. Киев, 1969.