

УДК 624.072.333.032.7+699.811

Р. О. САМЯН, Ю. Х. ГАЗАРЯН, Э. С. САРКИСЯН

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРИОДОВ СВОБОДНЫХ ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ СТОВЬЛЬНОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Излагается методика определения динамических характеристик многоэтажных каркасных зданий ствольной конструктивной системы с учетом изгибно-крутильных колебаний. Составлена программа на ЭВМ и выполнены расчеты применительно к 3-этажным зданиям при различных значениях эксцентриситета. Исследование показало, что экспериментальные и расчетные значения собственных частот изгибно-крутильных колебаний здания практически совпадают, что подтверждает приемлемость разработанной методики.

Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. 2 назв.

Դադարձված և լուծված է բազմահարկ շենքերի համառոտ ծածան և ոլորման ազատ տատանումների զիջերենցիալ հափառումների համակարգը: ԷՄ-ով կատարված են ճաշարկներ 3 հարկանի շենքերի նստար: Հետազոտությունը ընդլայ է ստացիա, որ ճաշարկային և փոխարարական եղանակներով որոշված ազատ տատանումների համախառնումները կապեն իրարից շեն տարրերից: Ուստի առաջադրված ճաշարկային եղանակը կարելի է կիրառել ներված շենքերի նախադժման ընթացքում:

Целью настоящей работы является разработка методики определения динамических характеристик многоэтажных каркасных зданий с ядрами жесткости и целыми на этаж плитами перекрытий, возводимыми методом подъема при несовпадении их центров масс и жесткостей с учетом изгибно-крутильных колебаний. В расчетах принимается, что масса здания равномерно распределена по высоте и плану здания, ядро жесткости рассматривается как консольный брус, жестко заделанный в основание; плиты перекрытий в своей плоскости считаются жесткими, а контур сечения ядра принимается неизменяемым. В расчетах сдвиговыми деформациями ядра, податливостью основания, а также сдвиговой жесткостью каркаса, что характерно для многоэтажных зданий, возводимых методом подъема, пренебрегаются.

С учетом принятых исходных предпосылок дифференциальные уравнения собственных изгибно-крутильных колебаний многоэтажных каркасных зданий с ядром жесткости для случая, когда эксцентриситет находится в плоскости симметрии (рис. 1), имеют следующий вид:

$$EI_T \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - m \alpha \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0,$$

$$m \alpha \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - GI_a \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} - m r^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

где y — перемещение центра жесткости ядра в направлении оси ou ; θ — угол поворота сечения ядра жесткости; E, G — начальные модули упругости и сдвига материала ядра; I_x — момент инерции ядра относительно оси ox (рис. 1); m — погонная масса здания (масса, приходящаяся на единицу высоты здания); a — расстояние между центрами жесткости и тяжести (эксцентриситет), постоянное по высоте здания; I_{ω} — крутильный момент инерции системы; r — радиус инерции плана здания.

Величина r определяется из выражения

$$r^2 = \frac{I_{x, n} + I_{y, n}}{F_n} + a^2 \quad (2)$$

где $I_{y, n}, I_{x, n}$ — соответственно моменты инерции плана здания относительно главных осей, т. е. осей, проходящих через центр масс и параллельных осям ox и ou (рис. 1); F_n — площадь плана здания.

Решение системы (1) ищем в виде

$$y(z, t) = Y(z) T(t), \quad (3)$$

$$\theta(z, t) = \Theta(z) T(t).$$

где $Y(z), \Theta(z)$ — координаты форм (перемещения и углы поворотов), т. е. функции, зависящие только от параметра z и определяющие нормальную форму колебания; $T(t)$ — функции времени.

После подстановки (3) в систему уравнений (1) и разделения переменных для координат форм колебаний $Y(z)$ и $\Theta(z)$ получаем

$$Y(\xi) = A_1 \operatorname{ch} \lambda_1 \xi + A_2 \operatorname{sh} \lambda_1 \xi + A_3 \cos \lambda_2 \xi + A_4 \sin \lambda_2 \xi + A_5 \cos \lambda_3 \xi + A_6 \sin \lambda_3 \xi, \quad (4)$$

$$\Theta(\xi) = \frac{1}{ae_1 \omega^2} \{ (e_1 \omega^2 - \lambda_1^2) (A_1 \operatorname{ch} \lambda_1 \xi - A_2 \operatorname{sh} \lambda_1 \xi) + (e_1 \omega^2 - \lambda_2^2) (A_3 \cos \lambda_2 \xi + A_4 \sin \lambda_2 \xi) + (e_1 \omega^2 - \lambda_3^2) (A_5 \cos \lambda_3 \xi + A_6 \sin \lambda_3 \xi) \}, \quad (5)$$

$$e_1 = \frac{mH^4}{EI_c}, \quad e_2 = \frac{mH^2}{GI_d}$$

где $\xi = \frac{z}{H}$ — безразмерная величина; H — высота здания, ω — соб-

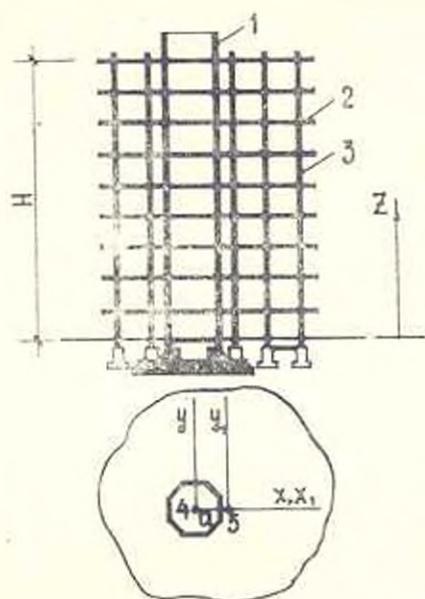


Рис. 1. Конструктивная схема многоэтажного здания ствольной системы: 1 — ядро жесткости; 2 — плиты перекрытия; 3 — колонны; 4 — центр жесткости; 5 — центр масс.

ственная круговая изгибно-крутильная частота системы. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ — корни характеристического уравнения системы, которое имеет вид

$$\lambda^6 + e_2 r^2 \omega^2 \lambda^4 - e_1 \omega^2 \lambda^2 + (a^2 - r^2) e_1 e_2 \omega^4 = 0, \quad (6)$$

A_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) — неизвестные постоянные, определяемые из решения системы линейных однородных алгебраических уравнений, полученной с учетом граничных условий

$$Y(0) = Y'(0) = Y''(0) = 0, \quad (7)$$

$$Y^{II}(1) = Y^{III}(1) = Y^V(1) = e_1 \omega^2 Y^I(1) = 0.$$

Из системы уравнений (7) с учетом (4), (5) и путем приравнивания к нулю детерминанта системы получены следующие частотные уравнения свободных изгибно-крутильных колебаний рассматриваемой системы:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & 0 & \lambda_2 & 0 & \lambda_3 \\ \lambda_1^4 & 0 & \lambda_2^4 & 0 & \lambda_3^4 & 0 \\ \lambda_1^2 \operatorname{ch} \lambda_1 & \lambda_1^2 \operatorname{sh} \lambda_1 & -\lambda_2^2 \cos \lambda_2 & -\lambda_2^2 \sin \lambda_2 & -\lambda_3^2 \cos \lambda_3 & -\lambda_3^2 \sin \lambda_3 \\ \lambda_1^3 \operatorname{sh} \lambda_1 & \lambda_1^3 \operatorname{ch} \lambda_1 & \lambda_2^3 \sin \lambda_2 & -\lambda_2^3 \cos \lambda_2 & \lambda_3^3 \sin \lambda_3 & -\lambda_3^3 \cos \lambda_3 \\ (\lambda_1^4 - e_1 \omega^2) \cdot (\lambda_2^4 - e_1 \omega^2) \cdot & -(\lambda_2^4 - e_1 \omega^2) \cdot (\lambda_3^4 - e_1 \omega^2) \cdot & -(\lambda_3^4 - e_1 \omega^2) \cdot (\lambda_1^4 - e_1 \omega^2) \cdot & & & \\ \lambda_1 \operatorname{sh} \lambda_1 & \lambda_1 \operatorname{ch} \lambda_1 & \lambda_2 \sin \lambda_2 & \lambda_2 \cos \lambda_2 & \lambda_3 \sin \lambda_3 & \lambda_3 \cos \lambda_3 \end{vmatrix} = 0. \quad (8)$$

По разработанной методике составлена программа на ЭВМ типа ЕС и выполнены расчеты для различных зданий ствольной конструктивной системы. Анализ полученных данных показал, что с достаточной для практических расчетов точностью периоды собственных изгибно-крутильных колебаний многоэтажных зданий ствольной конструктивной системы можно определить по следующей формуле:

$$T_j = \frac{2eI^2}{\lambda_j} \sqrt{\frac{m}{EI_x}} \sqrt{\frac{2(1 - \nu^2)}{(\lambda_j^2 - \nu^2) - 1 - \nu^2 - 2\nu^2 \nu^2 (1 - 2\nu^2) + \nu^4}}, \quad (9)$$

$$(j = 1, 2, \dots),$$

где

$$\nu = \frac{a}{r}, \quad \nu^2 = \frac{H^2 G I_d}{r^2 E I_r}.$$

Значения λ_j для каждого тона собственных колебаний определяются на основании данных, приведенных на рис. 2, и зависимости от величины относительного эксцентриситета a/D (D — приведенный эквивалентный диаметр планш здания). С целью проверки разработанной

методики расчета проведены сравнительные экспериментально-теоретические исследования 9-этажного жилого здания, возведенного методом подъема в г. Ереване [1]. Динамические испытания здания проводились с помощью вибромашины типа В-1 [2]. Были получены диаграммы резонансных колебаний здания путем изменения частоты вращения

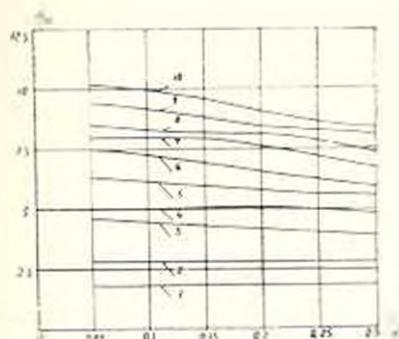


Рис. 2. Зависимость коэффициентов λ_i от величины относительного эксцентриситета $\frac{a}{D}$. Цифрами обозначены номера тонов собственных колебаний

вала вибромашины, а также осциллограммы свободно затухающих колебаний, регистрируемых при выключении и резком торможении вала вибромашины на резонансных частотах здания. Анализ данных показал, что при действии силы в продольном направлении здание совершает изгибно-крутильные колебания, обусловленные наличием расчетного эксцентриситета, равного $a = 0,78$ м. Собственные частоты исследуемого 9-этажного здания при упругой его работе приведены в таблице. Там же для сопоставления даны соответствующие частоты собственных изгибно-крутильных колебаний здания, полученных расчетным путем в соответствии с разработанной методикой.

Таблица

Виды параметров	Собственные частоты при токах колебаний, Гц					
	I	II	III	IV	V	VI
Экспериментальные	1,72	1,90	5,10	6,01	8,90	11,10
Расчетные	1,63	1,91	4,95	6,10	8,25	11,55

Данные свидетельствуют о сходимости расчетных и экспериментальных значений собственных частот здания, что подтверждает о приемлемости разработанной методики. Следовательно, при практических расчетах многоэтажных зданий рассматриваемого типа, у которых центры масс и центры жесткостей не совпадают, определение периодов собственных изгибно-крутильных колебаний можно с достаточной точностью определить по вышеприведенной методике.

1. Шахмазян С. Х., Савкян Р. О., Савкян А. О. Возведение зданий методом полъема этажей и перекрытий.— М.: Изд-во лит. по стр., 1974.— 368 с.
2. Шаляро Г. А., Ашкенадзе Г. И., Симон Ю. А. Вибрационный метод испытания жилых и общественных зданий.— М.: ОПП ЦИНИЭП жилищ., 1977.— 111 с.

ВИЭКТИ

ЭН. III. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 5, 1990, с. 216—220.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.3.013.001.24

М. А. КАРАПЕТЯН

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В МОНОДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ СО СФЕРОИДАЛЬНЫМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНОМ ВНЕШНЕМ ПОЛЕ

Последовано распределение поля в неоднородной среде в зависимости от величины поверхностной проводимости, объемной концентрации, формы сфероидальных включений и частоты внешнего синусоидального поля. Получены закономерности затухания поля во включениях и его усиление в среде с ростом поверхностной проводимости.

Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

Երկրամասերում է անսյունալի կլիկտրական դաշտի բարձրաճիւժան ճաշխարհի թնչին ներառման ներսում, ալիսին էլ դրսում՝ նրա ցաղաթափին կետերում: Ուսումնասիրված է դաշտի յարմարության նվազումը ներառման ներսում և դրա աճը դրսում՝ ծավերնայնային ճաղադակներից անին դուրսնալից՝ կախված զեղանկերը ներառման անից, ծավալային խտությունից և արտաքին սինուսոիդալին դաշտի ճանախությունից:

В [1] исследовано электрическое поле в монодисперсной системе при внешнем постоянном поле и учете поверхностной проводимости включений. В этой работе показано, что выражения напряженностей поля внутри включений E_1 и в среде, у вершины включения, E_2 определяются совместным решением следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} E_1(s) &= E_0(s) - \frac{(1-f)N_s}{V\varepsilon_2} p(s), \\ E_2(s) &= E_0(s) + \frac{1-(1-f)N_s}{V\varepsilon_2} p(s), \\ p(s) &= V\varepsilon_2 n_s \frac{1-s^2\varepsilon_2}{1+s^2\varepsilon_2} E_0(s) \end{aligned} \quad (1)$$

где $E_0(s)$ — лапласово изображение напряженности $E_0(t)$ внешнего однородного поля; $p(s)$ — изображение дипольного момента $p(t)$ включения вдоль оси $2a$, параллельной вектору E_0 ; V и f — объем