

продовження. Проте архітектори і міська влада не припиняють працювати над питаннями подальшого раціонального розвитку історичного міста Чернігова (рис. 4, б).

Список посилань

1. Леп'явко С. Чернігів. Історія міста – Науково-популярне видання. / Леп'явко С. – Київ, Темпора, 2012. 432 с.
2. Карнабіда А. А. Чернігів: Архітектурно-історичний нарис./ А. А. Карнабіда. – 2-е вид., перероб. і доп. – К. : Будівельник, 1980. – 128 с.
3. Логвин Г. Н. Чернигов, Новгород-Северский, Глухов, Путивль. / Г. Н. Логвин. – М., «Искусство», 1965. – 252 с.
4. Павленко В. В. Где сегодня строить в Чернигове! [Текст] / В. В. Павленко // Строительство и архитектура. – 1988. – № 1. – С. 6 – 7.

УДК 539.3:534.1

Дубенець В. Г., докт. техн. наук, професор
Савченко О. В., канд. техн. наук, доцент
Деркач О. Л., асистент

Чернігівський національний технологічний університет, derkach.oleh@gmail.com

НЕСТАЦІОНАРНІ ДЕМПФІРОВАНІ КОЛИВАННЯ СПОРУДИ З УРАХУВАННЯМ ВЗАЄМОДІЇ З ОСНОВОЮ

Здатність конструкцій опиратися дії нестационарних навантажень, зокрема сейсмічних, є визначальним фактором їх надійності. Задачі розрахунку динаміки споруд з урахуванням взаємодії з основою розглядалися у багатьох роботах [1]. Розглянемо задачу визначення реакції споруди на дію сейсмічного навантаження з урахуванням взаємодії з дисипативною основою. Для отримання розрахункових рівнянь системи застосовано методику скінченно-елементного моделювання у просторі інтегральних перетворень Фур'є [2, 3].

Математична модель системи (рис. 1) складається з двох підконструкцій: скінченно-елементної моделі споруди з фундаментом, яка поділена на 80 стержневих скінченних елементів та моделі ґрунтової основи, яка складається з 16 скінченних елементів. Матриці жорсткості стержневого скінченного елемента, який працює на згин, розтяг-стиск і кручення, наведено у роботі [4, с. 61].

Скінченно-елементні рівняння динаміки системи у частотному просторі мають вигляд:

$$\begin{bmatrix} \hat{K}^{(11)} - \omega^2 M^{(11)} & \hat{K}^{(12)} \\ \hat{K}^{(21)} & \hat{K}^{(22)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{q}^{(1)} \\ \hat{q}^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \hat{F}^{(2)} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де $\hat{K}^{(11)}$, $\hat{K}^{(22)}$ – частотно-залежні комплексні матриці жорсткості споруди та основи відповідно;

$\hat{K}^{(12)} = (\hat{K}^{(21)})^T$ – матриці зв'язку споруди з основою і навпаки;

$M^{(11)}$ – матриця мас споруди;

$\hat{q}^{(1)}(\omega)$, $\hat{q}^{(2)}(\omega)$ – вектори вузлових переміщень споруди та основи;

$\hat{F}^{(2)}$ – зображення Фур'є вектора вхідного кінематичного сейсмічного навантаження, яке діє на основу;

ω – колова частота.

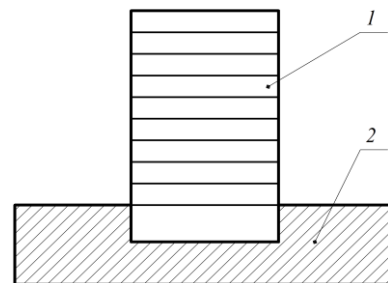


Рис. 1 – Модель системи, яка складається зі споруди 1 та основи 2

Із системи (1) визначається вектор частотних зображень вузлових переміщень основи:

$$\hat{q}^{(2)} = -\left(\hat{K}^{(22)}\right)^{-1} \hat{K}^{(21)} \hat{q}^{(1)} + \left(\hat{K}^{(22)}\right)^{-1} \hat{F}^{(2)} \quad (2)$$

Після підстановки рівняння (2) у перше рівняння системи (1) отримуємо частотне зображення вектора вузлових переміщень споруди з урахуванням взаємодії з основою:

$$\hat{q}^{(1)} = -\left(\hat{K}^{(11)} - \hat{K}^{(12)} \left(\hat{K}^{(22)}\right)^{-1} \hat{K}^{(21)} - \omega^2 M^{(11)}\right)^{-1} \hat{K}^{(12)} \left(\hat{K}^{(22)}\right)^{-1} \hat{F}^{(2)}. \quad (3)$$

Перехід до часового простору здійснюється за допомогою алгоритму швидкого оберненого перетворення Фур'є, застосованого до вектора вузлових переміщень споруди (3):

$$q^{(1)}(t) = IFFT\left[\hat{q}^{(1)}(\omega)\right] \quad (4)$$

Власні форми коливань споруди показано на рис. 2. Результати розрахунку реакції конструкції на дію сейсмічного навантаження наведено на рис. 3.

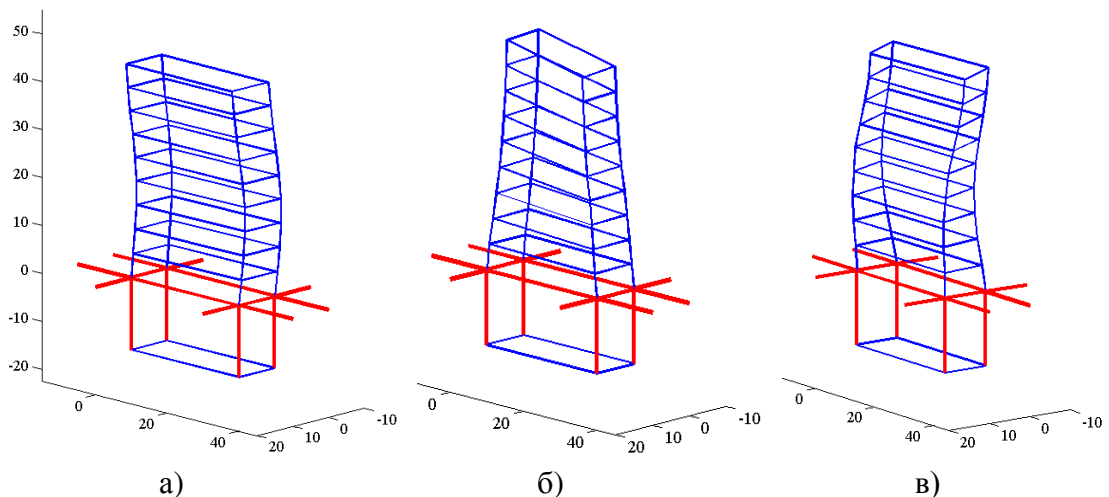


Рис. 2 – Власні форми коливань споруди на відповідних частотах з урахуванням взаємодії з основою: а) 0,83 Гц; б) 1,40 Гц; в) 2,11 Гц

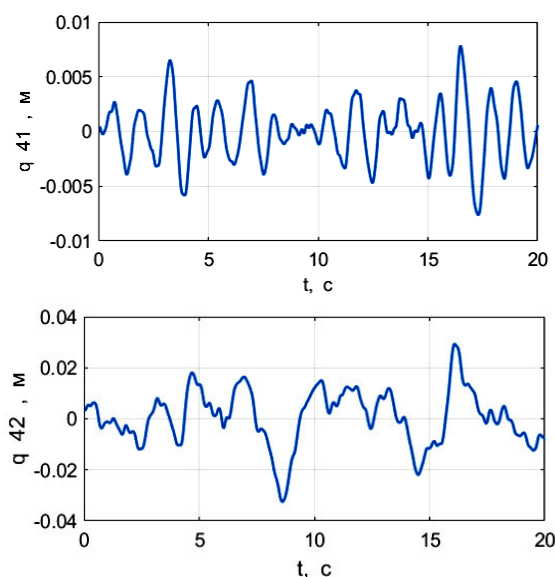


Рис. 3 – Коливання споруди у горизонтальній площині при дії сейсмічного навантаження з урахуванням її взаємодії з дисипативною основою

Таким чином, на прикладі простої споруди розглянуто задачу розрахунку нестационарних коливань від дії кінематичного навантаження довільного спектрального складу, яке моделює сейсмічне навантаження, з урахуванням пружно-дисипативної взаємодії споруди з основою. Слід зазначити, що одним із визначальних чинників у достовірності отриманих результатів є коректність експериментально визначених комплексних модулів матеріалу основи і конструкції. Розглянута методика може бути узагальнена на більш складну математичну модель основи і споруди.

Список посилань

1. Тяпин А. Г. Расчет сооружений на сейсмические воздействия с учетом взаимодействия с грунтовым основанием. / А. Г. Тяпин. – М.: Изд-во АСВ, 2013. – 389 с.
2. Дубенец В. Г. Пассивное демпфирование композитных конструкций. / В. Г. Дубенец, В. В. Хильчевский. – К.: Вища шк., 1995. – 226 с.
3. Савченко Е. В. Пассивное демпфирование колебаний композитных конструкций: монография. / Е. В. Савченко. – Нежин: “Аспект-Поліграф”, 2006. – 232 с.
4. Постнов В. А. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. / В. А. Постнов, И. Я. Хархурим. – Л.: Судостроение, 1974. – 344 с.