



ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ЛЫЖНОГО СТАДИОНА

А.В. КОЛЕСНИКОВ, аспирант каф. «Сопротивление материалов»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Московский государственный
строительный университет»,
129337, Москва, Ярославское ш., д. 26; heallex@yandex.ru

Излагается методика построения импульсных переходных функций для задач идентификации динамических параметров сооружений на примере здания Лыжного стадиона. Приводятся результаты, как теоретических исследований, так и экспериментальных, проведено сравнение методов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сейсмостойкость, идентификация, динамические испытания, период колебаний, ускорение, уравнение движения

Достоверность результатов расчётов зданий на сейсмические воздействия во многом зависит от адекватного соответствия их расчётных математических

моделей и схем реальной работе строительных конструкций. Корректное создание таких математических моделей приобретает особую актуальность при работе с уникальными и ответственными сооружениями [1]. С одной стороны, современные программные комплексы, реализующие метод конечных элементов, позволяют учитывать практически любые конструктивные особенности строительных объектов [2]. С другой стороны, возникает проблема в том, что не все конструктивные элементы здания (сооружения) обладают чётко выраженными параметрами для введения их в расчёт. В таких случаях для технически сложных объектов следует проводить проверку их сейсмостойкости на основе проведения натуральных динамических экспериментов.

Объектом идентификационных исследований является «Совмещенный комплекс для проведения соревнований по лыжным гонкам и биатлону, вместимостью 16 тыс. зрителей для каждого вида соревнований», строящийся в Красной поляне, далее по тексту Лыжный стадион (рис. 1). Были проведены динамические испытания Лыжного стадиона с целью получения фактических значений параметров сооружений, используемых при расчетах.

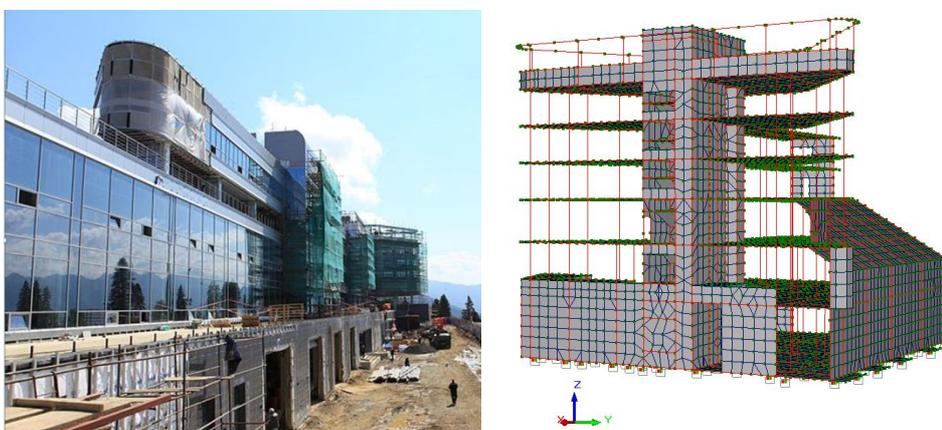


Рис. 1. Здание Лыжного стадиона: фото испытываемого здания и конечно-элементная модель

Рассмотрим стационарную во времени относительно статистик первого и второго порядков линейную систему, на вход которой воздействует сигнал $\delta(t)$ и описываемую линейным обыкновенным дифференциальным уравнением (ОДУ) [3]:

$$M\ddot{y}(t) + D\dot{y}(t) + Ry(t) = \delta(t). \quad (1)$$

С учетом специфики задачи, получим решение ОДУ через интеграл свертки:

$$y(t) = \int_a^b h(\tau) \cdot f(t - \tau) d\tau = \int_{a_1}^{b_1} h(t - \tau) \cdot f(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где τ - переменная интегрирования типа времени. Уравнение (2) устанавливает связь между входным, выходным сигналами и ИПХ линейной системы. Так как мы имеем дело с экспериментальными данными, т.е. обладающими измерительными ошибками, то более реалистичным описанием линейной системы будет следующее выражение [4]:

$$x(t) = \int_a^b h(\tau) \cdot f(t - \tau) d\tau = \int_{a_1}^{b_1} h(t - \tau) \cdot f(\tau) d\tau + n(t), \quad (3)$$

где $n(t)$ - ошибки измерения и моделирования. В зависимости от конкретной задачи, пределы интегрирования могут быть константами, переменными, или несобственными числами $\pm\infty$.

Передаточные функции являются центральным понятием классической теории идентификации систем.[5] Они основаны на использовании преобразования Лапласа всех процессов как функций времени.

Зная передаточную функцию, можно определить все динамические характеристики системы. Вся сложность заключается в том, что ее определить очень трудно, из-за неопределенных характеристик динамической системы.

На основе экспериментальных данных, полученных при испытании Лыжного стадиона, получены спектральные плотности.

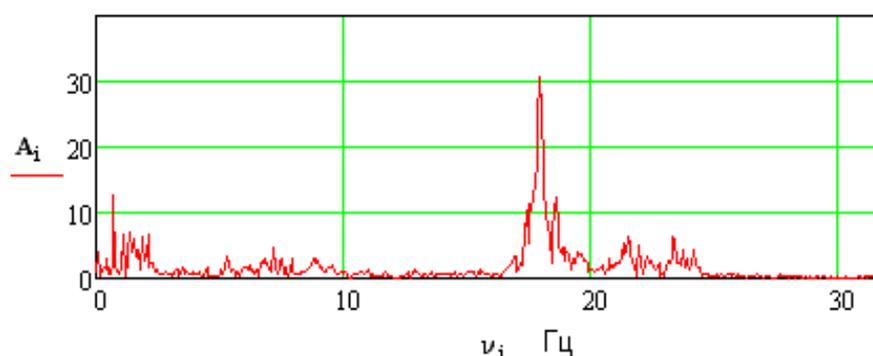


Рис. 2 Спектральная плотность выходного процесса

Далее, зная спектральную плотность, решим уравнения Виннера-Хоффа [6] восстановления импульсной переходной функции [7].

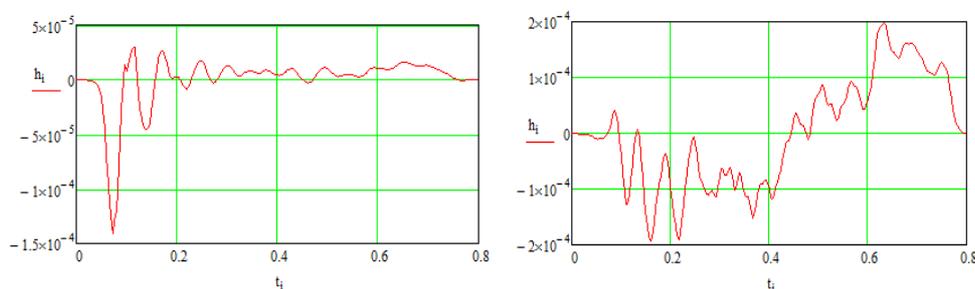


Рис. 3. Импульсные переходные функции в уровне основания и на уровне покрытия (слева - направо соответственно)

Для всех блоков Лыжного стадиона были проанализированы периоды собственных колебаний, определенные теоретически и экспериментально.

Таблица 1. Сравнение периодов собственных колебаний

Метод исследования	Периоды колебаний, с			
	Блок №1	Блок №2	Блок №3	Блок №4
Теоретический	0,559	0,634	0,474	1,078
Экспериментальный	0,59	0,628	0,596	1,062

Из табл. 1 видна достаточно хорошая сходимость расчетных и экспериментальных исследований. Тем не менее, в высших формах наблюдаются некоторые расхождения.

Экспериментами была подтверждена гипотеза о поступательном характере колебания зданий Лыжного стадиона.

Получены импульсно-переходные функции для определения выходных характеристик в несущих конструктивных элементах здания стадиона. Высоко-частотный «шум» (порядка 100-120 Гц), наложенный на реальные колебания конструкций не оказал влияния на результаты.

Определены корреляционные функции, спектральные плотности, функции когерентности и другие статистические и спектральные характеристики, подтверждающие достоверность экспериментальных данных.

Л и т е р а т у р а

1. *Strauss A., Bergmeister K., Frangopol D.M.* Assessment of existing structures based on identification// Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, N 136, 2010.

2. *Hong A.L., Betti R., Ubertini F.* Wind analysis of a suspension bridge: identification and finite-element model simulation// Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, N 137, 2011.

3. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979.

4. *Бессонов А.А., Загашвили Ю.В., Маркелов А.С.* Методы и средства идентификации динамических объектов. – Л.: Энергоатомиздат, 1989 – 280 с.

5. *Льунг Л.* Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ./ под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. - 423 с.

6. *Денисов Б.Е., Зельдин Б.А.* О задачах идентификации динамических моделей сооружений на основе инженерно-сейсмометрической информации и единственности их решений// Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. – №4. – С. 47-53.

7. *Алексидзе М.А.* Решение некоторых основных прямых и обратных задач сейсмологии. – Тбилиси: Мецниереба, 1990. – 429 с.

R e f e r e n c e s

1. *Strauss A., Bergmeister K., Frangopol D.M.* Assessment of existing structures based on identification// Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, N 136, 2010.

2. *Hong A.L., Betti R., Ubertini F.* Wind analysis of a suspension bridge: identification and finite-element model simulation// Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, N 137, 2011.

3. *Tihonov A.N., Arsenin V.Ya.* Metodi resheniya nekorrektnih zhadach. – М.: Nauka, 1979.

4. *Bessonov A.A., Zhagashvili Yu.V., Markelov A.S.* Metodi i sredstva idetentifikatsii dinami-cheskih ob'ektov. – L.: Energoatomizdat, 1989. – 280 p.

5. *Lyung L.* Identifikatsiya system. Teoriya dlya polzovatelya. – Transl. from English/ Pod red. Ya. Z. Tsyapkina. – М.: Nauka, 1991. – 423 p.

6. *Denisov B.E., Zeldin B.A.* O zadachah identifikatsii dinami-cheskih modeley sooruzheniy na os-nove inzhenerno-seismicheskoy informatsii i edinstvennosti ih resheniy// Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 1990. - № 4. – P. 47-53.

7. *Aleksidze M.A.* Reshenie nekotoryh osnovnih pryamih i obratnih zadach seismologii. – Tbilisi. – Metsniereba, 1990. – 429 p.

IDENTIFICATION OF DYNAMIC CALCULATION PARAMETERS OF STRUCTURES ON AN EXAMPLE OF BUILDING OF THE SKI STADIUM

A.V. Kolesnikov

Moskovskiy gosudarstvenniy stroitel'niy universitet (MGSU), Moscow

The technique of constructing the impulse response function for the problems of identification of dynamic parameters of the structures on the example of building stadiums for the ski is presented. The results of theoretical and experimental researches are given. A comparison of methods is shown also.

KEY WORDS: earthquake resistance, identification, dynamic tests, the period of oscillation, the acceleration, the equation of motion.