

набору бетонам неабходнай трываласці [4, с. 264], **boss** – арнаментальная разетка ў цэнтры звода ці купала [4, с. 59], **overcloak** – верхні ліст металічнага ці рулоннага даху, злучаны унахлест на кровельным бруску з ніжнім лістом [4, с. 227], **wainscot** – драўляная абліцовачная панэль сцяны [4, с. 357].

Такім чынам, тэрміналагічная лексіка архітэктурнага праектавання прадстаўлена самастойнымі часцінамі мовы (як правіла, вытворнымі): назоўнікамі, прыметнікамі, дзеясловамі і прыслоўямі. Асаблівасцю сучаснай навуковай тэрміналогіі з’яўляецца тое, што ў яе склад уваходзяць шматкампанентныя тэрміны, якія дазваляюць дэталізаваць канкрэтызаваць выражанае паняцце. Аднак пры наяўнасці аднаслоўнага і шматкампанентнага тэрмінаў спецыялісты аддаюць перавагу простым тэрмінам. Тым не менш «агульнапрызнаным фактам з’яўляецца тое, што колькасць тэрмінаў словазлучэнняў у кожнай галіновай сістэме нязменна ўзрастае» [1, с. 71], таму аналіз такіх складаных тэрмінаў, як і аднаслоўных, дазваляе выявіць асаблівасці функцыянавання і ўтварэння беларускай тэрміналагічнай лексікі.

Спісак цитаваных крыніц

1. Антанюк, Л.А. Беларуская навуковая тэрміналогія: фарміраванне, структура, упарадкаванне, канструяванне, функцыянаванне / Л.А. Антанюк – Мінск: Навука і тэхніка, 1987. – 238 с.
2. Лексікалогія сучаснай беларускай літаратурнай мовы / Пад рэд. А. Я. Баханькова. – Мн.: Навука і тэхніка, 1994. – 463 с.
3. Лепешаў, І.Я. Фразеалогія сучаснай беларускай мовы: вучэбны дапаможнік для філал. фак. ВУН. – Мн.: Выш. шк., 1998. – 271 с.
4. Стецкий, С.В. Англо-русский словарь по строительству и архитектуре / Стецкий С. В. – М.: Архитектура-С, 2005. – 400 с.

УДК 681.84/.89:534.647

Дереченник С.С.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Рычков Ю.М.

ВИБРОДИАГНОСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛА «БЕЛОГО ШУМА»

Немаловажным фактором поддержания безопасного технического состояния зданий и сооружений является своевременное обнаружение дефектов строительных конструкций. В основе текущего технического контроля конструкций лежит периодическое проведение обследований напряженно-деформированного состояния элементов несущих конструкций.

Разработка эффективных аппаратурных методов диагностики состояния строительных конструкций является одной из первоочередных задач обеспечения надежности эксплуатируемых зданий и сооружений. Так, российскими стандартами ГОСТ Р 22.1.12-2005, ГОСТ Р 53778-2010 регламентируется не только использование переносных приборов неразрушающего контроля, но и создание стационарных автоматизированных систем мониторинга. Более того, применение таких систем является обязательным для наиболее ответственных и уникальных возводимых объектов: гидротехнических сооружений, стартовых сооружений наземных космических комплексов, большепролетных перекрытий и т.п. [1].

Применительно к структурной системе «БргТУ», на основе которой создан ряд уникальных большепролетных сооружений, в том числе Летний амфитеатр в г. Витебске, эффективным неразрушающим методом контроля состояния стержневых (трубчатых) элементов является вибродиагностика – измерение собственных частот поперечных ко-

лебаний элемента, зависящих от внутреннего осевого сжимающего либо растягивающего усилия. На частотной характеристике исследуемого элемента (стержня) наблюдаются резонансы, соответствующие его собственным частотам, при этом частота первой гармоники собственных колебаний практически линейно зависит от сжимающего / растягивающего усилия, приложенного к стержню. По содержанию решаемая задача относится к классу задач идентификации объектов и заключается в оценке параметров объекта (в данном случае – первой собственной частоты колебаний) при имеющихся измерениях процесса на ее входе и выходе [2].

В основе функционирования систем диагностики и мониторинга лежит измерительный эксперимент, позволяющий выполнить идентификацию исследуемого объекта. По характеру проведения эксперимента различают методы активной и пассивной идентификации. В первом случае используются специально выбранные тестовые сигналы, а во втором – сигналы, возникающие в процессе нормальной эксплуатации системы. Для получения информации о динамике системы используют гармонические, периодические, скачкообразные, импульсные и случайные входные возмущения [3].

Современные средства анализа регистрируемых колебаний (виброграмм) основаны на аналого-цифровом преобразовании и цифровой обработке сигналов, получаемых с датчика вибраций. В частности, для получения дискретного спектра сигнала применяется дискретное преобразование Фурье. Погрешность измерения резонансной частоты (а следовательно, и усилия в стержне) зависит от параметров зарегистрированных виброграмм, основными из которых являются: шаг дискретизации регистрируемых колебаний по времени и длина (временной интервал) записи колебаний. Шаг дискретизации τ , согласно теореме Котельникова, увязывается с частотным диапазоном (шириной спектра F), в котором изучается характеристика объекта, условием $\tau \leq 1/(2F)$. Зависимостью $1/T = \Delta f$ однозначно связаны временной интервал наблюдения T и достигаемое разрешение Δf спектрального анализа, выполняемого методом периодограмм [4].

Ранее нами исследованы режимы цифрового спектрального анализа применительно к рассматриваемой задаче в условиях импульсного (ударного) возбуждения поперечных колебаний стержня [5]. Установлено, что вибрации в структурных элементах лежат преимущественно в диапазоне частот до 70 Гц и характеризуются высоким затуханием, что существенно ограничивает использование импульсного возбуждения для инициации собственных колебаний стержня. Так, виброграмму длительности примерно 10 с удается получить в результате сравнительно мощного ударного воздействия с начальным виброускорением до 60g. При этом обнаружено, что при мощном воздействии возбуждаются колебания не только в анализируемом стержне, но также и в других, конструктивно с ним связанных стержнях. Наложение нескольких собственных колебаний, включая низкочастотные колебания фрагментов конструкции из многих стержней, сильно искажают начальный участок виброграммы. В результате для корректного спектрального анализа пригоден только ее второй участок продолжительностью не более 5 с, что соответствует разрешающей способности спектрального анализа на уровне 0,2 Гц.

Использование гармонических сигналов позволяет сравнительно простым образом достичь высокой частотной избирательности анализа, однако, ввиду длительности процесса идентификации, не очень удобно для автономных систем мониторинга сложных конструкций с большим количеством исследуемых элементов (многоточечных систем).

Весьма эффективна идентификация с использованием широкополосных (случайных или псевдослучайных) сигналов, т.к. в этом случае достаточно одного измерения. Естественные внешние воздействия (микросейсмические, пульсирующие ветровые нагрузки

и т.п.) также обладают свойствами случайности. Однако они малоэффективны для рассматриваемой задачи, поскольку вызывают вибрации всей стержневой конструкции, что влечет искажение (наложение) колебаний в конкретном анализируемом стержне (аналогично случаю сильного ударного воздействия). Таким образом, подходящим для использования в качестве тестового сигнала представляется искусственный «белый» (или «розовый») шум в акустической полосе частот. Данное воздействие должно быть локальным, т.е. подаваться непосредственно на исследуемый элемент и иметь ограниченную мощность, чтобы не вызывать колебаний смежных элементов конструкции.

Предлагаемая модель идентификации с использованием сигнала «белого шума» основана на представлении исследуемого динамического объекта (диагностируемого стержня конструкции) как одномерной линейной системы с передаточной функцией $W(p)$. На вход системы подадим сигнал $x(t) = n(t)$, где $n(t)$ – белый (гауссов) шум. Измерим прошедший через линейную систему сигнал $y(t) = W(p) \cdot x(t)$ и найдем его периодограмму на конечном интервале: $\hat{S}_y(\omega) = T^{-1} \cdot \int_0^T y(t) \exp(j\omega t) dt$. Периодограмма является оценкой спектральной плотности $\lim_{T \rightarrow \infty} \hat{S}_y(\omega) = S_y(\omega)$, которая при стационарном входном сигнале определена как $S_y(\omega) = |W(j\omega)|^2 \cdot S_x(\omega)$. Учитывая, что спектральная плотность белого шума представляет собой равномерное распределение энергии по всему спектру частот ($S_x(\omega) = const$), найденная методом периодограмм оценка спектра с точностью до множителя приближает идентифицируемую амплитудную характеристику (точнее, ее квадрат): $\hat{S}_y(\omega) \sim |W(j\omega)|^2$.

При практическом применении данной модели следует учитывать не только ограниченность интервала наблюдения $[0, T]$, но также и ограниченность исследуемой полосы частот $[F_{min}, F_{max}]$, которая, в свою очередь, может быть отнесена и к условию $S_x(\omega) = const$. Последнее обстоятельство предоставляет реальную возможность практической реализации шумового (акустического) излучателя. Изготовленный макет излучателя включал следующие основные блоки: электрический генератор шума на базе шумового диода ND 101L, усилитель сигнала, фильтр нижних частот с частотой среза 100 Гц, пьезоэлектрический излучатель, автономный источник питания (12 В). Практическая апробация излучателя применительно к вибродиагностике стержневых (трубчатых) элементов большепролетных конструкций подтвердила эффективность и существенно более высокую разрешающую способность методики идентификации с использованием сигнала «белого шума».

Список цитированных источников

1. Исхаков, Ш.Ш. Оценка надежности эксплуатации зданий и сооружений по методикам возникновения риска их неработоспособных состояний / Ш.Ш. Исхаков [и др.] // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 7. – С. 76–88.
2. Мигель, А.В. Строительный мониторинг большепролетного сооружения летнего амфитеатра в г. Витебске / А.В. Мигель, В.И. Драган // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2009. – № 1 (55): Строительство и архитектура. – С. 54–58.
3. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л.Льюнг. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
4. Гольденберг, Л.М. Цифровая обработка сигналов: справочник / Л.М.Гольденберг, Б.Д.Матюшкин, М.Н.Поляк. – М.: Радио и связь, 1985. – 256 с.
5. Стойко, В.С. Режимы цифрового спектрального анализа для вибромониторинга трубчатых элементов большепролетных сооружений / В.С. Стойко, С.С. Дереченик - мл. // Современные проблемы математики и вычислительной техники: матер. VII Республ. науч. конф. молодых ученых и студентов, Брест, 24–26 ноября 2011 г. – Брест, 2009. – Ч.1. – С. 72–76.