

Л.С. Сікора, д.т.н., НУ «Львівська політехніка»  
Н.Р. Друк, магістр, ВПТУ - КіБ. Львів.

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ N-КАНАЛЬНИХ ЛАЗЕРНИХ ВІБРОМЕТРІВ ПОВЕРХНІ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ ЗБУРЕНЬ**

*Анотація.* В статті розглянуто підходи до синтезу лазерних віброметрів на основі інформаційних технологій.

*Abstract.* The article deals with approaches to the synthesis of laser vibrometer based on information technology.

*Аннотация.* В статье рассмотрены подходы к синтезу лазерных виброметра на основе информационных технологий.

*Ключові слова:* вібрація, конструкція, збурення.

### Актуальність.

Будівельні конструкції промислових, електричних, гідротехнічних і транспортних споруд (фундаменти, стіни, колони, перекриття) є основними структуроутворюючими елементами технологічних систем, які розміщуються в них. В структуру агрегованих технологічних систем входять енергоблоки, механізми, спеціалізовані машини, які створюють динамічні вібраційні навантаження на стіни, фундамент і перекриття, що виготовлені з метало – та залізобетонних конструкцій [1]. Вібраційні навантаження на перекриття і стіни технічних і виробничих споруд приводять до зменшення їх міцності та руйнування.

Основними діагностичними параметрами будівельних споруд, корпусів, механізмів і енергоблоків є міцнісні характеристики, які відображають експлуатаційні властивості [2]

- несуча спроможність перекриттів і конструкцій;
- міцність матеріалів;
- динамічна і статична стійкість;
- довговічність (спроможність зберігати експлуатаційні властивості на терміні функціонування);
- тріщиностійкість і без дефективність;
- кліматична стійкість;
- старіння матеріалу конструкцій; (опір, змучення).

### Проблема діагностики.

Діагностування параметрів міцності і довговічності залізобетонних конструкцій електростанцій ґрунтується на акустичних методах

(ультразвуковий імпульс) з базою вимірювальних перетворювачів на площині перекриття (0,1-1,0м) на частоті (40-200кГц).

Акустичний метод не забезпечує виявлення і ідентифікацію координат джерел вібраційних збуджень, але лише експлуатаційну міцність та її зміну в часі терміну нормативного функціонування [2].

При дії резонансних збудрень на поверхню стін, перекриттів, корпусів механізмів, оцінивши їх частоту можна визначити динамічні параметри [2]:

\* Модуль пружності для поздовжніх, згинних і крутильних коливань [1]

$$E_{dp} = C_1 \frac{4}{K^2} l^2 f^2 k p \rho,$$

$$E_{dz} = C_2 4\pi^2 l^3 f^2 k z \rho (Y_{mk}^u)^{-1},$$

\* Модуль зецву для крутильних коливань:

$$E_d = C_3 \frac{4}{K^2} l^2 f^2 k r \rho,$$

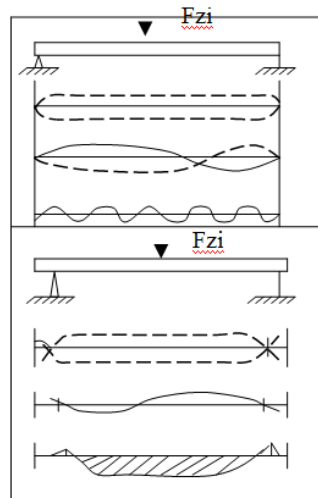
де:  $(fkp, f kz, fkr)$  - резонансні частоти,  $l$  - базова довжина плити,  $\rho$  - густина матеріалу,  $(C1, C2, C3)$  – коефіцієнти,  $Y_m$  - моделі інерції (плити, корпуси, балки).

Резонансний метод застосовують для оцінки кінетики змін міцних і пружних характеристик залізобетонних конструкцій. Резонансний метод вимагає для своєї реалізації генераторів збудрень з широким спектром випромінюваних коливань і тому більше доцільно використовувати вібраційний метод в натурному експерименті з частотами вібрації (1-50Гц).

Джерелом збуджень, при вібраційному методі є імпульсні або гармонічні генератори механічних коливань, сигнали реакції матеріалів приймаються віброприймачами різної фізичної природи (п'єзо, електро механічні, тензорні сенсори).

Вібраційний метод приміняють для якісної діагностики конструкцій на основі оцінки резонансних частот і декременту затухання коливань  $((f1...fn), \Delta k)$  та порівняння значень з еталоном. Також цей метод можна приміняти для кількісної оцінки наступних параметрів конструкцій [2]:

- міцності;
- жорсткості;



- тріщиностійкості;
- термінального часу початку руйнування;
- граничного згинаючого моменту;
- граничного прогину конструкції;
- дефектів структури бетону.

*Спектральні методи діагностики*

Ультразвукова діагностика не дає змогу ідентифікувати джерела вібраційних збуджень, які є причиною руйнування конструкцій. Спектральні методи на основі вібраційних засобів є підставою дефектоскопії конструкцій при ударних і гармонічних збудженнях, при цьому резонансна частота і ширина спектру коливання є структурно – чутливими параметрами, відповідно по результатах спектральних вимірювань можна судити про наявність дефектів структури в контрольованій конструкції [2].

Для вимірювання спектральних характеристик використовують віброметри акселераторного типу, але основним їх недоліком є той факт, що вони не фіксують абсолютних зміщень поверхні відносно базисних координат.

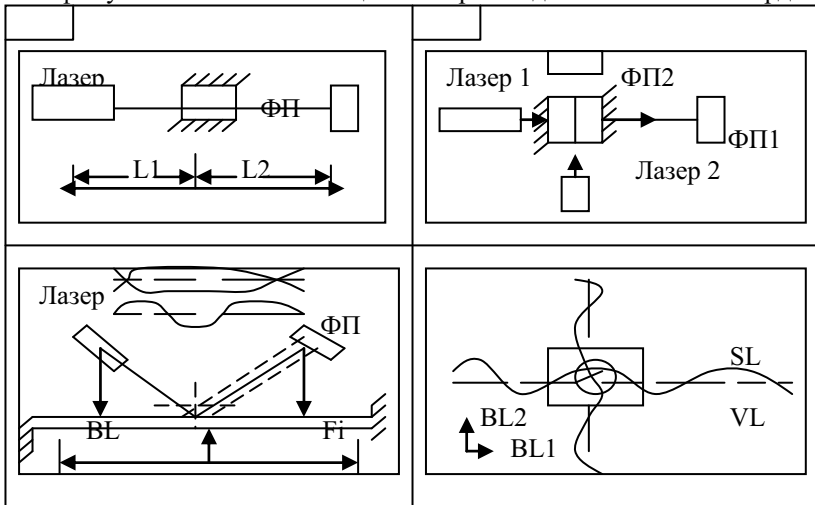


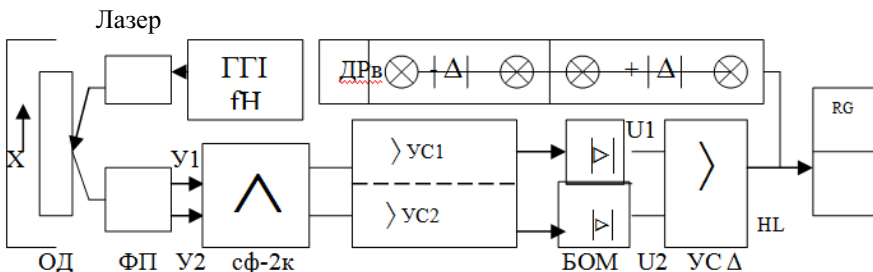
Рис. 1. Інформаційна модель відбору даних про рівень вібрації поверхні плити

Цього дефекту позбавлені лазерні віброметри, які можуть виконуватись в двох варіантах – одно і двох координатній площинах вимірювання зміщень в базисах BL1, BL2.

Синтез структури лазерного віброметра.

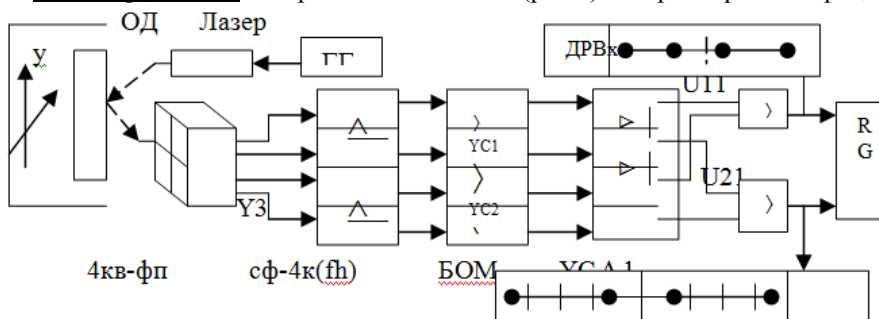
Відповідно до способу відбору даних формується структурна схема віброметра у вигляді відповідно до задачі дослідження [1,2,3]

- однокоординатної інформаційно-вимірювальної системи (рис.2)



де позначення на схемі: ОД – об’єкт дослідження; ФП – дискримінантний фотоприймач; СФ – смуговий двохканальний фільтр, УСі – підсилювач; БОМ – блок оцінки сигналу по модулю; ГТІ – генератор тактових модулюючих імпульсів; ДРВ – дискримінатор рівня вібрації; RG – регістратор.

- двохкоординатної вимірювальної системи (рис.3) контролю рівня вібрації.



Позначення відповідні до рис. 2.

Відповідно до схеми рис.2, рис.3, алгоритм обробки відібраних даних від фотоприймача (при двох і чотирьох координатах) описується моделлю балансу потужностей лазера на координатному секторі фотоприймача ( $S_1 S_2$ ) у вигляді.

$$S_L = S_{1x} \cup S_{2x},$$

$$\Delta_x^+ = K_{\text{фп}}^x (S_{1x} \langle S_{2x} \Rightarrow +\Delta S_x);$$

$$\Delta_x^- = K_{\text{фп}}^x (S_{1x} \langle S_{2x} \Rightarrow -\Delta S_x);$$

$$U_{\text{ФП}} = K_{p \rightarrow u} \int_{S_{ix}} W_x(P(x, y), t) ds = K_{p \rightarrow u} Y_L(S_{ix} | f_m, t),$$

де:  $\Delta_x$  – зміщення лазерного променя вібрації;  $K_{\text{фп}}^x$  – коефіцієнт перетворення фотоприймача по координаті x,  $S_{ix}$  – площа перерізу лазерного променя спроектованого на сектор фотоприймача,  $W_x(P(x, y), t)$  – функція розподілу густини потужності в базисі 2-ох секторного фотоприймача (або 4-ох секторного)  $S_L$  - січення променя лазера діаметром (D).

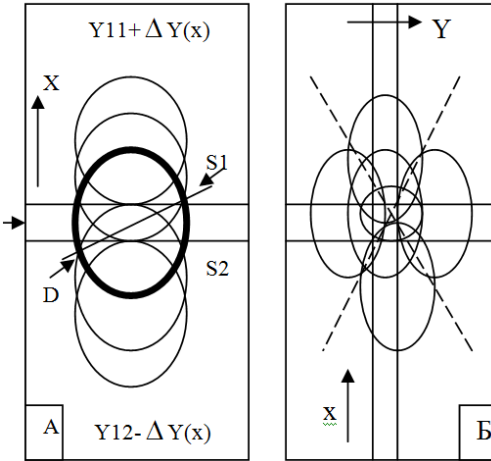


Рис.А. Однокоординатний фотоприймач променя

Рис.Б. Двохкоординатний 4-ох секторний фотоприймач

Тоді сигнал про рівень віброзміщення на основі балансного алгоритму має вид (Рис.2)

$$\begin{aligned} \text{Alg} \left| \hat{\Delta}_x(F, t_i) \right| &= (K_{\Delta \rightarrow S} * K_{\text{сф}}(f_m) K_{\text{вд}}) * |K_{\text{БОМ}} * K_{\Delta}| * (U_m(t, F_i(\Delta x)) - U_{i2}(t, F_i(\Delta x))) = \\ &= K_{\text{ДВП}} (U_{i1}(t, S_{1x}^{\Delta}) - U_{i2}(t, S_{2x}^{\Delta})), \end{aligned}$$

де:  $K_{\text{ДВП}}$  – коефіцієнт вібраційних перетворень сигналу в каналі інформаційної лазерної системи,  $(U_{i1}(t, S_{1x}^{\Delta}))$  – значення напруги на виході каналу обробки лазерного відбитого сигналу від поверхні конструкції з січенням променя  $S_{1x}$  при зміщенні  $\Delta$  по координаті  $x$ .

Відповідно такі співвідношення будуть для координати  $Y$ .

**Висновок.**

Розроблено методику побудови лазерного віброметра, обґрунтовано модель алгоритму опрацювання лазерного сигналу, як переносника відомостей про рівень вібрації. На основі запропонованої методики розроблено архітектуру і апаратне забезпечення віброметра. Результати випробувань показали, що може бути досягнута роздільна здатність  $[0,005-0,01]$  мм при відповідному виконанні експериментальних робіт. Спектр вібросигналу відповідно має діапазон  $[0-100]$  Гц, тобто забезпечує оцінку зміщення поверхні відносно базису в діапазоні  $[-1,0-0+1,0]$  мм, з лінійною шкалою  $[\pm 1,5]$  мм. Двохкоординатна система зондування забезпечує ідентифікацію напрямку до джерела збурень при фіксації

вимірювального базису, а спектральний аналіз коливань його енергетичну структуру [1].

1. Сікора Л. С. Лазерні інформаційно-вимірювальні системи для управління технічними процесами. – Львів: Каменяр, 1981. – 445с.

2. Технические средства диагностирования // ред. Клюев В.В. – М.: Машиностроение. 1989. – 672с.

*Поступила 6.09.2010р.*

УДК 004.942

В. М.Теслюк, д.т.н., професор кафедри САП, НУ “Львівська політехніка”,  
Хамза Алі Юсеф Альшавабкех, аспірант НУ “Львівська політехніка”.

## **ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ГРАФА ДОСЯЖНОСТІ**

Розроблено інформаційну модель для збереження даних про граф досяжності. Побудована модель використовує структури даних на основі двозв'язних списків та XML-формат, що забезпечує можливість зручної модифікації структури графа та забезпечує інтеграцію з іншими підсистемами інформаційних технологій аналізу і синтезу мікроелектромеханічних систем.

Information model has been developed to store data about the reachability graph. The developed model uses data structures based on double-ended lists and XML-format enabling possibility of modification of graph structure and integration with other subsystems of information technologies of micromechanical system analysis and synthesis.

### **Вступ**

З розвитком технологій виготовлення мікроелектромеханічних систем (МЕМС) [1, 2] виникла потреба у побудові нових та удосконаленні існуючих методів, моделей і програмно-технічних засобів для розв'язання задач аналізу і синтезу під час розроблення таких інтегральних пристроїв.

Процес ієрархічного аналізу і синтезу МЭМС передбачає розв'язання типових задач структурного і параметричного синтезу, багато- і одновариантного аналізу [3]. Задачі, що виникають на початкових етапах розробки мікроелектромеханічних систем, є одними із найскладніших.

Тому розробка моделей і побудова програмних засобів інформаційних технологій аналізу і синтезу мікроелектромеханічних систем на системному рівні є актуальною задачею сьогодення.