

Л.С.Сікора, д.т.н., Р.М.Владика, інж., Р.Н.Друк, маг., Центр стратегічних досліджень ЕБТЕС, Львів

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИХ МОДЕЛЕЙ ВІДБОРУ ДАНИХ В ЛАЗЕРНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ВІБРАЦІЇ ПОВЕРХОНЬ

Анотація. В статті розглянуто новий підхід до побудови лазерних вимірювальних систем вібрації поверхонь конструкцій і перекриттів навантажених агрегатами енергоактивних об'єктів.

Abstract. In the article the new approach to building a laser measuring systems, vibration and surface structures of power-units ceiling loaded objects.

Аннотация. В статье рассмотрен новый подход к построению лазерных измерительных систем вибрации поверхностей конструкций и перекрытий нагруженных агрегатами энергоактивных объектов.

Ключові слова: лазер, зондування, зона локації, деформація, вібрації.

Актуальність.

Проблема вимірювання рівня вібрації механізмів, агрегатів, металоконструкцій, залізобетонних конструкцій корпусів і цехів виробничих підприємств не розв'язана і на сьогоднішній час [1,2]. Важливою задачею для підприємств, які побудовані більше ніж 50 років назад є визначення залишкової міцності технологічних конструкцій цехів, які знаходяться під дією силових факторів з розподіленою просторовою структурою.

Для систем з великим строком (терміном) компанії експлуатації характерним є задачі пов'язані з оцінкою міцності конструкції з металу і бетону, перекриттів, корпусів енергоблоків.[2]

Дія термодинамічних факторів, вібрації машин і механізмів породжують силові впливи на конструкції, що відповідно приводить до зниження конструкції залізо – бетонних конструкцій стін, перекриттів, площин, встановлені технологічні агрегати, енергоблоки (генератори, турбіни, пульти управління режимами). Тому актуальною є задача вимірювання вібрації механізмів і конструкцій та ідентифікація структури і динаміки фактора впливу та побудова їх моделей.

Постановка проблеми.

Складність задачі вимірювання вібрації конструкцій, як стінових, так і перекриттів а також фундаментів агрегатів полягає в тому що поверхні і об'ємні вібрації матеріалу мають складну стохастичну структуру деформацій і коливань. Проблемна задача опису стану навантажених перекриттів і стін розв'язується на основі вибору адекватних інформаційно-вимірювальних

систем і інформаційних технологій опрацювання даних. На даний час розроблено комплекс вимірювальних з електро-механічними сенсорами прискорення, які методично забезпечують точкові вимірювання [2]. Для забезпечення вимірювання зміщення поверхні необхідно розробити методи які прив'язані до координатного базису конструкції і забезпечують оцінку вібропараметрів в заданій точці площини згідно орієнтації нормального вектора.

Методи розв'язання задачі.

Ці технології ґрунтуються на технології дистанційного лазерного зондування, при якому лазерна інформація системи [1] прив'язана до відповідного геометричного базису (Рис.1):

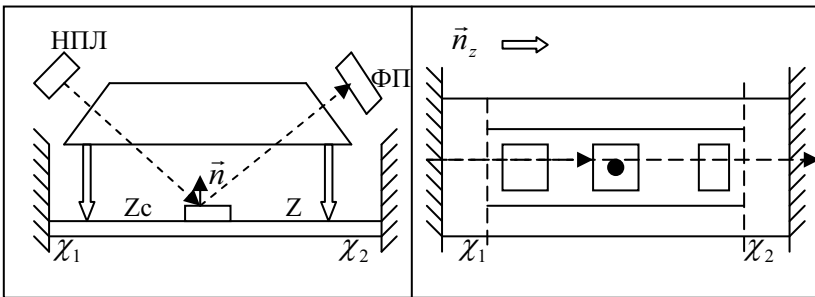


Рис.1 Схема дистанційного вимірювання зміщення поверхні по одній координаті, де: НПЛ – напівпровідниковий лазер, ФП – координатний фотоприймач, \vec{n}_z - напрямний вектор.

Синтез лазерної системи.

Для побудови ефективної лазерної інформаційно-вимірювальної системи необхідно [1]:

- обґрунтувати структуру просторово – часових вібрацій поверхні конструкції перекриття, стін, агрегатів;
- побудувати модель лазерного зонду чого сигналу, наділити його інформативними ознаками, описати просторово – часові динамічні перетворення в зоні локації;
- обґрунтувати модель відбитого лазерного сигналу, алгоритми його відбору і обробки, які б забезпечили оцінку кількісних параметрів ознак вібрації в заданому координатному базисі.

Забезпечення точності методу дистанційного вимірювання рівня вібрації ґрунтується на використанні просторово – часової обробки відбитого лазерного сигналу, на основі концепції положень центру густини потужності, відбитого променя від області поверхні зондування, фотоматричного просторового дискримінатора.

Конструктивна математична модель просторово – динамічної структури відбитого лазерного сигналу (ПДС) як переносника відомостей про динаміку поверхні зондування, повинна відображати [1]:

- просторово – часову структуру зони локації, яка формується під дією факторів збурення вібраційного стохастичного поля;
- характеристики лазерного зондуючого і вібраційного сигналу (просторові, енергетичні);
- характеристики каналів відбору лазерного сигналу та засобів його опрацювання;

Характерною особливістю моделей ПДС – відбитого лазерного сигналу є відповідне математичне забезпечення процесу формування зондуючих параметрів лазера .

Опис. Адекватний процес взаємодії (просторової) променя з вібраційною зоною, прив'язка параметрів зони локації до координатного базису вимірювальної системи і конструкції на яку встановлений агрегат, забезпечує формування схеми моделі ідентифікації факторів збурення.

Відповідно до вище наведених вимог структурну організацію інформаційної лазерної системи локації віброзбурень представимо у виді:

$$StrSLV_{pp} = \{ StrPD_{LS}^{Zc}, StrVS_{VZ}^{DFi}, StrFP_{Zs} \},$$

де: $StrSLV$ – структура лазерної системи вимірювання поверхневого поля; $StrPD_{LS}^{Zc}$ - структура просторово–динамічного лазерного сигналу; $StrVS_{VZ}^{Fi}$ - структура вібрації області зондування (просторова) при дії факторів впливу DF_i – динамічних; $StrFP_{Zs}$ структура просторово – енергетичних перетворень сигналу Z_s на матриці фотоприймача.

Процес дистанційного зондування в системі локації носить інформаційно-вимірювальний характер і відображає відбір просторово – часових даних про динаміку коливань поверхні в зоні локації її вібраційних зрушень. Він характеризує активний спосіб досліджень просторово – часової траєкторії поведінки поверхні збуреної факторами різкої фізичної природи (вібрації механізмів і агрегатів, крутильні коливання, аеродинамічний вплив на корпус цехів та термодинамічні циклічні напруження).

Відповідно до проблемно-орієнтованої задачі формуються наступні моделі, як базові інформаційні структури лазерного віброметра [2]:

- модель структури зондуючого сигналу:

$$M[StruktZc(t, \theta_z)] = \{ BR_L^n, P_L(\omega, \Omega, t), F_{Zc}(\Omega, t, \tau) \},$$

де: BR_2^n - просторовий базис лазера; $P_L(\omega, \Omega, t)$ - модель розподілу потужності лазера з частотою ω в просторовому куті Ω , $F_{Zc}(\Omega, t, \tau)$ - функція флуктуації параметрів лазера, - комплексний параметр.

$$* M[StrVS_{VZ}^F(t)] = \{ M(\bar{n}(t|VS)), Q_{VS}^A(t, \bar{n}) \},$$

де: $\vec{n}(t)$ - нормальний вектор орієнтації зони локації вібруючої поверхні,
 $Q_{VS}^{\Delta}(t, \vec{n})$ - відбиваюча здатність площини локації при зміщенні Δ ;

$$* M \left[StrZ_S^{Fi}(t, \theta_S) \right] = \left\{ BR_S^n, F^2 P_S(\omega, \Omega, t, Q_{VS}^{\Delta}) \right\},$$

де: BR_S^n - просторовий базис відбитого сигналу, $P_S(\omega, \Omega, t, Q_{VS}^{\Delta})$ - опис модульованого по (Δ, Ω) відбитого лазерного сигналу;

* Модель алгоритму відбору і опрацювання даних одержаних від відбитого лазерного сигналу з зони локації спроектованого на координатну фотоматрицю сенсора:

$$\hat{\Delta}(t, Fi) = M \left[Alq_{OD}^T \left[StrZ_S^{Fi}(t, Q_{VS}^{\Delta}), \forall t \in T \right] \right],$$

де: $\hat{\Delta}(t, Fi)$ - оцінка зміщення по напрямку нормального вектора до поверхні в зоні локації.

Відповідно до моделі формуються ситуаційні схеми взаємодії лазерного променя з поверхневим вібраційним полем, на яких показано зміну орієнтації нормального вектора в точці зондування \vec{n}_z , при заданому напрямі зондування \vec{n}_{zL} , напрямки дії факторів збурення F_{ij} (силових), флуктуації просторові вектора напрямку відбитого променя \vec{n}_s в зоні локації.

На рис 3. показано вплив деформаційних зміщень під дією фактора $F_i(\Delta t, x)$, (3.2 – 3.4) дія хвильових полів, (3.5) – деформація шорсткої поверхні і структура розсіяного поля зі стохастичним характером, (3.6) – дія сферичного хвильового поля під впливом ударних сил.

Відповідно до моделі поверхні сформуємо модель відбитого лазерного променя, який є переносником відомостей про структуру і динаміку поверхні в зоні локації:

$$\vec{Z}_S(\theta, t, r, L, \Delta)_{BL} = \vec{Z}_c(\theta, t, r, R_S)_{BL} \otimes h_{\Omega}(t, r, L, \vec{n}_s, \Delta),$$

де: Z_S – модель відбитого сигналу, Θ - інформативний параметр лазерного променя, BL – базис лазера, Δ – зміщення поверхні, h_{Ω} – імпульсна реакція зони локації.

Потужність відбитого лазерного променя, який відповідно відображає просторово – часову структуру поверхні зондування представимо у вигляді:

$$P_S(\omega, t | \Omega, \Delta, x) = \int_{\omega} \int_{\Omega} \int S_L(\omega, \Omega | t, r, R) H_{SL}^2(\omega, \Omega, t | \vec{n}_s(\Delta, x)) dx d\omega,$$

де: $S_L(\omega, \Omega)$ - просторовий енергетичний спектр, $H_{SL}(\omega, \Omega / \Delta)$ - передавальна функція зони локації.

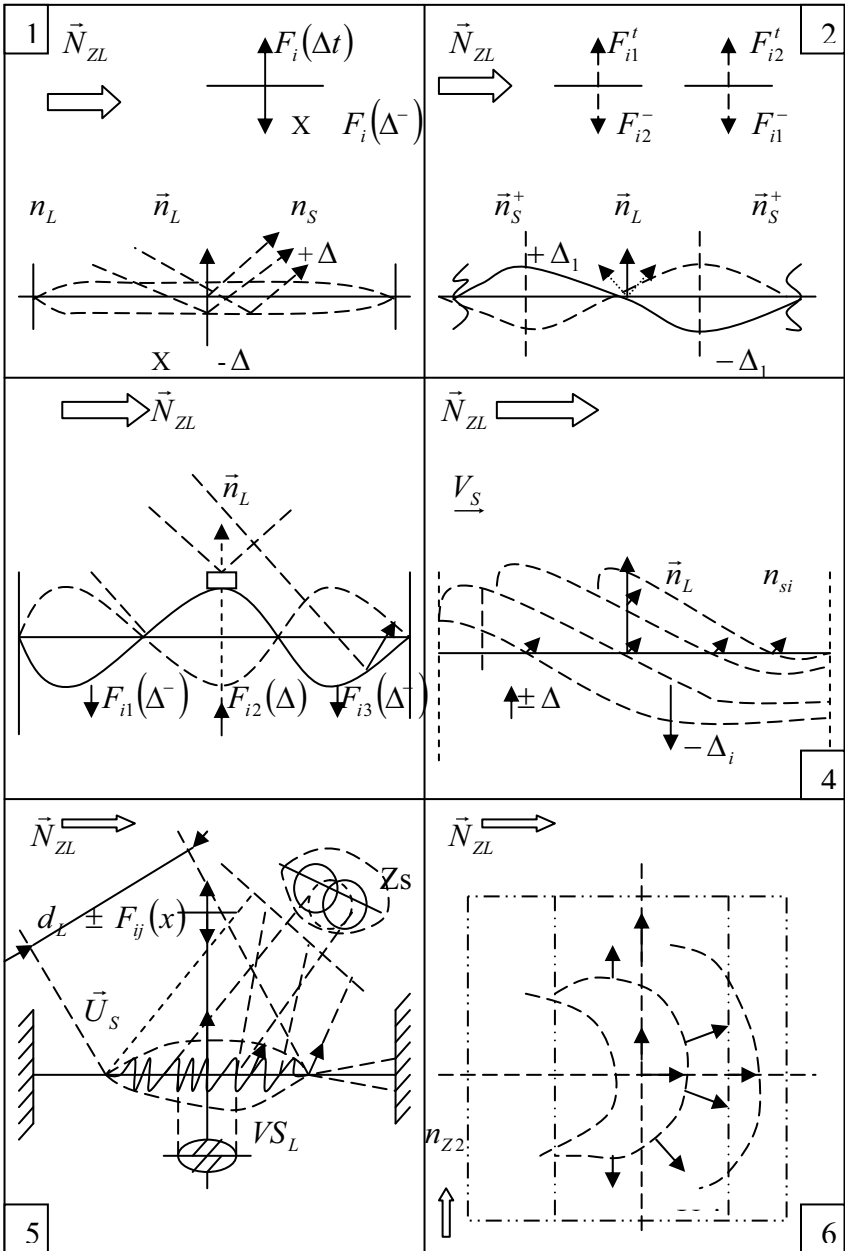


Рис.3 Флюктуация нормальных векторов до зоны локації при дії факторів збурення з паралельною і сферичною структурою поверхневих полів

Обґрунтування алгоритмів опрацювання даних.

Для відбору даних про динаміку зміщення поверхні необхідно обґрунтувати алгоритм опрацювання лазерного сигналу в базисі локаційної системи з використанням методу просторової дискримінації в координатному базисі матричного фотоприймача, який реагує на енергетичну структуру лазерного променя, який попадає на нього при відбитті з зони локації. Алгоритм має вид:

$$\forall x_i \in S_A, \forall x_i \in S_L, prx_i \in S_{FAI}, prX_i \in S_{FP2}$$
$$\Delta(F_i, x, t | P_L) = \iint P_1(\omega, t | x_i, \Omega) dx^2 - \int_{S_{FP2}} \int_{S_{FP1}} P_2(\omega, t | x_i, \omega) dx^2$$

при $S_{FP1} \cup S_{FP2} = S_{FP}$ - площа променя лазера, який падає на сектори фотоприймача $[FP_1, FP_2]$.

Напруга, згенерована в секторі фотоприймача буде визначатись у вигляді:

$$U_{FP}(t, \Delta | x_i \in S_{FPi}) = K_{y \rightarrow u} \left[\int_{S_{FPi}} \int P_{zs}(\omega, t, \Delta, x) dx^2 + Y_{\phi i} \right]$$

де: $Y_{\phi i}$ - фоновая засвітка, $P_{zs}(\omega, t, \Delta, x)$ - густина розподілу потужності (на поверхні сектора фотоприймача) відбитого лазерного променя, який є переносником інформації про структуру і динаміку поверхневого поля в зоні локації, $K_{y \rightarrow u}$ - коефіцієнт перетворення потужності зондуючого променя лазера в напругу.

Висновок.

В статті розглянуто підхід до побудови лазерних інформаційно-вимірювальних систем контролю рівня вібрації поверхонь збурених ударними і хвильовими полями та обґрунтовано алгоритм опрацювання даних.

1. *Сікора Л. С.* Лазерні інформаційно-вимірювальні системи для управління технічними процесами. – Львів: Каменяр, 1981. – 445 с.
2. Технические средства диагностирования // ред. *Клюев В.В.* – М.: Машиностроение. 1989. – 672 с.

Поступила 11.10.2010р.