

Друк Н. Р., соискатель  
Украинская академия печати, г. Львов

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ОТБОРА ДАННЫХ В ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ВИБРАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

shevanv88@mail.ru

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

**Ключевые слова:** лазер, зондирование, зона локации, деформация, вибрации

**Введение.** Проблема измерения уровня вибрации механизмов, агрегатов, металлоконструкций, конструкций корпусов и цехов производственных предприятий не решена и по настоящее время [1, 2]. Важной задачей для предприятий, построенных более 50 лет назад, является определение остаточной прочности технологических конструкций, находящихся под действием силовых факторов с распределенной пространственной структурой. Для систем с большим сроком эксплуатации характерны задачи связанные с оценкой прочности конструкции из металла и бетона, перекрытий, корпусов энергоблоков.

Действие термодинамических факторов, вибрации машин и механизмов порождают силовые воздействия на конструкции, соответственно приводит к снижению прочности конструкции стен, перекрытий, плоскостей, где установлены технологические агрегаты, энергоблоки (генераторы, турбины, пульты управления режимами). Поэтому актуальной является задача измерения вибрации механизмов и конструкций, идентификация структуры и динамики факторов влияния и построение их моделей.

**Постановка проблемы.** Сложность задачи измерения вибрации конструкций, как стеновых, так и перекрытий, а также фундаментов агрегатов заключается в том, что поверхности и объемные вибрации материала имеют сложную стохастическую структуру деформаций и колебаний. Проблемная задача описания состояния нагруженных перекрытий и стен решается на основе выбора адекватных информационно-измерительных систем и информационных технологий обработки данных. В настоящее время разработан комплекс измерительных электромеханических сенсоров ускорения, методично обеспечивающих точечные измерения [2]. Для обеспечения измерения смещения поверхности необходимо разработать методы, которые привязаны к координатного базиса конструкции и обеспечивают оценку вибропараметров в заданной точке плоскости согласно ориентации нормального вектора.

**Методы решения задачи.** Эти технологии основываются на технологии дистанционного лазерного зондирования, при которой лазерная информация о системе [1] привязана к соответствующему геометрическому базису (рис. 1):

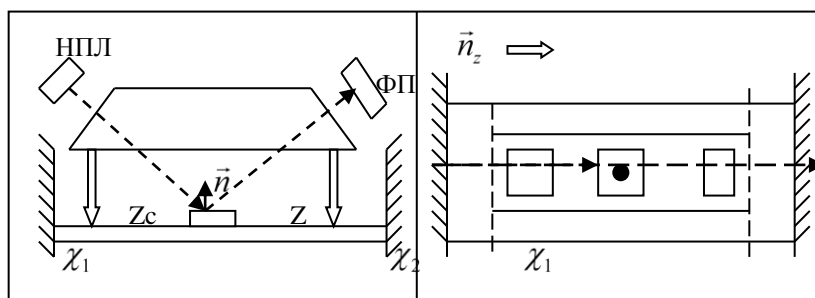


Рис. 1 Схема дистанционного измерения смещения поверхности по одной координате, где НПЛ – полупроводниковый лазер, ФП – координатный фотоприемник,  $\vec{n}_z$  – направляющий вектор

**Синтез лазерной системы.** Для построения эффективной лазерной информационно – измерительной системы необходимо [1]:

- обосновать структуру пространственно-временных вибраций поверхности конструкции перекрытия, стен, агрегатов;
- построить модель лазерного зондирует чего сигнала, наделить его информативными при-

знаками, описать пространственно-временные динамические преобразования в зоне локации;

- обосновать модель отраженного лазерного сигнала, алгоритмы его отбора и обработки, которые бы обеспечили оценку количественных параметров признаков вибрации в заданном координатном базисе.

Обеспечение точности метода дистанционного измерения уровня вибрации основывается на использовании пространственно-временной обработки отраженного лазерного сигнала, на основе концепции положений центра плотности мощности, отраженного луча от области поверхности зондирования, фотоматричного пространственного дискриминатора.

Конструктивная математическая модель пространственно-динамической структуры отраженного лазерного сигнала (ПДС) как переносчика сведений о динамике поверхности зондирования, должна отражать:

- пространственно-временную структуру зоны локации, которая формируется под действием факторов возмущения вибрационного стохастического поля;
- характеристики лазерного зондирующего и вибрационного сигнала (пространственные, энергетические);
- характеристики каналов отбора лазерного сигнала и средств его обработки;

Характерной особенностью моделей ПДС – отраженного лазерного сигнала является соответствующее математическое обеспечение процесса формирования зондируемых параметров лазера.

Адекватный процесс взаимодействия (пространственной) луча с вибрационной зоной, привязка параметров зоны локации в координатном базисе измерительной системы и конструкции на которую установлен агрегат, обеспечивает формирование схемы модели идентификации факторов возмущения.

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

где  $BR_L^n$  – пространственный базис лазера;  $P_L(\omega, \Omega, t)$  – модель распределения мощности лазера с частотой  $\omega$  в пространственном угле  $\Omega$ ,  $F_{Zc}(\Omega, t, \tau)$  – функция флуктуации параметров лазера, – комплексный параметр.

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

где  $\vec{n}(t)$  – нормальный вектор ориентации зоны локации вибрирующей поверхности,  $Q_{VS}^A(t, \vec{n})$  – отражающая способность плоскости локации при смещении  $\Delta$ ;

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

где  $BR_S^n$  – пространственный базис отраженного сигнала,  $P_S(\omega, \Omega, t, Q_{VS}^A)$  – описание модулированного по  $(\Delta, \Omega)$  отраженного лазерного сигнала;

Согласно выше приведенных требований структурную организацию информационной лазерной системы локации вибровозмущений представим в виде:

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

где:  $StrSLV$  – структура лазерной системы измерения поверхностного поля;  $StrPD_{LS}^{Zc}$  – структура пространственно-динамического лазерного сигнала;  $StrVS_{VZ}^{DFi}$  – структура вибрации области зондирования (пространственная) при воздействии факторов влияния  $DF_i$  – динамических;  $StrFP_{Zs}$  – структура пространственно-энергетических преобразований сигнала  $Z_s$  на матрице фотоприемника.

Процесс дистанционного зондирования в системе локации носит информационно-измерительный характер и отражает отбор пространственно-временных данных о динамике колебаний поверхности в зоне локации ее вибрационных сдвигов. Он характеризует активный образ исследований пространственно-временной траектории поведения поверхности возмущенной факторами резкой физической природы (вибрации механизмов и агрегатов, крутильные колебания, аэродинамический влияние на корпус цехов и термодинамические циклические напряжения).

Согласно проблемно-ориентированной задаче формируются следующие модели, как базовые информационные структуры лазерного виброметра [2]:

- модель структуры зондирующего сигнала:

Модель алгоритма отбора и обработки данных полученных от отраженного лазерного сигнала с зоны локации спроектированного на координатную фотоматрицу сенсора:

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

где  $\hat{K}(t, Fi)$  – оценка смещения по направлению нормального вектора к поверхности в зоне локации.

Согласно модели формируются ситуационные схемы взаимодействия лазерного луча с поверхностным вибрационным полем, на которых показано изменение ориентации нормального вектора в точке зондирования  $\vec{n}_z$ , при заданном направлении зондирования  $\vec{n}_{zL}$ , направления действия факторов возмущения  $F_{ij}$  (силовых), флуктуации пространственные вектора направления отраженного луча  $\vec{n}_s$  в зоне локации.

На рис 2 показано влияние деформационных смещений под действием фактора  $F_i(\Delta t, x)$ , (рис.2.2 – 2.4) действие волновых полей, (рис.2.5) – деформация шероховатой поверхности и структура рассеянного поля со стохастическим характером, (рис.2.6) – действие сфериче-

ского волнового поля под влиянием ударных сил.

Согласно модели поверхности сформируем модель отраженного лазерного луча, который является переносчиком сведений о структуре и динамике поверхности в зоне локации:

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

где:  $Z_S$  – модель отраженного сигнала,  $\theta$  – информативный параметр лазерного луча,  $BL$  –

базис лазера,  $\Delta$  – смещение поверхности,  $h_\Omega$  – импульсная реакция зоны локации.

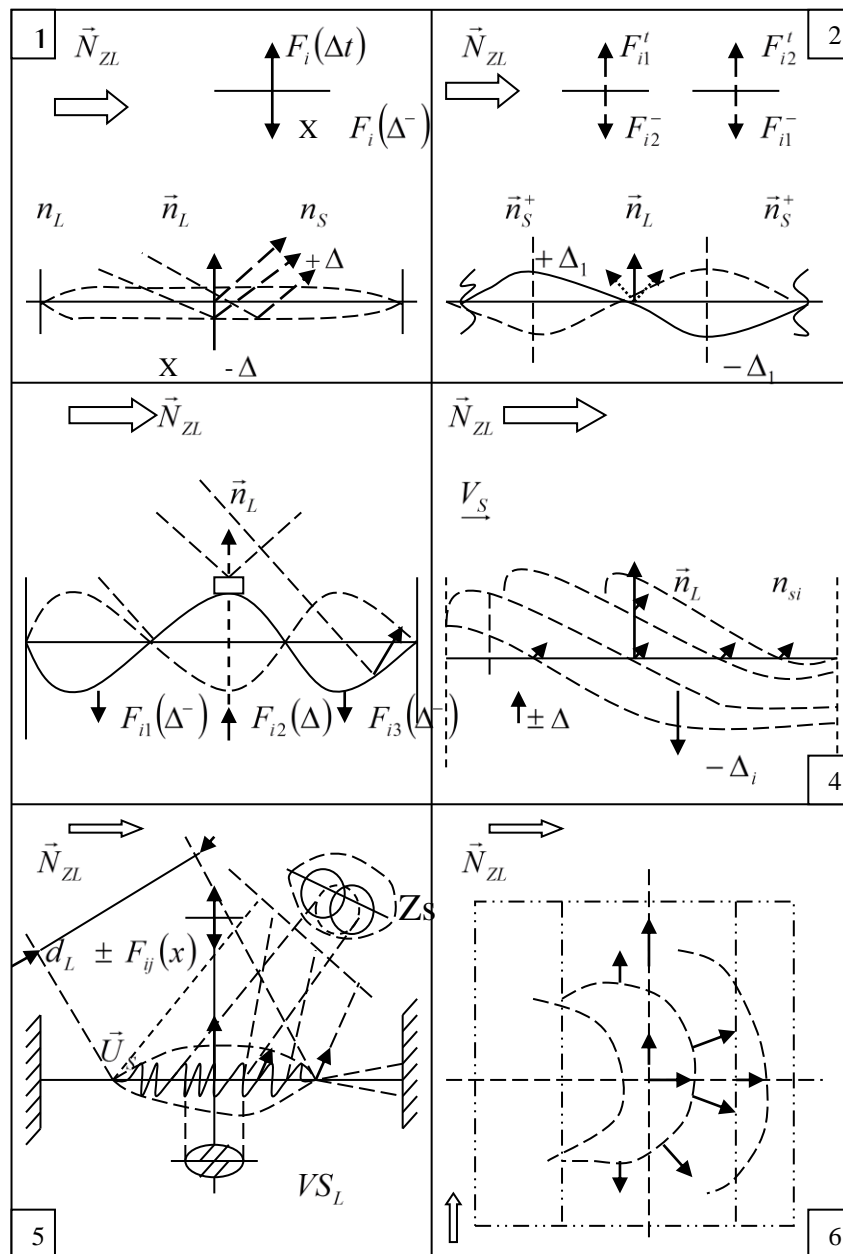


Рис.2. Флюктуация нормальных векторов в зоне локации при воздействии факторов возмущения с параллельной и сферической структурой поверхностных полей

Мощность отраженного лазерного луча, который в соответствии отражает пространствен-

но-временную структуру поверхности зондирования представим в виде:

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

где:  $S_L(\omega, \Omega)$  – пространственный энергетический спектр,  $H_{SL}(\omega, \Omega / \Delta)$  – передаточная функция зоны локации.

**Обоснование алгоритмов обработки данных.** Для отбора данных о динамике смещения поверхности необходимо обосновать алгоритм обработки лазерного сигнала в базисе локаци-

$$\forall x_i \in S_A, \forall x_i \in S_L, prx_i \in S_{FAI}, prX_i \in S_{FP2}$$

$$\Delta(F_i, x, t | P_L) = \iint P_1(\omega, t | x_i, \Omega) dx^2 - \int_{SFP2}^{SFP1} \int P_2(\omega, t | x_i, \omega) dx^2$$

при  $S_{FP1} U S_{FP2} = S_{FP}$  – площадь луча лазера, падающего на сектора фотоприемника  $[FP_1, FP_2]$ .

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

где:  $Y_{\phi i}$  – фоновая засветка,  $P_{zs}(\omega, t, \Delta, x)$  – плотность распределения мощности (на поверхности сектора фотоприемника) отраженного лазерного луча, который является переносчиком информации о структуре и динамике поверхностного поля в зоне локации,  $K_{y \rightarrow u}$  – коэффициент преобразования мощности зондирует чего луча лазера в напряжение.

**Вывод.** В статье рассмотрен подход к построению лазерных информационно-измерительных систем контроля уровня вибрации поверхностей возмущенных ударными и

онной системы с использованием метода пространственной дискриминации в координатном базисе матричного фотоприемника, который реагирует на энергетическую структуру лазерного луча, который попадает на него при отражении с зоны локации. Алгоритм имеет вид:

Напряжение, сгенерированное в секторе фотоприемника, будет определяться в виде:

волновыми полями, что позволило обосновать алгоритм обработки данных.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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