

УДК 631.3:620.172

**ТЕХНІЧНИЙ СТАН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ТА ЙОГО
ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОГРАФІЧНИМИ МЕТОДАМИ**

Карабиньош С.С., доцент, Іваненко О.Д., студент
(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

В статті приведено можливості реалізації голографічних методів неруйнівного контролю, особливості інтерпретації отриманих голограм, визначення кількісних показників мікродеформацій та необхідні засоби для зчитування інформації.

Постановка задачі. В останні роки почала розвиватись небезпечна тенденція зменшення парку машин та обладнання, які використовуються в сільському господарстві України. Знижується відповідно і рівень їх оновлення, а значна кількість машин перевищила нормативний термін своєї експлуатації. Все ширше практикується придбання потриманих машин за кордоном, які потребують проведення діагностування із встановленням їх залишкового ресурсу.

Незважаючи на досягнуті теоретичні успіхи та надбані практичні досягнення, на сьогодні відсутні дані досліджень з вивчення технічного стану деталі, вузла, агрегату чи машини. Отримані позитивні результати контролю сільськогосподарських машин носять частковий характер, переважно виявлення недосконалостей окремих поверхонь або навіть їх фрагментів [5].

Розширення можливостей інтеферометрії (комп'ютерної голографії), пов'язане із розвитком оптичних методів дослідження технічного стану сільськогосподарських машин та їх складових частин, супроводжується значними ускладненнями, пов'язаними з розшифруванням інтеферограм. Вони характеризуються отриманням інформації про зміни поверхневих шарів, які проходять в об'єкті за період часу між двома експозиціями [1, 2, 3, 6] лазеру. В нашому випадку це дані про зміщення поверхні об'єкту, який досліджують, його мікродеформація.

Мета досліджень. Дослідити технічний стан поверхневих шарів деталей сільськогосподарських машин з визначенням величин мікродеформування як показника при прогнозуванні ресурсу.

Результати досліджень. При класичному голографуванні (голаграфія подвійним імпульсом на плівці) отримують голограму із тримірним зображенням деталі чи вузла з наявними на голограмі інтерференційними смугами. Величину мікродеформації необхідно вирахувати, користуючись методикою приведеною нижче в даній роботі.

Експериментально встановлено, що підрахунок кількості рухомих

інтерференційних смуг безпосередньо із голограми практично неможливий із-за складності ведення відчиту їх кількості при пересіканні певних точок поверхонь об'єкта дослідження. Дійсну величину вектора деформації в напрямку абсциси чи ординати визначали як кількість інтерференційних ліній, що проходить через певну характерну точку об'єкта на голограмі, яка відновлена, при обертанні її навколо відповідної осі на заданий наперед кут, який рівний куту експозиції при голографуванні. Встановлено, що для дослідження поверхонь сільськогосподарських машин такий кут складає не більше $30 - 36^\circ$ і при збільшенні його значення втрачається значимість отриманих результатів. Схему установки приведено на рис. 1.

При зміні положення голограми відносно джерела когерентного або точкового світла всі точки смуг рівної деформації (інтерференційні смуги) будуть переміщуватись одночасно через характерну точку. Знаючи довжину хвилі лазера, кут на який обертають голограму навколо вибраної осі координат по обидва боки від осі, відраховують їх кількість, які переміщуються через конкретну точку на поверхні об'єкта. Цим визначають величину складової вектора мікродеформації навантаженого тіл в пошуковому напрямку. Обертаючи голограму навколо осі Y визначають складову вектора мікродеформації в напрямку осі X, і навпаки - обертаючи навколо X отримують складову вектора в напрямку Y. Величину складової вектора мікродеформації в напрямку осі Z визначали підрахунком кількості інтерференційних смуг на проміжку від нульового рівня до заданої точки.

При підрахунку кількості інтерференційних смуг, що переміщуються через певну точку застосовували монітор або ПК із спеціальним цифровим адаптером. Сумарну величину складової вектора мікродеформацій вздовж осей X і Y визначали за виразом [1, 2, 3]:

$$\Delta\delta_{x,y} = n \cdot \lambda K_{xi} / 2 \cdot \cos\psi, \quad (1)$$

де $\Delta\delta_i$ - величина складової вектора мікродеформації вздовж обраної осі координат, мкм;

n - кількість інтерференційних смуг, що перемістились через конкретну точку поверхні тіла;

λ - довжина хвилі лазера, $\lambda = 693$ мкм;

ψ - кут між бісектрисою і напрямком любої із складових вектора мікродеформації, рад,

K_{xvi} - коефіцієнт, який враховує величини зміщення голограми при її обертанні навколо осей X і Y/

Величину складової вектора мікродеформації в напрямку осі Z визначали за виразом:

$$\Delta\delta_z = n_1 \lambda, \quad (2)$$

де $\Delta\delta_z$ - величина складової вектора мікродеформації вздовж осі Z, мкм;
 n_1 - кількість інтерференційних смуг від початку нульового рівня до конкретної точки на дослідному виробі
 λ - довжина хвилі лазера, $\lambda = 693$ мкм.

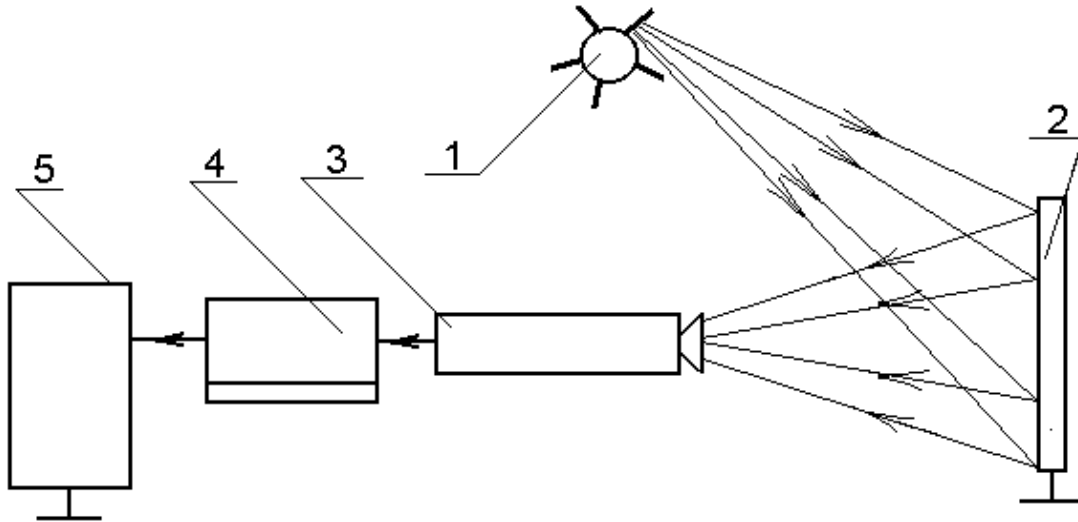


Рисунок 1 - Схема установки відеозапису:

1- точкове джерело світла; 2- голограма; 3- відеокамера; 4- відеорекордер; 5- монітор.

Таким чином, отримавши числове значення трьох складових вектора мікродеформації, їх напрямки в просторі, можливо визначити величину загального вектора мікродеформації і зв'язаного з ним напруження. Використовуючи значення складових вектора, описують фізичний процес мікродеформування за допомогою трьох математичних моделей. Досліджуючи величину кореляції між експериментальними розрахунковими даними, було встановлено її значення, яке не задовольняло твердження про адекватність отриманих математичних моделей реальному процесу. Було висунуто гіпотезу про необхідність поділу поверхні на менші ділянки, які охоплювали межі поверхні дослідного виробу із врахування властивостей пограничних зон. В цілому, поверхню інтерференційного поля розбивали на рівномірні за значимістю ділянки, на яких проходять смуги рівних амплітуд величини мікродеформації. При розрахунках величина однієї із ординат залишалася постійною, а значення іншої рівномірно змінювали.

Проведені розрахунки вказали на необхідність враховувати граничні умови при переході від однієї обмеженої поверхні до іншої. Теоретично встановлено та експериментально підтверджено необхідність визначати в граничних зонах поверхонь значення математичного сподівання визначеного від сукупної маси значень мікродеформації. Математична обробка даних за допомогою ПК дозволила встановити моделі мікродеформування або руйнування тіл, що досліджували, в просторі, за допомогою математичних

моделей, які адекватно описують реальні процеси й мають в загальному вигляді багаточленних поліномів:

$$U = U_1, U_2, \dots, U_n = f(x, y) = C_1 + A_1 \cdot x^n + B_1 \cdot y^n + D_1 \cdot x^{n-1} + E_1 \cdot y^{n-1} + P_1 \cdot x_1 + Q_1 \cdot y_1, \quad (3)$$

$$V = V_1, V_2, \dots, V_3 = f(x, y) = C_2 + A_2 \cdot x^k + B_2 \cdot y^k + D_2 \cdot x^{k-1} + E_2 \cdot y^{k-1} + P_2 \cdot x_1 + Q_2 \cdot y_1, \quad (4)$$

$$W = W_1, W_2, \dots, W_3 = f(x, y) = C_3 + A_3 \cdot x^m + B_3 \cdot y^m + D_3 \cdot x^{m-1} + E \cdot y^{m-1} + \dots + P_3 \cdot x_1 + Q_3 \cdot y_1, \quad (5)$$

де U ; V ; W - функції мікродеформації відповідно до напрямку трьох ортогональних координат;

C_1 ; C_2 ; C_3 - вільні члени ступеневих функцій;

A ; B ; ...; Q - коефіцієнти при невідомих x , y ;

n ; k ; m - показники ступеня функції;

x ; y - координати на поверхні виробу або голограми.

Важливою особливістю голограм є те, що вони дають інформацію про розподіл мікродеформацій на поверхні деталі, яку досліджують. Існує можливість вивчати фізичні процеси мікродеформування не дискретно – точка від точки, а інтегрально, оцінюючи стан всієї поверхні. Кількість складових моделей загального опису залежала від необхідної точності, заданої наперед, із похибкою не більше $\beta = 0.1 - 0.3$. Вона була перевірена за допомогою величини значення коефіцієнта відповідності реальним процесам. Записано для кожної поверхні деформування стільки моделей (U_1 ; $U_2 \dots U_n$; V_1 ; $V_2 \dots V_k$; W_1 ; $W_2 \dots W_m$) на скільки рівнозначних частин було поділено поверхню деформованого тіла. Кількість взаємозв'язаних поверхонь залежить від складності процесу деформування і, відповідно, від складності отриманої голографуванням загальної поверхні, адекватність математичної моделі з якої повинна бути перевірена в кожному конкретному випадку. Для кожної, отриманої розсіченням поверхні, будують математичну модель і перевіряють її на адекватність реальному процесу за встановленими критеріями.

Метою дослідження ставилося визначити прогнозований ресурс або, рекомендувати раціональний спосіб відновлення при ремонті. Для вирішення цих проблеми отриманої експериментально інформації недостатньо, потрібна математична обробка експериментальних даних. Відомо [4, 5], що маючи функцію зміни поверхневої мікродеформації тіла відносно координат, проставлених на деталі, то взявши першу похідну із знайденого виразу, отримаємо тензори:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial U}{\partial x}; \quad \varepsilon_{yy} = \frac{\partial V}{\partial y}; \quad \varepsilon_{zz} = \frac{\partial W}{\partial z}, \quad (6)$$

а напруження, відповідно визначимо із рівнянь:

$$\sigma_{xx} = \frac{\partial U}{\partial x} E; \quad \sigma_{yy} = \frac{\partial V}{\partial y} E; \quad \sigma_{zz} = \frac{\partial W}{\partial z} E \quad (7)$$

Рівняння (7) складають три основних вектора напружень на поверхні деформованого тіла, згідно до закону Гука. При необхідності, визначали кожен компонент вектора напружень в просторі, користуючись залежностями (3, 4, 5.), як вирази:

$$\sigma_{xy} = \left(\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y} \right) E; \quad \sigma_{xz} = \left(\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \right) E; \quad (8)$$

$$\sigma_{yx} = \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) E; \quad \sigma_{yz} = \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right) E \quad (9)$$

$$\sigma_{zx} = \left(\frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial z} \right) E; \quad \sigma_{zy} = \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right) E; \quad (10)$$

Висновки

Приведені вище теоретичні передумови можливо застосовувати для дослідження напруженого стану в деталях виготовлених із різнорідних матеріалів, різноманітної конфігурації. До них входять: вали: колінчасті, гладкі та шліцові— виготовлені із середньо, високовуглецевих сталей та сплавів, термічно оброблені і без обробки; корпусні деталі: картери двигунів внутрішнього згорання, головки блоків, корпуси коробок передач, роздавальних коробок та мостів і трансмісій, виготовлені в основному із чавунів сірих, ковких, модифікованих та легованих, а також із алюмінієвих та магнієвих сплавів, деталі профільні сільськогосподарських машин лемеші, відвали, культиваторні лапи, диски сошників і копачів, виготовлені із сталі, шестерні, зірочки, зубчасті колеса, черв'яки і черв'ячні колеса, виготовлені із чавуну, сталі, бронзи та латуні, деталі поливної та меліоративної техніки, систем водо-, газозабезпечення, виготовлені із: поліетилену, поліаміду, вуглепластиків, армованих пластмас; робочі органи обладнання для переробки сільськогосподарської сировини: вальці, решета, шнеки гомогенізатори, виготовлені із високо легованих нержавіючих сталей, чавунів та сплавів; траки гусениць, ведучі і направляючі колеса, котки, балансири; вироби із дерева та інше.

Список літератури:

1. Boone P, Vanspeybroeck Ph., Karabinesh S.S. Brittle crack propagation in plastics pipes analyzed by holographic interferometry.- Brussels, Nondestructive testing and image processing, S.S., 1993. - Session 5 - P.325-334
2. Роберт К.Ерф. Голографические неразрушающие исследования. /Пер. с англ.. - М.: Машиностроение, 1979. - 446 с.
3. Островский Ю.И. Голография и ее применение. - Л.: Наука, 1973, - 320 с.
4. Цурпал И.А. Кратный курс сопротивления материалов. - К.: Вища школа, 1980. - 311 с.
5. Карабиньош С.С., Сиволапов В.А. До питання про вивчення напруженого стану виробів із анізотропних матеріалів: Зб. наук. пр. НАУ – К.: 1998, Т.4. - С.157-160.
6. Карабиньош С.С., Сиволапов В.А. Дослідження властивостей конструкційних матеріалів голографічних інтерферометрією: Зб. наук. пр. НАУ – К.: 1997, -Т.1. - С.18-20.

Аннотация

Обоснование исследования технического состояния сельскохозяйственных машин голографическими методами

Карабинёш С.С., Иваненко А.Д.

В статье приведено теоретическое обоснование изучения технического состояния сельскохозяйственных машин при помощи голографических методов (классического и компьютерного). Установлено возможности реализации приведенных методов неразрушающего контроля, особенности интерпретации полученных голограмм необходимые средства для считывания информации с них.

Abstract

Consideration research of the technical state of agricultural machines by the holographic methods

Karabinesh S.S., Ivanenko

In the article the theoretical consideration study of the technical state of agricultural machines is resulted by means holographic methods (classical and computer their display) is given. Marketabilities the resulted methods of undestroying control of, features of interpretation of the got holograms and necessary facilities are set for reading of information from them.