

Карабиньош С.С.,

Аннєнков О.В.

Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Київ -41, вул. Героїв оборони, 16, оф.8,
E-mail: Karabinioshss@ukr.net

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
ГОЛОГРАФІЧНИМИ МЕТОДАМИ**

УДК 631.3:620.172

*В статті приведено теоретичне обґрунтування вивчення технічного стану сільськогосподарських машин за допомогою голографічних методів („класичного та комп'ютерного їх вияву). Встановлено можливості реалізації приведених методів неруйнуючого контролю, особливості інтерпретації отриманих голограм та необхідні засоби для зчитування інформації з них. 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. **Ключові слова:** технічний стан, контроль, дефектування, голографія, мікродеформування, інтерферометрія.*

Актуальність проблеми

Розширення можливостей інтеферометрії (комп'ютерної голографії), зв'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'єкта, який досліджують, – його мікродеформація. Складні переміщення або деформаційні процеси можливо інтерпретувати, при вивченні технічного стану сільськогосподарських машин, як сумарну дію цілої гама більш простих рухів:

- зміщення виробу як єдиного цілого (паралельне переміщення в напрямках які лежать в площині цієї поверхні);
- обертання поверхні тіла навколо осей, що розміщені в площині поверхні, а також ортогональними до цієї площини;
- деформації окремих ділянок поверхні виробу, який досліджують (розтягування, скручування, стиск або згин).

Створення комп'ютерної голограми дає зображення об'єкта дослідження разом із кольоровими смугами, а кожному кольору чи відтінку відповідає певна і визначена масштабом голограми мікродеформація. Ці смуги відповідного кольору чи його відтінку є смугами рівних мікродеформацій на всій поверхні тіла, яку досліджують виробу і показують, яким чином розподіляється мікродеформація поверхні під певним навантаженням.

При класичному голографуванні 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 [5, 6].

Мета досліджень

Виявити можливості та засоби дослідження технічного стану сільськогосподарських машин за допомогою комп'ютерної голографії. Обґрунтувати необхідність в математичному інтерпретуванні отриманих на голограмах даних.

Результати досліджень

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. Було розроблено і запропоновано схему спеціальної установки відеозапису їх переміщення та підрахунку, приведену на рис. 1. 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 $30^\circ - 36^\circ$ і при збільшенні його значення втрачається значимість отриманих результатів.

Голограму 2 відновлюють за допомогою точкового джерела світла 1. Обертають голограму 2 і одночасно записують її зображення відеокамерою 3, передаючи сигнали на відеореєстратор 4.

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 ($30^\circ - 36^\circ$) по обидва боки від осі, відраховують їх кількість, які переміщуються через конкретну точку на поверхні об'єкта. Цим визначають величину складової вектора мікродеформації навантаженого тіла 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.

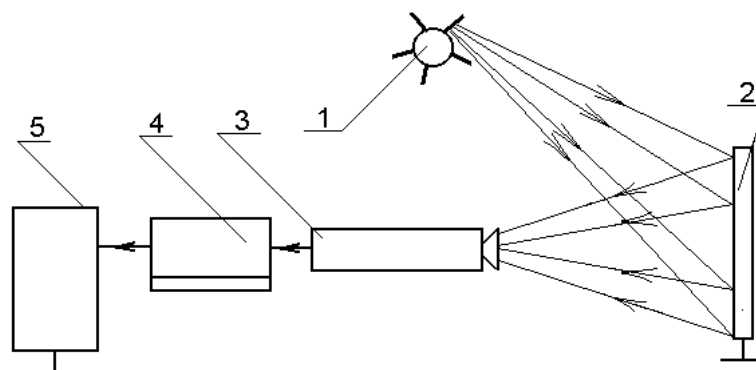


Рисунок 1. Схема установки відеозапису:
1- точкове джерело світла; 2- голограма; 3- відеокамера; 4- відеореєстратор; 5- монітор.

При підрахунку кількості інтерференційних смуг, що переміщуються через певну точку застосовували монітор 5 або ПК із спеціальним цифровим адаптером. Сумарну величину складової вектора мікродеформацій вздовж осей X і Y визначали за виразом [1, 2, 3]:

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

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.

Величину складової вектора мікродеформації в напрямку осі Z визначали за виразом [1, 6]:

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

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.

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. Автором було висунуто гіпотезу про поділ дослідної 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. Математичне сподівання розраховано за допомогою комп'ютерної програми Excel у Windows office XP. 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 комп'ютерних 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

... $U_n; V_1; V_2 \dots V_k; W_1; W_2 \dots W_m$) 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 провірена 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 напружений стан виробу і виходячи із цього прогнозувати ресурс або, рекомендувати раціональний метод чи спосіб відновлення при ремонті. Для вирішення цієї проблеми отриманої експериментально інформації недостатньо, потрібна математична обробка експериментальних даних. Відомо [4, 5], що маючи функцію зміни поверхневої мікродеформації тіла відносно координат, представлених 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

Теоретичні передумови застосовують для дослідження напруженого стану в деталях виготовлених із різноманітних 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.

Література

1. Boone P, Vanspeybroeck Ph., Karabinesh S.S. Brittle crack propagation in plastics pipes analyzed by holographic interferometry./ P.M.Boone, Ph.H.Vanspeybroeck, S.S.Karabinesh - Brussels, Nondestructive testing and image processing, S.S., 1993. - Session 5 - P.325-334
2. Роберт К. Ерф. Голографические неразрушающие исследования. /Пер. с англ. Роберт К. Ерф. - М.: Машиностроение, 1979. - 446 с.
3. Островский Ю.И. Голография и ее применение. / Ю.И.Островский - Л.: Наука, 1973, - 320 с.
4. Карабиньош С.С. Результати вивчення можливостей реалізації способів неруйнівного контролю при їх виборі. / С.С.Карабиньош./ Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. № 196-3. - С. 167-174.
5. Карабиньош С.С. Голография. Контроль качества деталей. /Монография. – Германия, Берлин, 2016. -233 с.
6. Karabinesh S.S. Condition of surfaces parts and methods of holography./ S.S. Karabinesh. - S.world, Vol.J21510 (9) (Scientific world, 2015).- с.47-50

Summary

Karabinesh S., Annenkov O. Research of the technical state of agricultural machines by the holographic methods

There are the theoretical foundation of the study of the technical state agricultural machines using holographic techniques (classical computer and their expression). Established the feasibility of reduced non destructive testing methods, especially the interpretation of the holograms and the necessary means to read information from them. The real value of the vector strain towards abscissas or ordinates defined as the number of interference lines passing through a characteristic point of the object on the hologram, which restored the rotation around its axis corresponding to the pre-set angle, angle equal exposure holographic 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.
Keywords: technical condition, control, flaw detection, holography, microdeformations, interferometry.

References

1. Boone P, Vanspeybroeck Ph., Karabinesh S.S. Brittle crack propagation in plastics pipes analyzed by holographic interferometry./ P.M.Boone, Ph.H.Vanspeybroeck, S.S.Karabinesh - Brussels, Non destructive testing and image processing, S.S., 1993. - Session 5 - P.325-334
2. Robert K.Erf. Non destructive holographic research. / Per. with English. Robert K.Erf. – М.: Engineering, 1979. - 446 p.
3. Ostrovsky YI Holography and its application. / Yu.Y.Ostrovskyy - L.: Nauka, 1973. – 320 p.
4. S.S. Karabinesh. The results of the study of the feasibility of non destructive methods with their choice. / S.S.Karabinesh. / Scientific Journal NUBiP Ukraine. Series: Engineering and

Energy APC. 2014. № 196-3. - S. 167-174.

5. S.S. Karabinesh Holography. Control of quality parts. / Monography. - Germany, Berlin, 2016. -233 p.
6. Karabinesh S.S. Condition of surfaces parts and methods of holography./ S.S. Karabinesh. - Sworld, Vol.J21510 (9) (Scientific world, 2015).- c.47-50