

КОНСТРУКТИВНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ГОЛОГРАФИИ

Сергей Карабинёш

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15*

Sergey Karabinyosh

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

Аннотация. В статье приведены результаты исследований использования голографического метода обеспечения длительной и эффективной эксплуатации сельскохозяйственной техники при исправлении недостатков конструирования деталей машин.

Ключевые слова: сельскохозяйственная техника, деталь, лапа культиватора, голография, нагружение, голограмма, микродеформирование, неразрушающий контроль.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Анализ литературных источников [2, 5, 6, 13, 19], практический опыт показывают, что повысить до необходимого уровень надежности машин, в том числе и сельскохозяйственных, возможно при условии реализации контроля и диагностирования их технического состояния. Как известно, надежность техники закладывается на стадии конструирования, обеспечивается при изготовлении, поддерживается в эксплуатации и возобновляется при ремонте [1, 10, 11, 19].

Проведенные теоретические и предварительные экспериментальные исследования позволили выдвинуть гипотезу о возможности и необходимости обеспечения надежности машин с помощью тщательного стопроцентного контроля, как одного из главных двигателей научно-технического прогресса. Практика развития человеческого общества показывает, что без тщательного и повсеместного контроля за качеством изделий [3, 4, 7, 9 15] невозможно создать эффективную машину, которая долговечно служила бы на пользу человеку.

В современных условиях проблема повышения надежности сельскохозяйственных машин, их элементов разрешается путем поиска и создания новых материалов, элемен-

тов конструкций, использования компьютерных методов обработки информации, упрочнения рабочих поверхностей в таких комбинациях, которые раньше признавались практически невозможными или даже вредными [14, 18, 19], методов неразрушающего и разрушающего контроля в чем и состоит актуальность проведенных исследований.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каждая конструкция на протяжении всего срока ее службы должна удовлетворять требованиям технической документации при условии отсутствия предельного деформирования и сопряженного с ним местного (локального) или общего разрушения [1, 3, 16]. Выход параметров деталей за установленные пределы, когда машина или ее элементы не соответствуют установленным нормам и определяются как предельное и недопустимое её техническое состояние. Для оценки возможности надежной работы машины нужно контролировать эти характеристики, особенно, значение величин допустимых параметров, их стохастических характеристик распределения параметров технического состояния, самое главное, вероятности безотказной работы.

Техническое состояние деталей определяется с одной стороны конструктивными параметрами, а с другой - механическими свойствами, которые определяют методами контроля в, том числе, и голографическими [17, 20]. Свойства рабочих поверхностей деталей из различных материалов отличаются сравнительно небольшими значениями рассеиваний показателей. Они соответствуют величинам и видам нагрузки, микродеформированию, продолжительности нагрузки и

могут быть представлены в достаточно узком интервале рассеивания [7, 12].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы является обоснование возможности реализации голографического метода для повышения надежности сельскохозяйственной техники при конструировании её элементов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе проведения исследовательских работ было установлено, что голография позволяет с значительной чувствительностью получать результаты измерения величины микродеформации при высокой точности метода [20]. Методика исследований предполагала использование дифференциального метода определения качества конструкций путем сравнения базового или эталонного изделия с проектируемым [20]. Количественной оценкой служило сравнение полученных математических ожиданий и дисперсий распределения величин микродеформирования, полученных с голограмм при реализации программы „Оптокат”, качественной – структура рисунка. При этом, учитывали наличие аномальных проявлений расположения интерференционных полос.

О данных определениях свидетельствуют результаты экспериментальных исследований, которые характеризуются стабильностью картин компьютерных голограмм. Исследования были проведены с 25 кратной повторностью использования деталей и 10-ти кратной повторностью голографирования. Для проведения экспериментальных работ были использованы детали сельскохозяйственных машин, например: лапа стрельчатая культиватора КПС-4,0 (см. рис. 1). На компьютерных голограммах фиксировали практически однотипную картину (рис. 2), что дало возможность утверждать, данная деталь изготовлена без имеющихся дефектов и может эффективно эксплуатироваться на протяжении установленного ТД (технической документацией) периода времени.

За условием опыта, деталь (лапа культиватора) была изготовлена в соответствии с нормативами ТД согласно рабочих чертежей.

В процессе экспериментальных исследований, детали были нагружены механическим способом (сначала дифференцировано, потом комплексно), сжатие с закручиванием в соответствии с разработанной методикой. Такой вид нагрузки отвечает эксплуатационным условиям использования лап культиваторов. Для проведения исследовательских работ использованы: оптическая система „Оптимат”, разработанная в Гентском университете и улучшенная в Украине в Международном центре „Институт прикладной голографии”, лазер Lumonikс HLS - 2 с длиной волны 694 мкм. (Все оборудование прошло аттестацию в Европейском союзе).

На отсутствие повреждений и дефектов указывает характер картины на голограммы, т.е. – интерференционные полосы размещены без существенных аномалий. Наличие на каждой голограмме таких полос дает возможность определить величины микродеформации в каждой точке исследуемой детали. Величины микродеформации в таких точках на интерференционной полосе (изохоре) равны между собой. Для расширения оптических возможностей системы исследовать диффузионно отражать световое излучение лазера (большинство деталей сельскохозяйственной техники) был произведена замена линз 4 ($f_1 = -25$ мм; $d_1 = 55$ мм $\rightarrow f'_1 = -35$ мм; $d'_1 = 60$ мм), 5 ($f_2 = 150$ мм; $d_2 = 70$ мм $\rightarrow f'_2 = 200$ мм; $d'_2 = 90$ мм).

Это дает возможность качественно оценить техническое состояние поверхности детали и разработать математическую модель, которая позволяет адекватно реальным данным описать физический процесс микродеформирования. С другой стороны исследовали лапу культиватора, в которой параметры конструктивных элементов были изменены [9] специально так, чтобы не соответствовали требованиям конструкторской документации (носок был повернут принудительно во внутрь детали на 14°), что обосновано результатами исследований износов этих деталей и ошибок в проектировании. Таким образом, изначально были неправильно заданы детали конструктивные параметры. Полученная голограмма приведена на рис. 3.



Рис. 1. Лапа культиватора, восстановленная наплавкой
Fig. 1. Paw of cultivator, after renewal

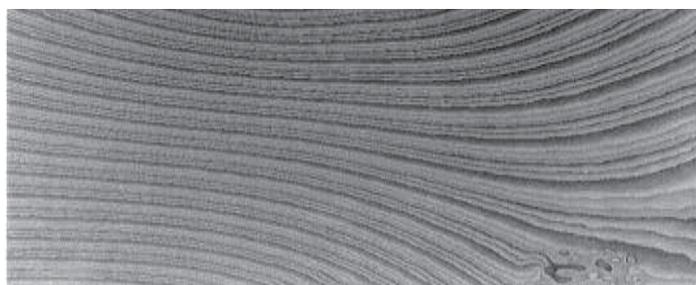


Рис. 2. Голограмма лапы культиватора, изготовленной согласно норм рабочих чертежей
Fig. 2. Hologram of paw of cultivator, made in obedience to the norms of the working drawings

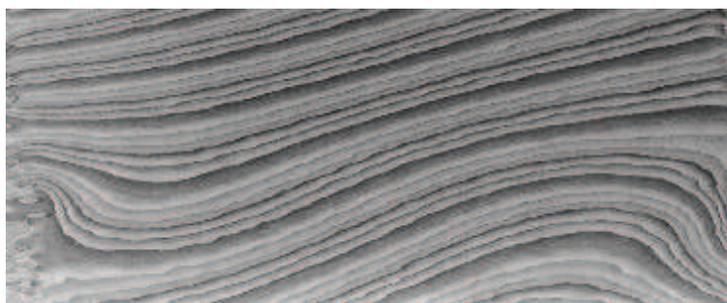


Рис. 3. Компьютерная голограмма лапы культиватора с неправильным конструкционным элементом
Fig. 3. Computer hologram of paw of cultivator with a wrong construction element

В этом случае, лапа культиватора также была нагружена механическим способом так, как в первом случае. Анализируя состояние голограмм приведенных на рисунках 2 и 3, возможно утверждать, что в первом случае имеем правильное соединение конструктивных элементов с правильно подобранными конструктивными материалами – величина математического ожидания микродеформи-

рования – 1,4 мкм, во втором – ошибочное, 2,5 мкм.

Как показали результаты эксплуатационных испытаний лапы, которые были изготовлены по технологии, отвечающей требованиям конструкторской документации (голограмма рис. 2) имеют долговечность на 13 - 15 %, а в некоторых случаях даже до 18 - 19,5 % выше, чем те, которые изготовлены с

нарушением норм конструирования. Следует заметить, что второго типа детали имели свои прочностные характеристики, которые практически отвечали требованиям стандартов, а наличие дефектов в зонах соединения было ограничено технологическим контролем на изготовление деталей.

Расчет дисперсии распределения стохастических величин микродеформирования проведен за суммарными значениями всей выборки из массива данных всех голограмм при механической нагрузке (сжатии) на примере лап культиваторов. Результаты стохастических исследований по подбору конструктивных элементов проектируемых или восстановленных деталей имеют большое значение в обеспечении надежности деталей. Показатели формы конструкции могут изменять свои значения в пределах одной поверхности и не должны превышать величины микродеформации 3,5 мкм.

В значительной степени на надежность всей конструкции или комплекта элементов влияет распределение показателей прочно-

сти, значения коэффициентов запаса прочности и распределение действительных деформаций поверхностей деталей под действием возможных нагрузок [20]. Значение параметров распределения этих величин необходимо учитывать прежде всего при выборе материала. Условиями надежности определено, что наступление предела допустимой нагрузки достигается путем пропорционального нагружения всей конструкции и достигается при величине микродеформирования для лап культиваторных 2,1–3,2 мкм. Предельное значение параметра микродеформации является функцией заданного допуска на остаточную деформацию конструкции и обычными методами трудно определяется.

Существенное влияние на зарождение дефектов в конструкциях, особенно сварочных, делают поля начальных напряжений, связанных непосредственно с правильным выбором материала и вида конструкции, без имеющихся концентраторов напряжений и другое.

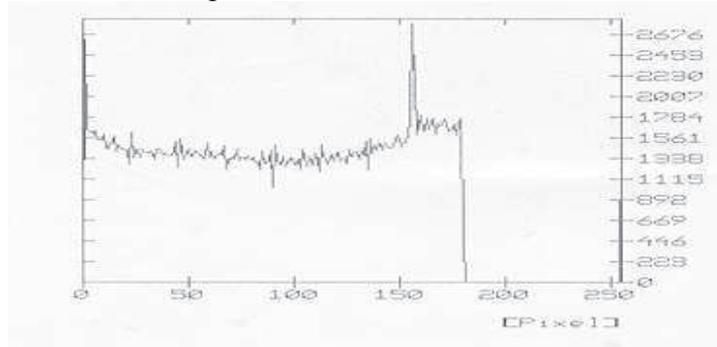


Рис. 4. Величины распределения дисперсии микродеформаций для лемехов (правильная форма)

Fig. 4. Sizes of distribution of dispersion of microstrains for ploughshares (regular shape)

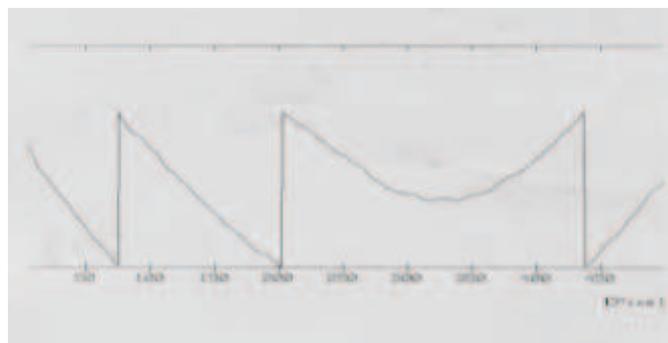


Рис. 5. Величины распределения математического ожидания микродеформаций для лап культиваторов (правильная форма)

Fig. 5. Sizes of distribution of the expected value of microstrains for the paws of cultivators (regular shape)

Представлены на рис. 4 и 5 величины распределения дисперсии и математического ожидания величин микродеформаций подтверждают правильность версии о выборе конструкции и материала для лап культиваторов – сталь 65 Г. Они в условиях природо-климатической зоны Украины имеют удовлетворительные показатели надежности и поддаются процессам упрочнения и создания условий самозатачивания. Для представленных голограмм рассчитаны математические модели, которые позволяют определить пределы допустимой эксплуатации данного вида деталей.

Анализ величин распределения стохастических характеристик лап культиваторов, которые были спроектированные с ошибками (см. рис. 6 и 7), показывает на значительное рассеивание в значениях математического ожидания, подтверждая неправильность выбранного решения.

В соответствии с разработанной методикой исследования деталей изготовленных из

разных материалов, например: чугуна (СЧ-18), алюминия (АЛ-9), полимеров (полиэтилен, полиамид), углепластик, а также армированный металлополимер, при этом, зафиксированны компьютерные голограммы в каждом случае. В исследованиях применяли всю гамму зафиксированных нагрузок

ВЫВОДЫ

Таким образом теоретические и экспериментальные исследования позволили установить, что голография, особенно компьютерная, является одним из эффективных методов определения конструктивных параметров, которые характеризуют надежность сельскохозяйственных машин. При этом, достижения величин микродеформирования выше предельных (например, для лап культиваторных 2,1–3,2 мкм) свидетельствует от том, что деталь исчерпала свой ресурс.

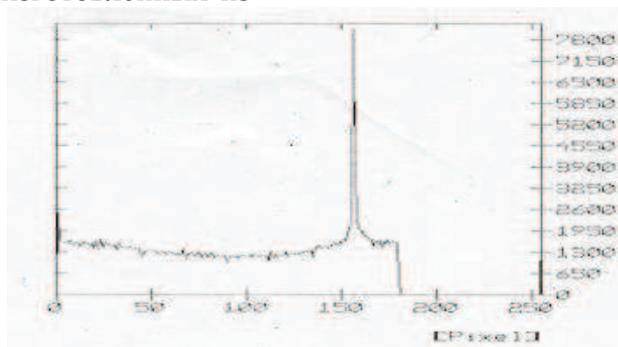


Рис. 6. Величины распределения дисперсии микродеформаций для лап культиваторов (ошибки в проектировании)

Fig. 6. Sizes of distribution of dispersion of microstrains for the paws of cultivators (errors are in planning)

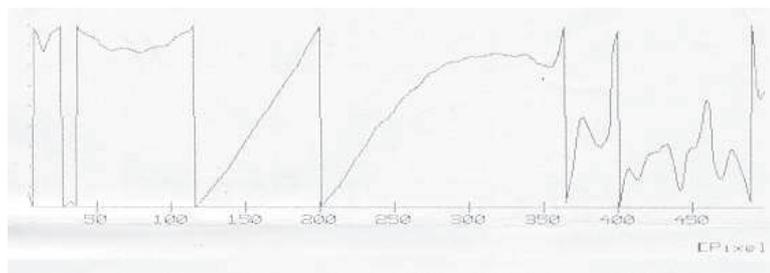


Рис. 7. Распределение величины математического ожидания микродеформаций для лап культиваторных (ошибки в проектировании)

Fig. 7. Distribution of size of the expected value of microstrains for paws of cultivator (errors are in planning)

Вопрос совершенствования и внедрения метода дефектации с помощью голографирования является важным в плане развития методов обеспечения надежности сельскохозяйственных машин, особенно, конструкторского. В то же время, как показали теоретические и экспериментальные исследования он является практически доступным для реализации на сельскохозяйственных предприятиях, особенно, ремонтных, где есть необходимость в проведении дефектации и установлении остаточного ресурса машин, которые были в эксплуатации, а проведения таких работ существующими методами являются недоступным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barnett R.L., Vittsel V.I., Dyuks U.Kh. 1977: Razrusheniye: Rukovodstvo. V 7 t./ Per. s angl. T.4. Issledovaniye razrusheniya dlya inzhenerny rasschetov. – M.: Mashinostroyeniye. – 400.
2. Nadezhnost 1972: Nadezhnost i dolgovechnost mashin i oborudovaniya. / Pod red.. A.S. Pronikova – M.: Standart. – 406.
3. Nerazrushayushchiy 2005: Nerazrushayushchiy kontrol i diagnostika: Spravochnik./ Klyuyev V.V., Sosnin F.R., Kovalev A.V./Pod obshch. redakt. V.V. Klyuyeva V.V. – M.: Mashinostroyeniye. – 656.
4. Paton B.E., Lobanov L.M., Pivtorak V.A. 1996: Iz opyta IES im. Ye.O.Patona ispolzovaniya golograficheskoy diagnostiki kachestva elementov svarnykh konstruktsiy, kontroliruyemykh v usloviyakh kosmosa.// Kosmicheskaya nauka i tekhnologiya. – K.: T.2, № 1-2 – 12.
5. Rynkov R.N. 1995: Prognozirovaniye ustalostnogo resursa elementov izdeliy pri sluchaynom nagruzhении na osnove teorii informatsii // Nadezhnost i kontrol kachestva. – №8. – 20-28.
6. Anilevich V.Ya., Savchenko V.B. 1997: Statisticheskoye modelirovaniye obespecheniya nadezhnosti traktorov v ekspluatatsii. Sb. nauch. tr. KhGTUSKh. – Kharkov. – 11 - 15.
7. Betkher Kh., Epperlyayn I., Yeltsov A. 1992: Sovremennyye sistemy registratsii informatsii. – Sankt-Peterburg: Sintez. – 328.
8. Erf K. 1979: Golograficheskiye nerazrushayushchiye issledovaniya. /Trudged. s eng. – M.: Mashinostroyeniye. – 446.
9. Boyko A.I., Karabinosh S.S., Morgun A.V. 2003: Kompyuternaya golografiya kak metod obespecheniya nadezhnosti selskokhozyaystvennoy tekhniki: Kh-y Mezhdunarodnyy simpozium (Ekologicheskkiye aspekty mekhanizatsii rasteniyevodstva). – Varshava, Melitopol: – 28-33.
10. Vennikov V.A. 2001: Osnovy teorii podobiya i modelirovaniya. – M.: Nauka. – 24.
11. Vorobyev S. P. 2004: Nekotoryye priyemy zapisi izobrazitelnykh gologramm impulsnym lazerom./ Materialy mezhdunarodnogo foruma „Golografiya EKSP0-2004”. – M.: – 49.
12. Gnedenko B.V. 2005: Kurs teorii veroyatnostey. – M.:Editorial URSS.– 448.
13. Guz A.N. 1983: Mekhanika khрупкого razrusheniya materialov s nachalnymi napryazheniyami. – K.: Naukova dumka.– 296.
14. Ermolov I.P., Ostanin Yu.Ya. 1988: Metody i sredstva nerazrushayushchego kontrolya. – M.: Mashinostroyeniye. – 218.
15. Lobanov L.M. 2002: Avtomaticheskyy kompyuternyy analiz golograficheskikh interferogramm pri nerazrushayushchem kontrole kachestva materialov i elementov konstruktsiy // Avtomaticheskaya svarka.– №10.– 8-14.
16. Obraztsov V.S., Sitnik D.I. 1977: Opticheskaya golografiya i yeye primeneniya. – L.: Nauka. – 210.
17. Paton B.E., Lobanov L.M., Pivtorak V.A. 1996: Iz opyta IES im. Ye.O.Patona ispolzovaniya golograficheskoy diagnostiki kachestva elementov svarnykh konstruktsiy, kontroliruyemykh v usloviyakh kosmosa.// Kosmicheskaya nauka i tekhnologiya. – K.: T.2, № 1-2. – 12.
18. Boone R, Vanspeybroeck Rh., Karabinesh S.S. 1993: Brittle crack propagation in plastics pipes analyzed by holographic interferometry.– Brussels, Nondestructive testing and image processing, S.S. – Session 5 – 325-334.
19. Karabinesh S.S. 2001: Non-distractive control glue-weed joining by computer holography// 111 International Research And Technical Conference /S.Karabinesh // MOTOROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin: Vol. 4. – 144-147.
20. Karabinesh S.S. 2012: Structurally-technological methods providing of reliability of agricultural technique by computer holography.

/ S.Karabinesh// MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin. T.14 – №3.– 112-119.

**STRUCTURAL METHOD OF INCREASE
OF RELIABILITY OF AGRICULTURAL
TECHNIQUE DURING REALIZATION
OF HOLOGRAPHY**

Summary. There are the results over of researches of the use of holographic method of providing of the protracted and effective exploitation of agricultural technique are brought at the correction of lacks of constructing of details of machines in the article.

Key words: agricultural technique, detail, paw of cultivator, holography, ladening, hologram, microstrain, non-destructive control.