

УДК 621.9; 648.336.61

**ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ
ОПОРНЫХ ДЕТАЛЕЙ СУШИЛЬНЫХ БАРАБАНОВ**

И.В. Маслова, С.Ю. Лозовая, М.С. Чепчуров

*Кафедра «Механическое оборудование и технологии машиностроения»,
ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород;
iren_mas@list.ru*

Ключевые слова и фразы: крупногабаритные детали с нестационарной осью вращения; рациональные параметры проецирования при определении формы детали; стенд для экспериментальных исследований; устройство оперативной бесконтактной диагностики.

Аннотация: Описаны формы крупногабаритных деталей, вращающихся на двух роlikоопорах, с использованием механизма оперативной бесконтактной диагностики, которое состоит из лазерного устройства, видеоприемника и персонального компьютера. Лазерное устройство через насадку проецирует световую сетку, видеоустройство считывает с криволинейной поверхности детали отраженную геометрическую фигуру. По искажениям формы проецируемой фигуры и ее размерам матрицей видеоустройства определяются геометрические параметры детали. Проведены исследования факторов, влияющих на толщину линий проекции при бесконтактной оперативной лазерной диагностике: расстояние, угол и мощность проецирования световой сетки.

Для обеспечения работоспособности вращающихся технологических агрегатов требуется оперативная диагностика состояния поверхностей катания крупногабаритных деталей с нестационарной осью вращения, входящих в их состав. Для диагностики таких деталей в настоящее время часто используются лазерные трекаеры, тахеометры для определения расстояния до объекта, работающие на основе триангуляционного метода.

Предложен новый вид оперативной бесконтактной диагностики состояния наружной поверхности катания крупногабаритных деталей, вращающихся на двух роlikоопорах, основанный на использовании результатов видеоизображения проекции геометрической фигуры, считанной с наружной криволинейной поверхности детали. Геометрические параметры детали определяются в процессе ее технологического вращения, исходя из искажения формы фигуры, проецируемой лазерным устройством через дифракционную решетку в виде световой сетки на наружную криволинейную поверхность крупногабаритной детали [1, 2].

Для высушивания сыпучих материалов, использующихся в строительстве, применяются сушильные барабаны. На предприятии ОАО «Шебекинский меловой завод» установлены барабанные сушилки для сушки мела типа БН-2.0. Скорость вращения в зависимости от влажности загружаемого материала варьируется в пределах от 5 до 8 об/мин, диаметр барабана 2 м, длина – 12 м, мощность привода 30 кВт, производительность от 20 до 25 т/ч. На опорах барабанной сушилки проведена диагностика в процессе ее технологического вращения.

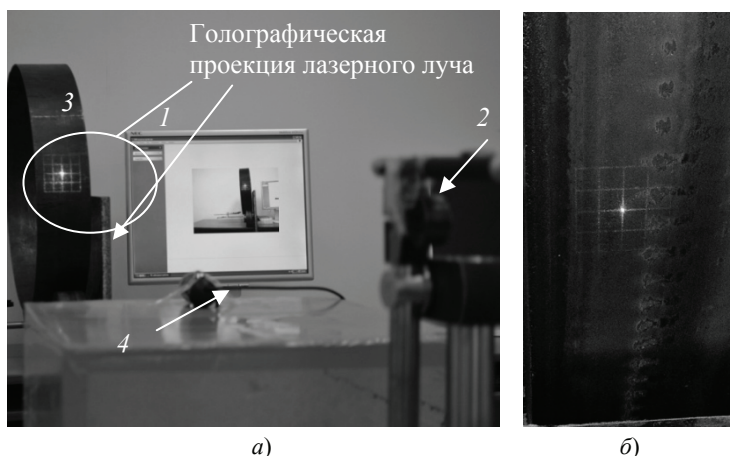


Рис. 1. Стенд в сборе (а) и вид проецируемой фигуры (б) на реальный бандаж

Определение параметров формы и погрешностей наружной поверхности осуществляется с помощью измерительного устройства [3], состоящего из лазерной установки 2 (рис. 1, а), проецирующей фигуру 3 через дифракционную решетку в виде прямоугольника на внешнюю цилиндрическую поверхность катания бандажа и видеоприемника 4, снимающего изображение проецируемой фигуры (см. рис. 1, б). По принятому видеоприемником отраженному изображению фигуры геометрические параметры световой сетки определяются матрицей видеоустройства и передаются на обработку в персональный компьютер.

Проецирующее устройство и видеокамера установлены на таком расстоянии от детали, которое позволяет провести «захват» проекции непосредственно на детали, при этом совмещаются оси лазерного устройства и видеокамеры. При несовмещении осей и неправильном выборе расстояния возникают искажения параметров фигуры (рис. 2), такие как смещение оси детали от вертикали; отклонение угла проецирования от нормали; попадание проекции за границу модели детали.

Проецируемая фигура видеоустройством воспринимается как набор пикселей в линиях, образующих ее. Для достижения точного результата измерения необходимо иметь толщину линий проекции равную одному пикселу. Специальный программный модуль обрабатывает считанное изображение, при этом вычисляет число пикселей в образующих линиях проекции и выбирает линию, где значение концентрации пикселей максимально. Толщина линии вычисляется по формуле:

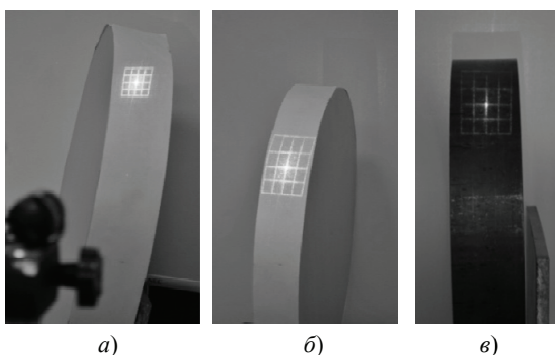


Рис. 2. Искажение параметров фигуры проекции:

а – при смещении оси детали от вертикали; *б* – при отклонении угла проецирования от нормали; *в* – при попадании проекции за границу модели детали

$b = \Delta \cdot n$, где b – толщина линии, мм; Δ – размер пиксела, мм (зависит от разрешающей способности матрицы: чем выше разрешающая способность матрицы, тем больше толщина линии в пикселах), например, для используемой матрицы видеокамеры 640×430 – $\Delta = 7,4$ мкм; n – число пикселов.

Основное влияние на качество лазерной сетки, проецируемой на поверхность детали, оказывают расстояние проецирования L , угол проецирования α и мощность излучения P . На основании анализа литературных источников и поисковых экспериментов установлено:

1) расстояние L между излучателем и поверхностью должно быть не менее 0,8 и не более 1,6 м, так как параметры световой проекции будут малы или увеличены соответственно, что приводит к накоплению погрешности измерений;

2) угол проецирования α целесообразно менять в пределах от 0,08 до 0,62 рад, в противном случае величина размеров проекции не позволит определить погрешность формы детали. При этом угол проецирования достаточно варьировать от 0,15 до 0,35 рад, так как для определения радиуса вписанной окружности бандажа цементной печи достаточно произвести измерения в 36 точках;

3) номинальная мощность P лазерной установки изменяется в диапазоне от 2,2 до 5,8 мВт, что обусловлено паспортными данными лазерного устройства.

Экспериментальные измерения проводились на ОАО «Шебекинский меловой завод» на бандажах сушильных барабанов.

Для составления уравнения регрессии, описывающего влияние основных факторов проецирования на качество линий считываемой проекции, применяется рототабельное равномерное планирование 2-го порядка и проводится полнофакторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 (таблица). В качестве искомой функции выступает толщина линий проекции b , влияющая на точность определения формы измеряемой детали.

В результате расчетов получили уравнение регрессии в кодированном виде и определили значимость факторов

$$y = 3,4 - 0,12x_1 + 0,37x_2 + 0,78x_3 - x_1x_2 + 0,5x_1x_3 + 0,5x_2x_3 + 0,05x_1^2 + 0,05x_2^2 + 0,2x_3^2, \quad (1)$$

где основные факторы представляются формулами:

$$x_1 = \frac{L \pm \Delta L}{L_H}; \quad x_2 = \frac{\alpha \pm \Delta \alpha}{\alpha_H}; \quad x_3 = \frac{P \pm \Delta P}{P_H}, \quad (2)$$

Исследуемые факторы и уровни варьирования ПФЭ 2^3

Факторы, уровни	Расстояние проецирования, L , м	Угол проецирования, α , рад	Мощность светового излучения, P , мВт
Кодированное обозначение	x_1	x_2	x_3
Интервал варьирования	0,20	0,10	1
Уровень:			
средний	1,20	0,25	4
верхний	1,40	0,35	5
нижний	1,00	0,15	3
Звездный уровень:			
нижний предел –1,68	0,86	0,08	2,3
верхний предел +1,68	1,54	0,42	5,7

где L , α , P – варьируемые факторы; L_n , α_n , P_n – средний уровень факторов; Δ_L , Δ_α , Δ_P – интервал варьирования основных факторов соответственно.

Значимость факторов распределилась следующим образом: $L = 11\%$, $\alpha = 29\%$, $P = 60\%$.

Получены трехмерные графические структуры, отображающие, при каких значениях основных факторов можно получить толщины линий проекции в 1, 3, 5, 9 пикселей. Толщина линии проекции в один пиксел является наилучшим вариантом при определении достоверных геометрических параметров объекта, но для крупногабаритных объектов такая точность измерений не требуется. Наиболее целесообразно с точки зрения соотношения «цена – качество» проектирование толщины линии в 3–5 пикселей (рис. 3).

Проведенные экспериментальные исследования показывают диапазоны изменения факторов, оказывающих влияние на требуемые толщины линий фигуры, проектируемой на криволинейную поверхность, в зависимости от нужной точности измерения, которые изменяются в пределах от 3 до 5 пикселей:

1) для линий проекции с толщиной 3 пикселя:

$L = 0,86 \dots 1,54$ мм; $\alpha = 0,12 \dots 0,21$ рад; $P = 2,3 \dots 5,5$ мВт;

2) для линий проекции с толщиной 4 пикселя:

$L = 0,86 \dots 1,54$ мм; $\alpha = 0,18 \dots 0,27$ рад; $P = 2,25 \dots 5,5$ мВт;

3) для линий проекции с толщиной 5 пикселей:

$L = 0,86 \dots 1,54$ мм; $\alpha = 0,25 \dots 0,38$ рад; $P = 4,2 \dots 5,5$ мВт.

Таким образом, для определения формы крупногабаритных деталей, вращающихся на двух роликоопорах, предложен новый вид оперативной бесконтактной диагностики, который состоит из лазерного устройства, видеоприемника и персонального компьютера. Проведены исследования факторов, влияющих на толщину линий проекции при бесконтактной оперативной лазерной диагностике:

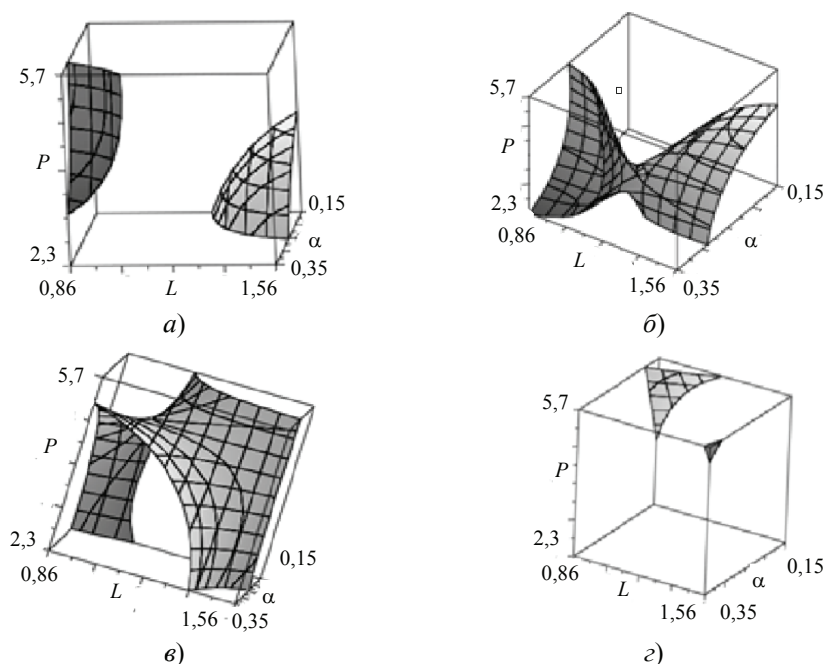


Рис. 3. Графические структуры, отражающие технологические параметры для получения линий проекции толщиной:

a – 1 пиксел; b – 3 пикселя; c – 5 пикселей; d – 9 пикселей

расстояние, угол и мощность проецирования, на основании которых обосновываются рациональные параметры процесса проецирования световой сетки на криволинейную наружную поверхность детали. Это дает возможность, используя информацию устройства определения формы и положения через блок управления, корректировать работу станочного модуля, управляя приводами поперечного и углового перемещения режущего инструмента [4, 5].

Использование лазерного дистанционного устройства в условиях ОАО «Шебекинский меловой завод» при восстановительном текущем ремонте деталей опор сушильных барабанов позволило сократить время измерения и уменьшить себестоимость работ примерно на 40 %. Оперативный контроль за состоянием поверхностей сушильных барабанов дает информацию о реальном состоянии поверхностей в целях своевременной восстановительной обработки, что увеличивает срок службы сушильного барабана в 1,5 раза.

Список литературы

1. Pogonin, A.A. Identyfikacja parametrów procesu technologicznego przy obróbce niestacjonarnymi modulami obrabiarkowymi / A.A. Pogonin, A.W. Churtasenko, M.S. Czeczurow // *Modulowe technologie i konstrukcje w budowie maszyn : materiały IV Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej / Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. – Rzeszów, 2006. – P. 67–70.*

2. Пат. 110181 U1 Российская Федерация, МПК G 01 B 11/00. Устройство для определения погрешности формы крупногабаритных объектов / Чепчуров М.С., Маслова И.В., Хуртасенко А.В. ; заявитель и патентообладатель Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова. – № 2011120357/28 ; заявл. 20.05.2011 ; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31. – 2 с.

3. Чепчуров, М.С. Управление колебаниями режущего инструмента при токарной обработке крупногабаритных деталей / М.С. Чепчуров, И.В. Маслова, А.В. Хуртасенко // *Вестн. Брянского гос. техн. ун-та. – 2010. – № 2(26). – С. 31–35.*

4. Маслова, И.В. Обоснование использования управляемого процесса при восстановлении формы крупногабаритного тела вращения, не имеющего стационарную ось вращения / И.В. Маслова, А.Н. Блудов // *Вестн. Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 3. – С. 76–79.*

5. Пат. 101952 U1 Российская Федерация, МПК В 23 В 5/00. Станочный модуль для восстановительной обработки бандажей и роликов / Маслова И.В., Погонин Д.А., Хуртасенко А.В., Чепчуров М.С. ; заявитель и патентообладатель Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова. – № 2010138151/02 ; заявл. 14.09.2010 ; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 4. – 2 с.

Remote Diagnostics of Supporting Components of Drying Drums

I.V. Maslova, S.Y. Lozovaya, M.S. Chepchurov

*Department “Mechanical Equipment and Engineering Technology”,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod;
iren_mas@list.ru*

Key words and phrases: bench for experimental studies; device for operational noncontact diagnostics; large-size details with a non-stationary spin axis; rational parameters of projection to determine the shape of the part.

Abstract: The paper describes the procedure of identification of the shape of large-size parts rotating on a two-roller support by the device of operational noncontact diagnostics, which consists of a laser device, a video receiver and a personal computer. The laser device projects a luminous grid through a nozzle, the video device reads out the reflected geometrical figure from the curvilinear surface of a part. Geometrical parameters of a part are determined by distortions of the shape of a projected figure and its parameters by a video device matrix. Studies of the factors influencing the thickness of drop lines in case of noncontact operational laser diagnostic are made. These include distance, angle and capacity of projection of a luminous grid.

Ferndiagnostik des Zustandes der Stützdetaile der Trockentrommeln

Zusammenfassung: Es ist die Form der großkalibrigen Details, die sich auf der zwei Rollenlagerungen drehen, bestimmt. Es wird die Einrichtung der operativen berührungslosen Diagnostik, die aus der Lasereinrichtung, des Video-Empfängers und des Personalcomputers besteht, benutzt. Die Lasereinrichtung durch den Aufsatz projiziert das Lichtnetz, die Video-Einrichtung lest von der krummlinigen Oberfläche des Details die widergespiegelte geometrische Figur aus. Nach den Entstellungen der Form der projizierenden Figur und ihren Parametern klären sich die geometrischen Parameter des Details von der Matrix der Video-Einrichtung. Es sind die Forschungen der Faktoren, die die Dicke der Linien der Projektion bei der kontaktlosen operativen Laser- Diagnostik beeinflussen, durchgeführt: die Entfernung, der Winkel und die Macht des Projizierens des Lichtnetzes.

Diagnostic de distance de l'état des détails d'appui des cylindres de séchage

Résumé: La définition de la forme de gros détails tournants sur deux rouleaux transporteurs avec l'emploi du diagnostic de distance qui se compose du dispositif laser, de la vidéo et du micro-ordinateur. Le dispositif laser projète à partir du garnissage le grillage lumineux, le dispositif vidéo lit à partir du surface curviligne du détail la figure géométrique reflétée. Par les altérations de la forme de la figure projetée et ses paramètres sont définis les paramètres géométriques du détail par la matrice du dispositif vidéo. Sont effectuées les études des facteurs qui influencent sur l'épaisseur des lignes de la projection lors du diagnostic opératif de laser: distance, angle et puissance de la projection du grillage lumineux.

Авторы: *Маслова Ирина Викторовна* – аспирант кафедры механического оборудования; *Лозовая Светлана Юрьевна* – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры механического оборудования; *Ченчуров Михаил Сергеевич* – доктор технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород.

Рецензент: *Афанасьев Александр Александрович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Стандартизация и управление качеством», ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород.