

**УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРОГИБА ВАЛА  
ОТ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ КОНТАКТА**

**ESTABLISHMENT OF THE SHAFT CRIPPING DEPENDENCES  
FROM THE PARAMETRES OF A CONTACT ZONE**

*А.Н. МАРИНИН, Ю.Г. ФОМИН, А.Г. СВИРИДОВ, И.А. СВИРИДОВ*  
*A.N. MARININ, JU.G. FOMIN, A.G. SVIRIDOV, I.A. SVIRIDOV*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**  
**(Ivanovo State Textile Academy)**  
E-mail: ttp@igta.ru

*Работа посвящена исследованию прогиба валов и параметров зоны контакта отделочных машин, предназначенных для реализации различных технологических процессов обработки ткани: отжима, шлихтования, каландрирования, плюсования и др. В работе установлена зависимость прогиба вала от параметров зоны контакта на основе полученных данных о деформации на каждом его участке по методике фотоупругости [2], что позволяет выявить конструктивные недостатки валов и неточности монтажа.*

*The paper is devoted to the research of the shafts crippling and parametres of a contact zone of the finishing machines intended for the realization of various technological processes, etc. The dependence of a shaft crippling on the parametres of a contact zone on the basis of the received data on deformation on each of its zone by a photoelasticity technique that allows to reveal constructive lacks of shafts and an installation discrepancy has been established in the paper.*

**Ключевые слова:** валковый модуль, прогиб вала, полная нагрузка на поверхности контакта, интенсивность нагрузки, ширина площадки контакта.

**Keywords:** a roll module, a shaft crippling, a full loading on a contact surface, loading intensity, width of a contact deck.

Валковые модули текстильных отделочных машин предназначены для реализации различных технологических процессов обработки ткани: отжима, шлихтования, каландрирования, плюсования и др. Конструктивно валковый модуль представляет собой валковый механизм, в котором один из валов имеет эластичное покрытие. Под действием нагрузки в зоне контакта валов возникает местная деформация, обуславливающая появление площадки контакта определенной ширины. При идеальной упругости материалов нормальное контактное напряжение по ширине площадки распределяется по эл-

липтическому закону. Для реальных материалов, обладающих свойствами упругости, вязкости и пластичности, закономерность распределения напряжений отличается от эллиптической. Прогиб валов под действием рабочей нагрузки приводит к неравномерному распределению ее интенсивности вдоль оси вала и значительно влияет на конечные свойства технологического продукта [1].

Определение закономерности распределения нагрузки и кривой прогиба оси вала на основе полученных данных о деформации на каждом его участке по методике фотоупругости [2] позволяет вы-

явить конструктивные недостатки валов и неточности монтажа.

Для выявления закономерности распределения нагрузки исследуемый вал разделялся на  $n$  участков, к каждому из которых приложена равнодействующая элементарная сила  $dP$ . Исследуемый участок вала представлен на рис. 1.

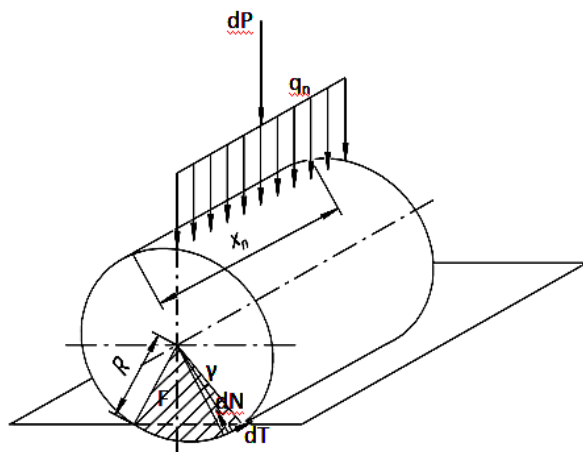


Рис. 1

Длина каждого исследуемого участка определяется по графической зависимости деформации от ширины вала, полученной в результате проведенного эксперимента на лабораторном каландре КЛ-2/20 по методике [2]. Участок выбирается так, чтобы на протяжении его длины деформация изменялась в небольших пределах (рис. 2).

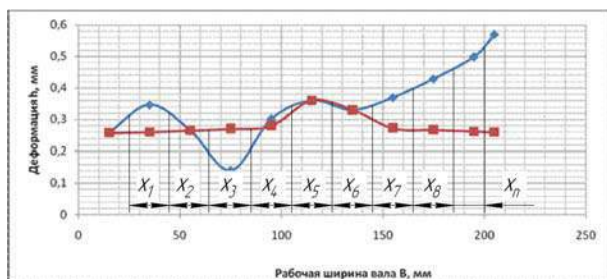


Рис. 2

Элемент покрытия (рис. 1) деформируется силой  $dP$ , которая на поверхности

контакта разлагается на нормальную  $dN$  и касательную  $dT$  составляющие:

$$dN = dP \cos \gamma; \quad dT = dP \sin \gamma. \quad (1)$$

Отсюда распределение нормальных и касательных напряжений по дуге контакта:

$$n = \frac{dN}{dF_k} = \kappa_0 \frac{R^{f+1}}{\ell} \left(1 - \frac{\cos \alpha}{\cos \gamma}\right)^{f+1} \cos^2 \gamma, \quad (2)$$

$$t = \frac{dT}{dF_k} = \kappa_0 \frac{R^{f+1}}{\ell} \left(1 - \frac{\cos \alpha}{\cos \gamma}\right)^{f+1} \sin \gamma \cos \gamma, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – половина угла контакта;  $\gamma$  – угол, определяющий положение элемента.

При одной нагрузке, но различных свойствах покрытия или обрабатываемого материала среднее напряжение на поверхности контакта и длина дуги контакта неодинаковы. Выражение для полной нагрузки на поверхности контакта имеет вид:

$$dP = \frac{E \Delta \ell F}{\ell} = \frac{E \Delta \ell B_n \sqrt{R^2 - \frac{B_n^2}{4}}}{2\ell}, \quad (4)$$

где  $B_n$  – ширина площадки контакта  $n$  участка, мм;  $R$  – радиус вала, мм.

Интенсивность нагрузки на  $n$  исследуемом участке определена по следующей зависимости:

$$q_n = \frac{E \Delta \ell F}{\ell x_n} = \frac{E \Delta \ell B_n \sqrt{R^2 - \frac{B_n^2}{4}}}{2\ell x_n}, \quad (5)$$

где  $x_n$  – длина контролируемого  $n$  участка, мм.

С помощью метода профессора Б.Н. Жемочкина с учетом выражений (4), (5) получена зависимость прогиба от деформации эластичного покрытия вала:

$$EI_y = EI_0 + EI\theta_0 \frac{x}{1!} + \sum \frac{E\Delta\ell_n B_n \sqrt{R^2 - \frac{B_n^2}{4}} x_n}{2\ell} \frac{(x_n - a_k)^2}{2!} +$$

$$+ \sum \frac{E\Delta\ell_n B_n \sqrt{R^2 - \frac{B_n^2}{4}} (x_n - a_k)^3}{2\ell} \frac{(x_n - a_k)^3}{3!} + \sum \frac{E\Delta\ell_n B_n \sqrt{R^2 - \frac{B_n^2}{4}} x_n}{2\ell} \frac{(x_n - a_k)^4}{4!}, \quad (6)$$

где  $E$  – модуль упругости материала вала;  $y$  – прогиб сечения вала на расстоянии  $x$  от начала координат;  $y_0$  и  $\theta_0$  – прогиб и угол поворота сечения вала в начале координат;  $a_k$  – расстояние от начала координат до начала действия данного силового фактора;  $\Delta\ell_n$  – деформация  $n$  участка эластичного покрытия вала;  $B_n$  – ширина площадки контакта валов;  $R$  – радиус вала с эластичным покрытием;  $x_n$  – расстояние от начала отчета до  $n$  участка вала.

Выразим деформацию эластичного покрытия вала геометрически.

На рис. 3 изображена валковая пара каландра лабораторного КЛ-2/20, на примере которой определим зависимость ширины площадки контакта от прогиба вала.

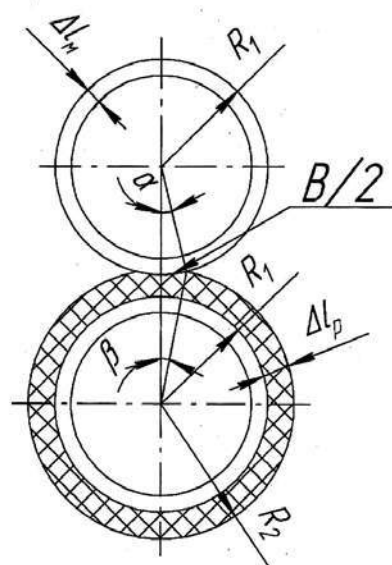


Рис. 3

$$R_1 + R_2 - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} - \sqrt{R_2^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \Delta\ell_p + 2\Delta\ell_m, \quad (7)$$

где  $R_1, R_2$  – радиусы первого и второго вала соответственно, мм;  $B$  – ширина площадки контакта, мм;  $\Delta\ell_p$  – деформация эластич-

ного покрытия вала, мм;  $\Delta\ell_m$  – деформация вала (прогиб вала), мм.

$$\Delta\ell_m = \frac{R_1 + R_2 - \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} - \sqrt{R_2^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} - \Delta\ell_p}{2}. \quad (8)$$

По результатам проведенных экспериментов и расчетов определены: нагрузка на вал, интенсивность распределенной нагрузки, ширина площадки контакта и деформация эластичного покрытия в  $n$  участках. Полученные данные позволяют в полном объеме описать процессы, происходящие при обработке материала. На основании этого составлен комплекс мероприятий, необходимых для повышения качества обработки ткани в условиях экс-

плуатации машин. С учетом проведенного анализа данных определены направления развития и модернизации валкового оборудования на стадии проектирования для повышения производительности и качества обработки. Разработана новая конструкция малопрогибного вала, и получен патент на полезную модель [3]. В ходе лабораторных испытаний малопрогибного вала в составе лабораторного каландра

КЛ-2/20 получены результаты измерений прогиба с помощью методики [2].

Лабораторные испытания показали, что максимальный прогиб вала с рабочей шириной 200 мм составляет 0,0017 мм. По результатам измерений получена кривая прогиба вала (рис. 4).



Рис. 4

## ВЫВОДЫ

1. Установлены зависимости прогиба вала от параметров зоны контакта и разработана новая конструкция малопрогибного вала.

2. В результате лабораторных испытаний на основании метода фотоупругости и лазерного устройства определен прогиб представленного вала на 12 участках и его максимальная величина – 0,0017 мм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бельцов В.М. Оборудование текстильных отделочных предприятий. – СПб: СПбГУТД, 2001.
2. Маринин А.Н., Фомин Ю.Г., Свиридов А.Г. Оценка деформации эластичного покрытия наборного вала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №1. С. 83...86.
3. Патент на полезную модель № 94234 МПК D06C 15/08. Отжимной вал для машин отделочного производства / Фомин Ю.Г., Свиридов И.А., Маринин А.Н., Свиридов А.Г.; заявитель и патентообладатель Ивановская государственная текстильная академия. – № 2010100570/22; заявл. 11.01.2010; опубл. 20.05.2010, Бюл. № 14 – 2е.: ил.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 30.05.11.