

Пропорциональную поверхность теплопередачи сушильного цилиндра, соприкасающуюся с воздухом, определяем по формуле (м<sup>2</sup>):

$$F_{ec} = \frac{1-\beta}{\beta} F_c = \frac{1-0,65}{0,65} \cdot 13,5 = 7,26.$$

После теплоизоляции торцовых крышек поверхность сушильного цилиндра, соприкасающаяся с воздухом, пропорционально сокращается на  $\Delta F$  (%):

$$\Delta F = \frac{F_s - F_{ec}}{F_s} = \frac{8,45 - 7,26}{8,45} \cdot 100 = 14. \quad (5)$$

Отметим, что теплоизоляция торцовых крышек всех сушильных цилиндров не только снизит температуру масла в системе циркуляционной смазки на входе в подшипниковые опоры, но и сократит расход пара, подаваемого в сушильные цилиндры.

#### Библиографический список

1. Бушмелев В.А. Процессы и аппараты целлюлозно-бумажного производства: учебник [для техникумов целлюлозно-бум. промышленности] / В.А. Бушмелев, Н.С. Вольман. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 408 с.

2. Жучков П.А. Тепловые процессы в целлюлозно-бумажном производстве / П.А. Жучков. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 408 с.

УДК 676.056.23

Студ. К.П. Радинская, И.И. Ордин  
Рук. Н.В. Куцубина  
УГЛТУ, Екатеринбург

### **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРЕЩИН В РУБАШКАХ ТРУБЧАТЫХ ВАЛОВ**

Бумагоделательные машины (БМ) – это многороторные агрегаты, состоящие из сотен трубчатых валов: сетко-, сукно- и бумаговедущих, вращающихся на значительных скоростях в неблагоприятных условиях.

Трубчатый вал представляет собой тонкостенную трубу из стали, латуни, алюминия или иного металла с толщиной стенки 3,5–30 мм. На ее

концах запрессовываются чугунные патроны, а в них – стальные цапфы. Валы, как и сами БМ, имеют длительный срок эксплуатации, достигающий 50 лет. Возможны усталостные разрушения материала валов.

Усталость металла объясняется образованием в наиболее «слабом» месте микроскопической трещины, которая под действием знакопеременной нагрузки растет и достигает видимых простым глазом размеров. В вершине трещины резко повышаются напряжения. Это вызывает ее дальнейшее распространение и прогрессирующий рост напряжений. В конечном итоге, когда напряжения превысят предел прочности металла, материал быстро разрушается [1].

Трещины в трубчатых валах относятся к распространенным трудно распознаваемым дефектам и повреждениям, обладающим высокой степенью риска. Нам стали известны случаи поломок трубчатых валов БМ из-за появления поперечных трещин на рубашке вала, которые привели к значительному экономическому ущербу. Поэтому своевременная и достоверная диагностика трещин, образующихся в рубашках трубчатых валов с большим сроком эксплуатации, актуальна. В работе обсуждаются возможные методы диагностики трещин рубашек валов.

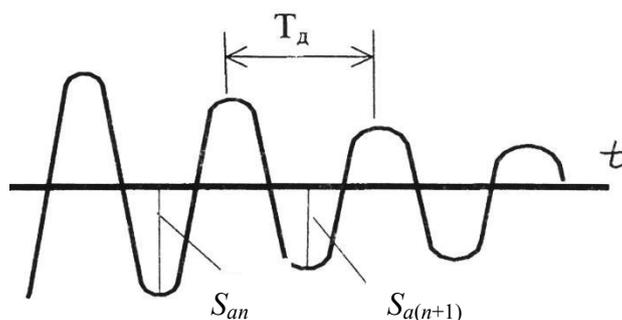
Трещины в валах и других конструкциях выявляются методами ультразвукового контроля, магнитно-порошковой дефектоскопии. Однако использование ультразвуковой дефектоскопии при определении трещин в обрешиненной рубашке вала проблематично, так как резина, другие полимерные покрытия хорошо рассеивают энергию ультразвуковых колебаний.

Диагностика поперечных трещин в валах возможна по радиальному биению. Суть метода заключается в измерении радиальных биений сечений вала в вертикальной плоскости и определении параметра, характеризующего наличие или отсутствие трещины.

Существуют способы диагностики трещин валов в местах, недоступных для визуального осмотра и дефектоскопии. Они основаны на изменении изгибной жесткости вала, вызванном трещиной. Изгибная жесткость вала измеряется косвенными методами, например, по уклонам шеек вала, связанных с прогибом от собственного веса.

Для выявления трещин в рубашках валов могут использоваться вибрационные методы, отличающиеся простотой, возможностью их реализации непосредственно на машине. В основе вибрационных методов лежит физическая предпосылка, заключающаяся в том, что наличие трещины приводит к локальному изменению жесткости вала, и, следовательно, к уменьшению его собственных частот [2].

Собственные частоты валов определяются по записи затухающих колебаний при мгновенном нагружении или снятии нагрузки. Мгновенное нагружение осуществляется ударом по конструкции вала. Кривая свободных затухающих колебаний массы показана на рисунке.



Затухающие колебания

Амплитуды виброперемещения уменьшаются по закону геометрической прогрессии. величиной, характеризующей интенсивность затухания, служит логарифмический декремент, равный натуральному логарифму отношения двух последовательных амплитуд  $S_{an}$  и  $S_{a(n+1)}$ :

$$\Lambda = \ln \frac{S_{an}}{S_{a(n+1)}}.$$

Частота свободных затухающих колебаний определяется по периоду затухающих (демпфированных) колебаний  $T_d$  (сек.) (Гц):

$$f_0 \approx f_{0d} = \frac{1}{T_d}.$$

#### Библиографический список

1. Куцубина Н.В. Совершенствование технической эксплуатации бумагоделательных и отделочных машин на основе их виброзащиты и вибродиагностики: монография / Н.В. Куцубина, А.А. Санников. – Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2014. – 140 с.

2. ГОСТ 26493-85. Вибрация. Технологическое оборудование целлюлозно-бумажного производства. Нормы вибрации. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.