

Научная статья
УДК 676.056.23/.27

О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Татьяна Вениаминовна Калимулина¹, Нелли Валерьевна Куцубина²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ tatiana.vp@mail.ru

² kushubinanv@m.usfeu.ru

Аннотация. В работе рассматриваются методы оценки технического состояния сеточных частей бумагоделательных машин на основе измерений параметров вибрации узлов и конструкций сеточной части.

Ключевые слова: бумагоделательная машина, техническое состояние, сеточная часть, вибрация

Original article

ON METHODS FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF PAPER MACHINE MESH PARTS

Tatiana V. Kalimulina¹, Nelli V. Kutsubina²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ tatiana.vp@mail.ru

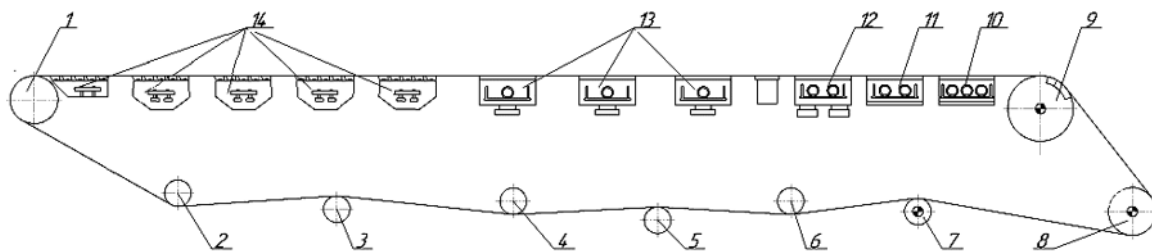
² kushubinanv@m.usfeu.ru

Abstract. The paper considers methods of estimation of technical condition of mesh parts of paper machines on the basis of measurements of vibration parameters of assemblies and constructions of mesh parts.

Keywords: paper machine, technical condition, forming part, vibration

Бумагоделательные машины (далее – БМ) – основной вид технологического оборудования, используемого в производстве бумаги и картона и работающего в непрерывном режиме. Основной составной частью БМ является сеточная (формующая) часть. В сеточной части осуществляются технологические процессы преобразования бумажной массы в бумажное полотно, определяющие производительность машины и качество готовой продукции [1].

Наиболее распространенными в России являются формирующие части с плоскими сеточными столами (рис. 1). Формование бумажного полотна происходит на бесконечной сетке, которая движется по обезвоживающим элементам: формирующим ящикам, регистровым валикам, гидропланкам, мокрым и сухим отсасывающим ящикам. Для регулирования натяжения сетки в нижней части сеточного стола установлены сетководущие, сеткоправильные валы и сетконатяжные устройства.



1 – грудной вал; 2,5 – сетководущие валы; 3,6 – сетконатяжные валы; 4 – сеткоправильный вал; 7 – сеткоприводной вал; 8 – приводной сеткоопоротный вал; 9 – приводной защ-вал; 10 – трехкамерный плоский отсасывающий ящик; 11 – двухкамерный плоский отсасывающий ящик; 12 – двухкамерный отсасывающий ящик (вакуумфойл); 13 – мокрые отсасывающие ящики; 14 – пакеты гидропланок

Рис. 1. Схема плоскосеточного стола БМ

Основным диагностическим признаком технического состояния конструкций сеточной части БМ является вибрация. Многие виды износов и повреждений деталей и узлов оборудования изменяют динамические характеристики их составных частей, что приводит к возбуждению вибрации или изменению ее параметров.

Вибрация составных частей сеточного стола оказывает существенное влияние на качественные характеристики бумажного полотна. Отказ одного из элементов или даже составной части приводит к остановке всей БМ, поэтому для обеспечения безаварийной работы оборудования на предприятиях вводится наиболее прогрессивный метод оценки технического состояния – система планово-предупредительных ремонтов (ППР) с элементами ремонтов по состоянию [2].

К структурным параметрам технического состояния (ТС) сеточных частей, снижающим срок службы валов, сеток и влияющим на качественные характеристики выпускаемой продукции, относятся: неуравновешенность валов; ослабление креплений, малая жесткость опорных конструкций, раскрытие стыков, повышенные зазоры; резонансная или околорезонансная вибрация валов.

Для выявления технического состояния измеряются средние квадратические значения (СКЗ) виброскорости (в отдельных случаях амплитуды виброперемещений) подшипниковых опор валов и станин сеточной части

в трех взаимно перпендикулярных направлениях (x , y , z), и сравниваются с нормативными значениями, приведенными в ГОСТ 26493-85 [3].

Путем спектрального анализа вибросигнала идентифицируется вибрация, т. е. выявляются ее причины. Так, неуравновешенность проявляется на оборотных частотах валов, малая жесткость опорных конструкций, раскрытие стыков, повышенные зазоры – на частотах, равных и кратным оборотным частотам.

Неудовлетворительное соотношение собственных частот колебаний и частот вращения приводит к неустойчивой работе оборудования.

Собственные частоты конструкций сеточной части могут определяться расчетными и экспериментальными методами.

Экспериментально собственные частоты колебаний определяются путем приложения или снятия мгновенной нагрузки на конструкцию. Мгновенное нагружение осуществляется ударом по конструкции. Кривая свободных затухающих колебаний массы показана на рис. 2.

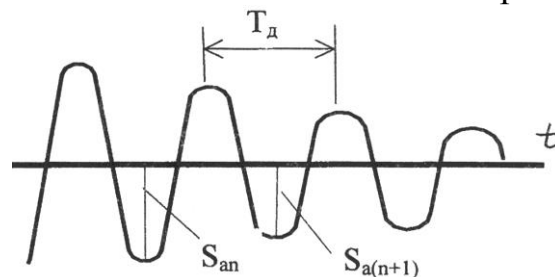
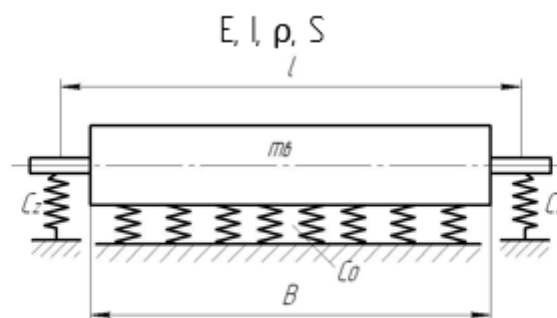


Рис. 2. Затухающие колебания

Собственная частота колебаний конструкции определяется по периоду затухающих (демпфированных) колебаний T_d , сек.:

$$f_0 \approx f_{0D} = \frac{1}{T_d}, \text{ Гц.} \quad (1)$$

Расчетная модель сетководящего вала для вибрационного расчета представлена на рис. 3.



C_z – коэффициент жесткости упругих сосредоточенных опор (подшипниковых опор вала); C_0 – коэффициент жесткости упругого распределенного основания (сетки)

Рис. 3. Расчетная модель для вибрационного расчета вала

Значения собственных частот валов сеточных частей определяются по формуле:

$$f_{кр} = \frac{1}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EI(\lambda^4 + \eta_0)}{\rho S}}, \text{ Гц}, \quad (2)$$

где $EI/(\rho \cdot S \cdot l^4)$ – массово-жесткостные характеристики вала; λ – безразмерный коэффициент, учитывающий массово-жесткостные характеристики сосредоточенных опор, определяемый из частотного уравнения; η_0 – относительная жесткость упругого распределенного основания, $\eta_0 = \frac{C_0 l^4}{EI}$;

C_0 – коэффициент жесткости упругого распределенного основания.

Собственная частота вала зависит от жесткости вала, жесткости упругого распределенного основания (сетки) и жесткости упругих сосредоточенных опор (подшипниковых опор вала) [1–4].

При увеличении натяжения сетки жесткость упругого распределенного основания C_0 возрастает, что приводит к увеличению собственных частот валов.

По вибрационному состоянию конструкций и узлов определяются границы устойчивой и неустойчивой работы сеточной части. В период устойчивой работы параметры вибрации узлов и конструкций находятся в пределах допустимых значений, при неустойчивой работе – превышают допустимые нормативные значения. Это, как правило, происходит при резонансных и околорезонансных колебаниях тех или иных узлов и конструкций [4].

В соответствии с требованиями ГОСТ 26563-85 частоты возбуждающих колебания сил f , Гц при проектировании оборудования должны находиться в пределах

$$1,3f_0 \leq f \leq 0,7f_0, \quad (3)$$

где f_0 – собственная частота колебаний конструкции.

При определении границ устойчивой работы оборудования необходимо учитывать возможность возникновения супер- и субрезонансов. Суперрезонанс возникает на частотах, равных удвоенной частоте возбуждающих колебания сил, а субрезонанс – на частотах, равных половине частоты. Области частот нежелательной работы конструкций при супер-резонансах и субрезонансах определяются зависимостями:

$$f = (1,7 \dots 2,3)f_0 \text{ и } f = (0,42 \dots 0,57)f_0. \quad (4)$$

Приведенная методика позволяет не только эффективно оценивать, но и прогнозировать техническое состояние сеточных частей БМ при изменении режимов ее работы.

Список источников

1. Александров А. В. Алашкевич Ю. Д. Оборудование ЦБП. Часть II. Бумагоделательные машины. СПб : ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. 96 с.
2. Куцубина Н. В., Васильев В. В., Исаева К. С. О путях совершенствования технического обслуживания и ремонта оборудования ЦБП // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : материалы XIII Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 02–04 февраля 2021 года. Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. С. 406–409.
3. ГОСТ 26563-85. Вибрация. технологическое оборудование целлюлозно-бумажного производства. Методы и средства защиты. М., 1985. 7 с.
4. Куцубина Н. В., Санников А. А. Совершенствование технической эксплуатации бумагоделательных и отделочных машин на основе их виброзащиты и вибродиагностики. Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. 144 с.