

УДК 676. 024. 61

С. Н. Вихарев, В. П. Сиваков, Е. Г. Сафронов,  
Ю. С. Вихарева

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАШИН - ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ  
ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

*Ключевые слова: бумагоделательная машина, фундамент, станина, трещина, жесткость.*

*Динамические испытания бумагоделательной машины показали уменьшение частот собственных колебаний и жесткости фундамента. При тщательном осмотре фундамента обнаружены трещины. Даны рекомендации по усилению и ремонту фундамента.*

*Key words: paper machine, base, bed, crack, rigidity.*

*Dynamic tests paper machine have shown reduction of frequencies own fluctuations and rigidity of the base. At careful survey of the base cracks are found out. Recommendations on strengthening and repair of the base are given.*

ОАО «Соликамскбумпром» совместно со специалистами Уральского государственного лесотехнического университета (г. Екатеринбург) провел комплексные динамические испытания всех четырех бумагоделательных машин. Получены оптимальные скоростные режимы работы машин, разработаны методики определения остаточной неуравновешенности и конденсата в сушильных цилиндрах, проведены выверки машины и ее элементов, выявлены источники колебаний массы квадратного метра бумаги [1]. Дефектов фундаментов при обследовании машин в 2006 году обнаружено не было. Эксплуатация бумагоделательного оборудования сопровождается большими динамическими нагрузками [2].

При последующей эксплуатации бумагоделательной машины (БДМ) №1 произошло повышение амплитуды вибрации станины третьей сушильной группы. Повторные динамические испытания БДМ № 1 были выполнены в январе 2009 года. Выявлено уменьшение низшей собственной изгибной частоты колебаний станины третьей сушильной группы. Это вызвано уменьшением жесткости фундамента из-за наличия дефектов. При тщательном осмотре обнаружены трещины в колоннах фундамента БДМ (рис.1).

Длины трещин составляют от 200 до 600 мм. При работе машины стороны трещин имели относительные перемещения, т. е. в местах образования трещин образовался своеобразный «шарнир», который уменьшил жесткость фундамента. Это привело к изменению динамических характеристик сушильной группы. Кроме того, раскрытие и закрытие трещин на колоннах способствовало их развитию. Частота раскрытия трещин соответствовала частоте вращения сушильных цилиндров. При осмотре выявлено, что железобетонная шинная балка и колонны с приводной стороны пропитаны машинным маслом, которое подтекает из паразитного привода. Это привело к уменьшению прочностных свойств железобетона.

Амплитуда вибрации станины третьей сушильной группы за период между обследованиями

при одной и той же скорости 1000 м/мин возросла в поперечном направлении с 1,4 мм/с до 5,4 мм/с, в продольном – с 1,3 мм/с до 6,9 мм/с. Амплитуда вибрации станины увеличилась в поперечном направлении в 3,9 раза, в продольном в 5,9 раз. Особенно амплитуда вибрации увеличилась с приводной стороны станины. Это вызвано уменьшением жесткости фундамента из-за наличия дефектов.



**Рис. 1 - Трещина в колонне КМ-9 с приводной стороны третьей сушильной группы БДМ**

Низшая частота собственных изгибных колебаний фундамента за период между обследованиями понизилась в поперечном направлении с 3,8 - 3,9 Гц до 3,3 - 3,4 Гц, в продольном направлении с 8,4 - 8,6 Гц до 7,7 - 8,0 Гц.

Причиной такого снижения является наличие дефектов фундамента. Это соответственно привело к уменьшению критической скорости машины от центробежных сил инерции сушильных цилиндров с 1050 - 1110 м/мин до 950 - 980 м/мин.

Выполненные исследования показывают, что дефекты фундамента изменили динамические характеристики сушильной группы бумагоделательной машины.

Фундамент третьей сушильной группы имеет рамную конструкцию, колонны которого совершают изгибные колебания в виде обратного маятника. Фундаменты и БДМ, как правило, проектируются различными организациями. Динамические расчеты фундаментов и бумагоделательной машины производятся совместно, так как они составляют единую конструкцию, которая воспринимает статические и динамические нагрузки от валов и цилиндров. Низшая частота собственных изгибных колебаний фундамента

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} (c/m)^{1/2},$$

где  $c$  – жесткость фундамента,  $m$  – масса третьей сушильной группы.

Масса сушильной группы за период между динамическими испытаниями практически не изменилась, а частота свободных колебаний понизилась. Следовательно, жесткость фундамента из-за наличия дефектов понизилась на 24 % в поперечном направлении и на 15 % в продольном.

После анализа причин образования трещин фундамента был проведен его ремонт и усиление (рис.2).



**Рис. 2 - Усиление фундамента сушильной части БДМ**

Установлены элементы жесткости фундамента и выполнен ремонт дефектных колонн.

Относительные изменения жесткости, собственных частот и амплитуд колебаний фундамента по сравнению с бездефектным фундаментом представлены в табл.1.

Проанализированы причины возникновения дефектов фундамента:

- коррозия арматуры под воздействием избыточной влажности (пары воды и конденсат);

- резкие перепады температуры при эксплуатации и экстремальных ситуациях (например, при пожаре, сливе горячего конденсата из сушильных цилиндров);

- неравномерная просадка (5,4 мм) и деформации фундаментов колонн, вызываемые общими и локальными изменениями гидрогеологических свойств грунта;

- низкая жесткость фундамента, которая заложена в его проект;

- коррозия бетона из-за машинного масла, подтекающего из паразитного привода машины;

- повышенные динамические нагрузки от центробежных сил инерции неуравновешенных масс сушильных цилиндров и сетководущих валиков.

**Таблица 1 - Относительные изменения жесткости, собственных частот и амплитуд колебаний фундамента в %**

Параметр	До ремонта	После ремонта и усиления
1. Жесткость на изгиб:		
в поперечном направлении	- 24	+ 5
в продольном направлении	- 15	+ 9
2. Низшая собственная частота изгибных колебаний:		
в поперечном направлении	- 15	+ 3
в продольном направлении	- 8	+ 5
3. Амплитуда вынужденных колебаний при скорости $V_M = 1000$ м/мин:		
в поперечном направлении	+ 390	- 7
в продольном направлении	+ 590	-2

Частоты свободных колебаний отремонтированного и усиленного фундамента увеличились на 3 % - 5% по сравнению с бездефектным фундаментом. Жесткость отремонтированного и усиленного фундамента соответственно увеличилась на 5- 9%. Это привело к смещению резонансных зон станины. Сейчас резонансные колебания станины от центробежных сил инерции сушильных цилиндров проявляются на скоростях машины  $V_M = 1120...1150$

м/мин, от сетководущих валов – при  $V_M = 780 \dots 790$  м/мин .

Как показали проведенные исследования, комплексные динамические испытания машин являются эффективным методом оценки их технического состояния.

Следует систематически контролировать колебания станины и фундамента и при их увеличении выявлять и предупреждать причины их возникновения.

## Литература

1. Ложкин Г.А., Мусихин В.Ф., Вихарев С.Н., Сиваков В.П., Санников А.А. Комплексные динамические испытания оборудования целлюлозно-бумажных производств // Целлюлоза, бумага, картон. -2006, № 11. С.46-48.
2. Вихарев С.Н., Сиваков В.П., Вихарева Ю.С. Динамика роторов дисковых мельниц // Вестник КГТУ, 2012, №7, С. 148-150.

---

© **С. Н. Вихарев** - к. т. н., доц. каф. машин и оборудования целлюлозно-бумажных производств, Уральский госуд. лесотехн. ун-тет, sbr200558@mail.ru; **В. П. Сиваков** – д.т.н., проф. той же кафедры; **Е. Г. Сафронов** – гл. механик ОАО «СОЛИКАМ-СКБУМПРОМ»; **Ю. С. Вихарева** – студ. Уральского госуд. лесотехн. ун-тета.