

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 нижней 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  $f_0 = (c/m)^{1/2}$ , 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  $V_M = 780...790$  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.