

Научная статья
УДК 676.056.23/.27

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕССОВЫХ ВАЛОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Иван Вячеславович Перескоков¹, Нелли Валерьевна Куцубина²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ pereskokov_@mail.ru

² nelly3416@mail.ru

Аннотация. В статье показана необходимость моделирования прессовых валов бумагоделательных машин. Приведены динамические и математические модели прессовых валов для исследования вибрационных процессов и прогнозирования остаточного ресурса. Рассмотрены основные причины, вызывающие вынужденные колебания валов прессовых частей бумагоделательных машин.

Ключевые слова: прессовые валы, бумагоделательная машина, динамические воздействия, динамическое моделирование, вибрация

Original article

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR DYNAMIC MODELING OF PRESS SHAFTS OF PAPERMAKING MACHINES

Ivan V. Pereskokov¹, Nelly V. Kutsubina²

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

¹ pereskokov_@mail.ru

² nelly3416@mail.ru

Abstract. The article shows the need to modeling press shafts of papermaking machines. Dynamic and mathematical models of press shafts are presented for studying vibration processes and predicting residual life. The main reasons causing forced vibrations of the shafts of the press parts of papermaking machines are considered.

Keywords: press shaft, papermaking machine, dynamic effects, dynamic modeling, vibration

Прессовая часть бумагоделательных машин представляет собой систему прессовых валов, контактирующих друг с другом по образующим их цилиндрическим поверхностям под заданным линейным давлением [1]. Прессовые валы в процессе эксплуатации подвергаются различным динамическим воздействиям, изменяющимся во времени, что, в свою очередь, оказывает значительное влияние на их напряженное и вибрационное состояние.

Повышенная вибрация прессовых валов отрицательно влияет на качественные показатели бумажного полотна, увеличивает динамические нагрузки на различные конструктивные элементы бумагоделательной машины, интенсифицирует износ и повреждения машин [2].

В связи с этим возрастает актуальность исследования динамики и своевременной оценки вибрационного состояния прессовых валов путем динамического моделирования их конструкций.

Сущность динамического моделирования в нашем случае заключается в следующем. Реальные конструкции существующих машин и их элементов заменяются на упрощенные идеализированные схемы (модели). В этих динамических моделях содержатся различные факторы, которые влияют на вибрационный процесс. Для исследования этих динамических моделей составляются математические модели. В дальнейшем исследование и решение этих моделей позволяет определить параметры вынужденных колебаний валов, свободных колебаний валов, а также спрогнозировать остаточный ресурс.

В прессовых частях широко применяются сложные валы, например, валы с регулируемым прогибом, гранитные, вакуумпересасывающие. Все эти валы являются уникальными и практически не встречаются в других отраслях техники и машиностроении.

Основной особенностью сложных валов является характерная конструкция, в которой присутствуют два соосных взаимосвязанных элемента. Эти элементы имеют между собой и основанием определенные характерные связи. Например, в валах с регулируемым прогибом такими элементами являются неподвижный сердечник и вращающаяся рубашка. Сердечник вала закреплен на опорной конструкции, а вращающаяся рубашка опирается по краям на сердечник через подшипники качения.

На рис. 1 приведены упрощенные динамические модели прижимного вала пресса (рис. 1, а), вала с регулируемым прогибом на гидropоддержке (рис. 1, б).

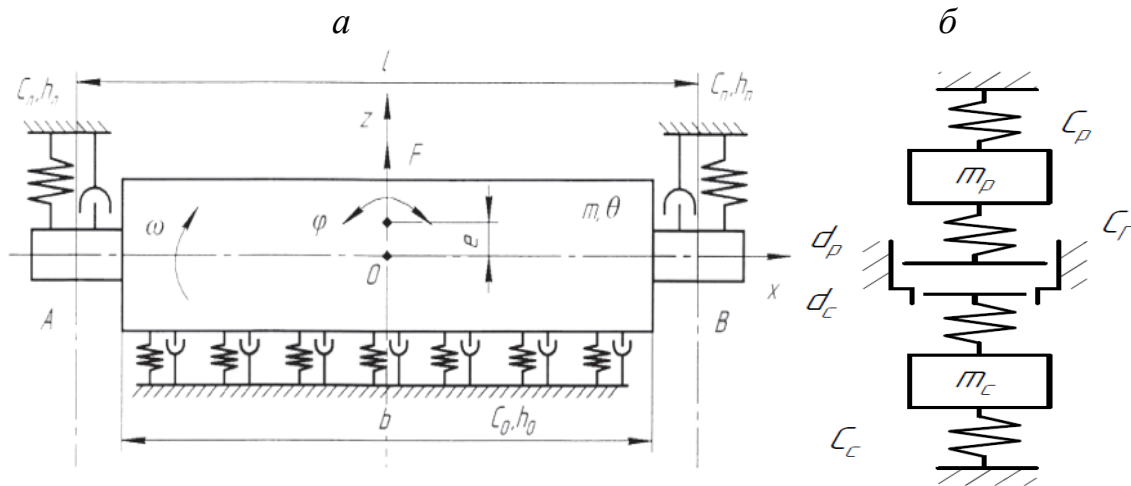


Рис. 1. Динамические модели валов: *a* – прижимного вала прессы; *б* – вала с регулируемым прогибом на гидроподдержке

Математические модели валов представлены ниже (1), (2). Свободные колебания прижимного вала прессы при симметричном расположении центра масс вала описываются двумя независимыми однородными дифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned} m\ddot{z} + (h_n + h_n + h_0b)\dot{z} + (C_n + C_n + C_0b)z &= 0; \\ \theta\ddot{\varphi} + \left((h_n + h_n)\frac{l}{2} + h_0\frac{b^3}{6} \right)\dot{\varphi} + \left((C_n + C_n)\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h_0\frac{b^3}{6} \right)\varphi &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Собственные колебания, связанные между собой вращающейся рубашкой и неподвижным сердечником вала с регулируемым прогибом, описываются следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned} m_p\ddot{z}_p + C_p z_p + C_r \left(z_p - z_c \left(\frac{d_c}{d_p} \right) \right) &= 0; \\ m_c\ddot{z}_c + C_c z_c + C_r \left(z_c - z_p \left(\frac{d_p}{d_c} \right) \right) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

При исследовании моделей одним из важных этапов является определение собственных частот валов. В настоящее время определение этих частот возможно с использованием современных компьютерных программ так называемых систем автоматизированного проектирования (САПР). К таким системам относят *Creo Parametric* (PTC), *Ansys*, *SolidWorks*.

Вынужденные колебания прессовых валов возбуждаются следующими видами воздействий:

- силовыми динамическими воздействиями;
- силовыми кинематическими воздействиями;

- параметрическими воздействиями;
- автофрикционными воздействиями;
- воздействиями, вызывающими самовозбуждающиеся колебания [3].

В дальнейшем при моделировании анализ и учет этих воздействий позволяют определять напряженное состояние прессовых валов и их покрытий, разрабатывать различные рекомендации по повышению надежности валов и снижению их виброактивности.

На рис. 2 приведены параметрические модели вала с регулируемым прогибом на гидropоддержке (а) и его сердечника (б), построенные в программе *Creo Parametric*.

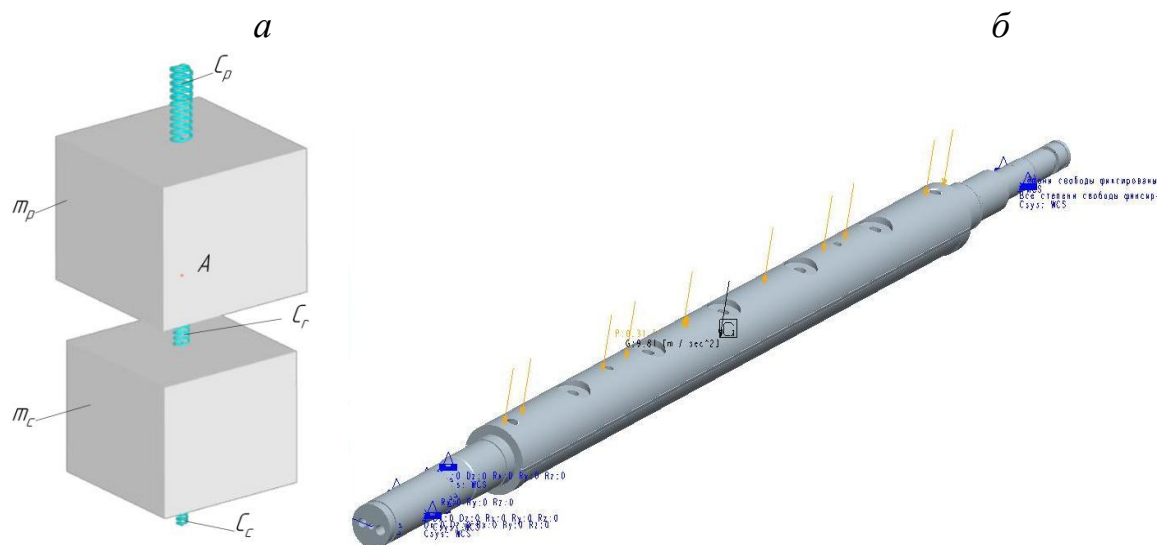


Рис. 2. Параметрические модели вала с регулируемым прогибом на гидropоддержке, построенные в программе *Creo Parametric*: а – вал; б – сердечник вала

Используя системы автоматизированного проектирования, можно получить передаточные функции колебаний вала. Для чего сначала строится график перемещения точек модели (рис. 2, а) во временной области, затем этот график переводится в частотную область с помощью быстрого преобразования Фурье.

Исследуя модель (рис. 2, б), можно оценить напряженное состояние сердечника вала как наиболее нагруженного элемента, что позволяет спрогнозировать его остаточный ресурс.

На рис. 3 показаны результаты расчета по определению напряженного состояния сердечника вала. Полученные результаты показывают наиболее нагруженные участки сердечника вала и величину напряжений, возникающих при работе вала.

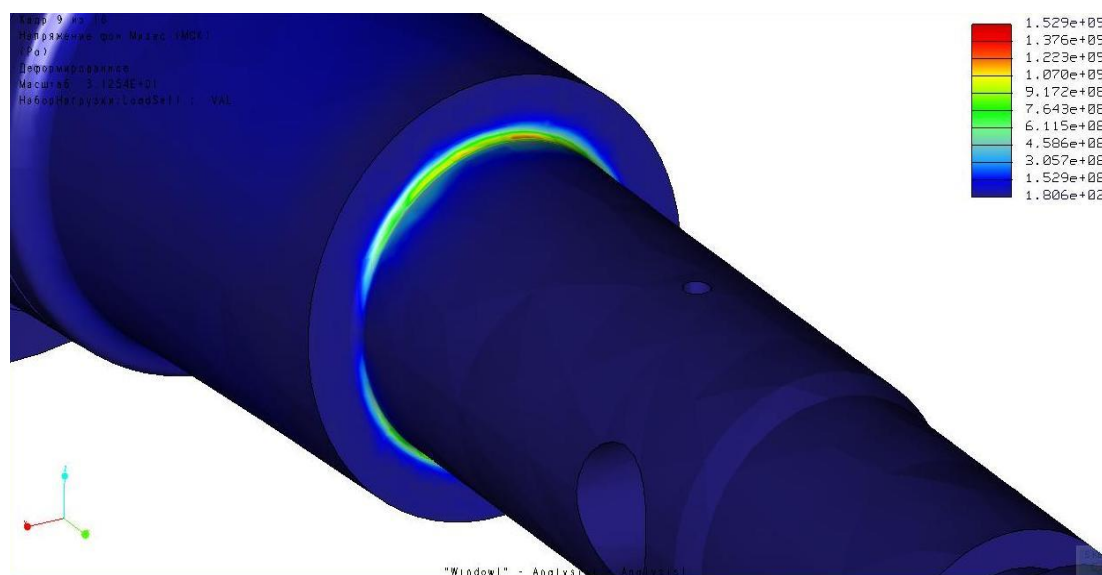


Рис. 3. Моделирование напряженного состояния сердечника вала с регулируемым прогибом

Изложенные подходы в динамическом моделировании прессовых валов бумагоделательных машин позволяют определить количественные параметры свободных и вынужденных колебаний, выявить причинно-следственные связи и количественные зависимости вибрационных явлений в системах валов, а также спрогнозировать их остаточный ресурс.

Список источников

1. Куцубина Н. В., Перескоков И. В. Вибродиагностика технического состояния прессовых валов бумагоделательных машин // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16815> (дата обращения: 25.11.2023).
2. Подготовка кадров и эффективность производства : монография / под ред. А. А. Санникова, Н. В. Куцубиной, Л. В. Фисюк. Екатеринбург : УГЛТУ, 2013. 320 с.
3. Куцубина Н. В., Санников А. А. Виброзащита технологических машин и оборудования лесного комплекса : монография. Екатеринбург : УГЛТУ, 2008. 212 с.