

Научная статья
УДК 676.058.2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИБРАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ ПРОДОЛЬНО-РЕЗАТЕЛЬНОГО СТАНКА

**Вадим Владимирович Васильев¹, Нелли Валерьевна Куцубина²,
Сергей Николаевич Исаков³**

^{1, 2, 3} Уралский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ vasilyevvv@m.usfeu.ru

² kushubinanv@m.usfeu.ru

³ isakovsn@m.usfeu.ru

Аннотация. В статье обобщаются возможные источники вибрации конструкций продольно-резательных станков. Показано, что идентификация вибрации – это процесс выявления источников и причин вибрации, что является первым этапом вибрационного диагностирования. Используя способ сопоставления частот дискретных составляющих спектров вибрации с расчетными частотами возбуждений, действующих в машине, показан процесс идентификации вибрации конкретного продольно-резательного станка.

Ключевые слова: продольно-резательный станок, спектр, частота, идентификация вибрации

Original article

IDENTIFICATION OF VIBRATION OF THE STRUCTURES SLITTING MACHINE

Vadim V. Vasiliev¹, Nelli V. Kutsubina², Sergey N. Isakov³

^{1, 2, 3} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ vasilyevvv@m.usfeu.ru

² kushubinanv@m.usfeu.ru

³ isakovsn@m.usfeu.ru

Abstract. The article summarizes possible sources of vibration in slitting machine structures. It is shown that vibration identification is the process of identifying the sources and causes of vibration, which is the first stage of vibration diagnostics. Using a method of comparing the frequencies of discrete components

of vibration spectra with the calculated frequencies of excitations operating in the machine, the process of identifying the vibration of a specific slitting machine is presented.

Keywords: slitting machine, spectrum, frequency, vibration identification

Намотка рулонов бумаги, картона на продольно-резательных станках (далее – ПРС) является завершающей операцией в бумагоделательном производстве. На качество рулонов бумаги, формируемых на ПРС, наряду с технологическими факторами, оказывает отрицательное воздействие вибрация наматываемых рулонов и конструктивных элементов станков [1–3].

Повышенные колебания станков ухудшают качество рулонов, приводят к обрывности бумаги, передаются на междуэтажные перекрытия здания, оказывают негативное влияние на обслуживающий персонал.

С другой стороны, дефекты наматываемого рулона являются источником возмущений, которые возбуждают механические колебания элементов конструкции станка, понижая их надежность.

Основными источниками вибрации конструкций ПРС являются силы инерции неуравновешенных масс несущих валов, прижимного вала и рулона бумаги/картона, а также несоосность роторов, дефекты муфт, ослабление креплений, раскрытие стыков, повышенные зазоры, малая жесткость опорных конструкций и биение рабочих поверхностей валов.

К повышенной вибрации конструкций ПРС приводит наличие отклонений от правильной цилиндрической формы рулона на раскате, рулона на накате, а также неравномерность упругих свойств бумаги. При неблагоприятных сочетаниях технологических нагрузок на рулон могут возникать самовозбуждающиеся и автофрикционные колебания [3].

Параметры вибрации, определяемые в процессе вибрационного диагностирования, являются основным диагностическим признаком технического состояния оборудования. А идентификация вибрации позволяет выявить ее источники и причины и, по сути, является первым этапом вибрационного диагностирования.

При идентификации вибрации конструкций ПРС будем использовать способ сопоставления частот дискретных составляющих спектров вибрации с расчетными частотами возбуждений, действующих в машине. Также будем учитывать определенную связь режимных и вибрационных параметров [4].

Например, вибрация несущего вала на оборотной частоте возбуждается силами инерции неуравновешенных масс и кривошипным эффектом неисправной упругой муфты. Вибрация от неуравновешенности масс не зависит от нагрузки на агрегат, а от кривошипного эффекта муфты – пропорциональна передаваемому муфтой моменту. Таким образом, если интенсивность вибрации возрастает с увеличением нагрузки, источником вибрации является муфта, в противном случае – неуравновешенность ротора.

Рассмотрим процесс идентификации вибрации конструкций ПРС с шириной отматываемого полотна 4500 мм и максимальной рабочей скоростью 1500 м/мин. ПРС имеет стандартную комплектацию (рис. 1). Особенности конструкции, оказывающими значительное влияние на его вибрационное состояние, являются ослабленный фундамент и неудачные конструктивные параметры прижимного вала, при которых его критическая скорость близка к рабочей частоте вращения. Диаметры несущих и прижимного валов составляют соответственно 500 и 320 мм.

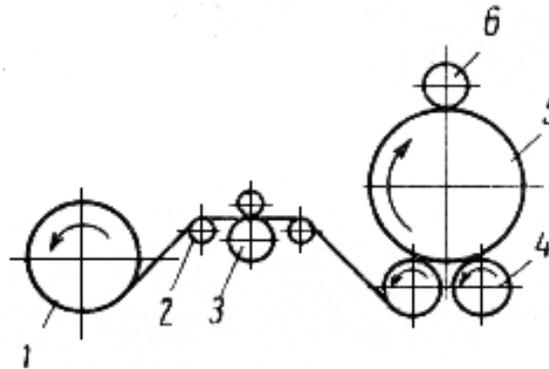


Рис. 1. Схема продольно-резательного станка:
1 – разматываемый рулон; 2 – бумаговедущий вал;
3 – механизм продольной резки;
4 – несущий вал; 5 – наматываемый рулон; 6 – прижимной вал

На рис. 2 представлен спектр вибрации корпуса подшипника несущего вала в вертикальном направлении при скорости 1500 м/мин.

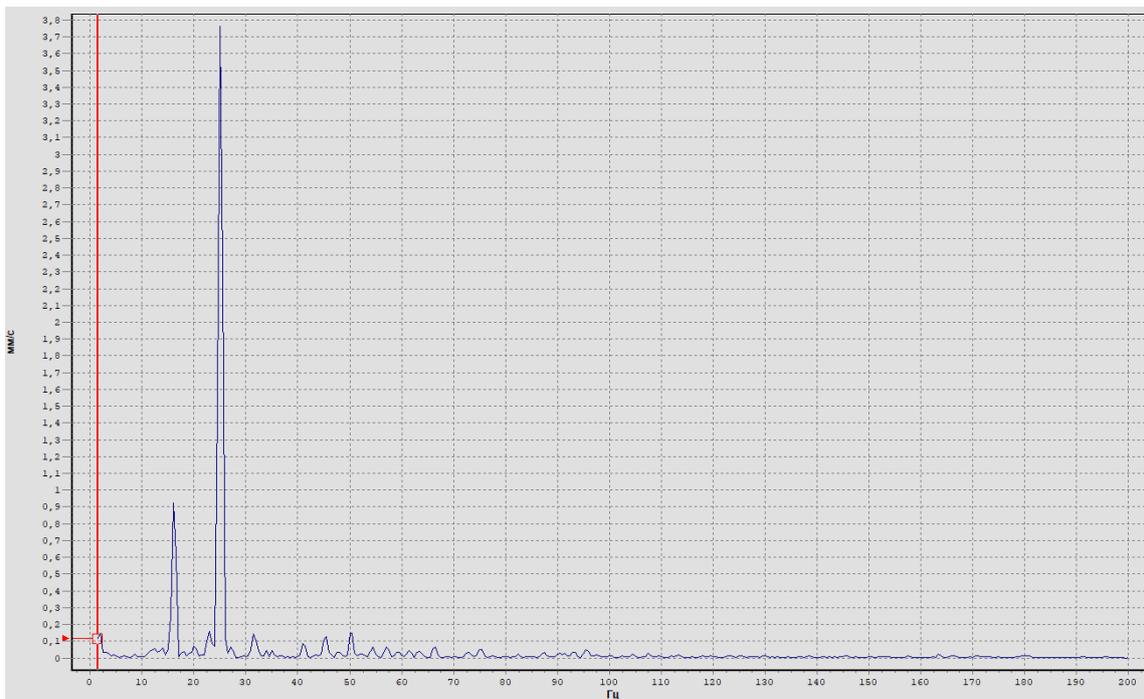


Рис. 2. Спектр вибрации корпуса подшипника несущего вала в вертикальном направлении при скорости станка 1500 м/мин

Значения виброскорости резко возрастают на оборотных частотах несущего (первый всплеск) и прижимного (второй всплеск) валов. Причем наибольшее значение виброскорости, кроме того, и превышающее нормативное значение [5], наблюдается на оборотной частоте прижимного вала.

Интенсивные колебания на оборотных частотах, значительно превышающие нормативные значения, имеют подшипниковые опоры и самого прижимного вала (рис. 3). С точки зрения вибрационного состояния это является признаком неустойчивой работы станка. Критическая скорость прижимного вала находится в области частот нежелательной работы станка.

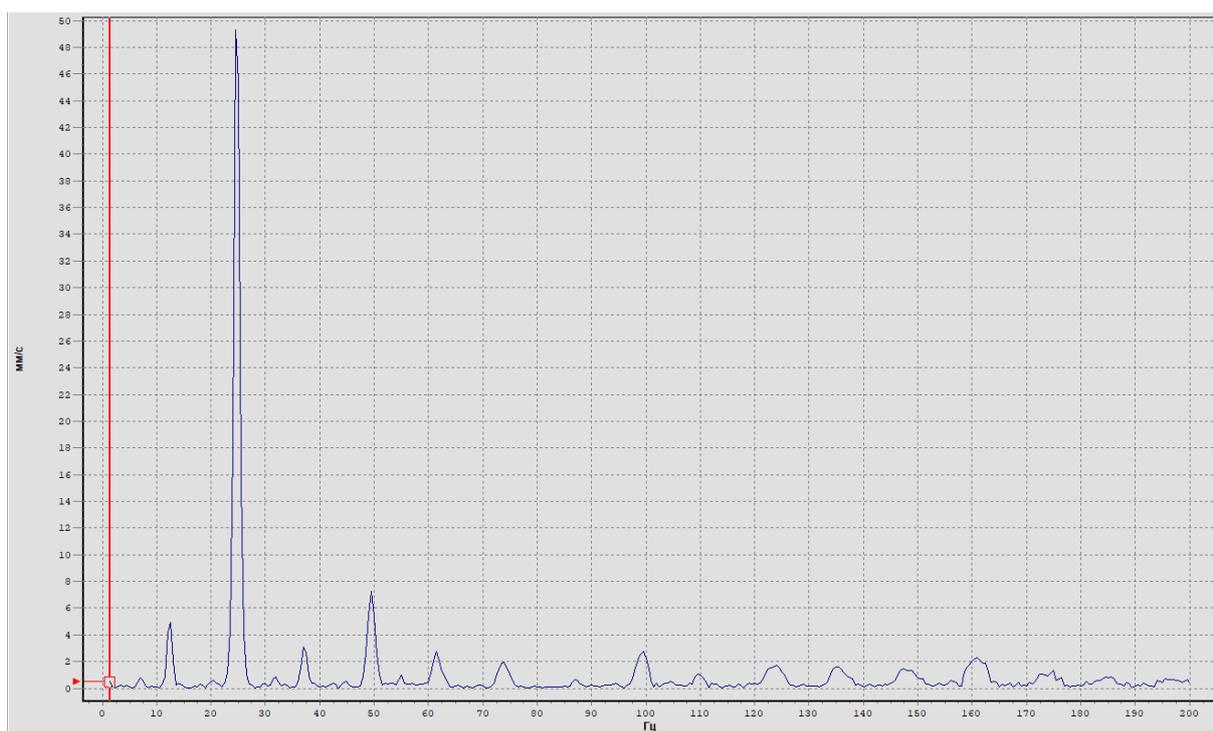


Рис. 3. Спектр вибрации корпуса подшипника прижимного вала в продольном направлении при скорости станка 1407 м/мин

Спектры вибрации подшипниковых опор прижимного вала имеют характерные признаки вибросигнала от его неуравновешенности.

С увеличением частоты вращения прижимного вала вибрация от его неуравновешенности возрастает. Следует отметить, что динамические нагрузки, возникающие от неуравновешенности вращающегося вала, пропорциональны квадрату угловой скорости.

Неуравновешенность рулона вследствие неоднородности намотки приводит к появлению в спектрах вибрации корпуса подшипника прижимного вала в продольном направлении (рис. 3) наряду с первой гармоникой колебаний, второй, третьей и более высоких гармоник, кратных оборотным частотам рулона.

В спектрах подшипниковых опор валов станка (см. рис. 2, 3) присутствуют оборотные частоты и прижимного, и несущих валов. Причем только

первые гармоники на оборотных частотах валов, что характерно при общем ослаблении фундамента станка. Это подтверждает вывод о недостаточной эффективной массе фундамента станка.

В процессе экспериментального определения параметров вибрации несущей конструкции станка были замечены интенсивные автофрикционные колебания на собственных частотах несущих валов. Стоит отметить, что наибольшие значения виброскорости наблюдались при совпадении собственных частот несущих валов и гармоник оборотных частот неуравновешенного рулона (рис. 4).

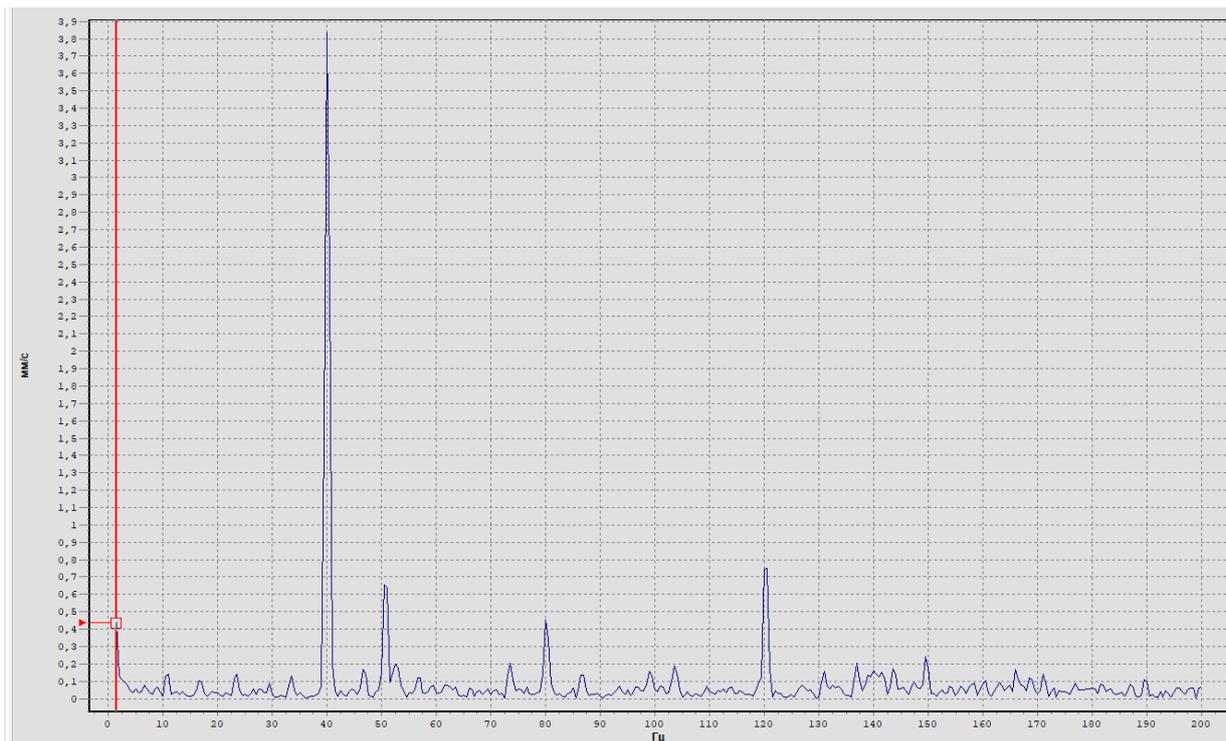


Рис. 4. Спектр вибрации стойки несущей конструкции в поперечном направлении при скорости 1000 м/мин и диаметре рулона 811 мм

В результате проведенной идентификации вибрации конструкций ПРС можно сделать следующие выводы:

1. Во всех спектрах вибрации присутствуют только первые гармоники оборотных частот несущего и прижимного валов, что говорит о «слабости фундамента» станка.

2. Во всех спектрах вибрации значительное увеличение виброскорости наблюдается на оборотной частоте прижимного вала, что говорит о его неуравновешенности и работе в околорезонансном режиме.

3. Значительный вклад в вибрационное состояние конструкций станка вносит неуравновешенность наматываемого рулона вследствие неравномерности его намотки, что говорит об отсутствии оптимальной настройки технологических параметров станка.

Список источников

1. Машины для производства бумаги и картона / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 646 с.

2. Смирнов Ю. Н., Фейгин В. Б., Чичаев В. А. Оборудование для отделки и резки бумаги. М. : Лесная промышленность, 1985. 200 с.

3. Автоколебания по намотке рулонов бумаги на бумагоделательных и отделочных машинах / С. Н. Удинцева, Н. В. Куцубина, С. С. Удинцев, В. В. Васильев // Естественные и технические науки, 2015. № 11 (89). С. 532–537.

4. Куцубина Н. В., Санников А. А. Совершенствование технической эксплуатации бумагоделательных и отделочных машин на основе их виброзащиты и вибродиагностики : монография. Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. 140 с.

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