

В.Н. Старжинский, А.В. Зинин, С.В. Совина
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) vns@usfeu.ru

К ВОПРОСУ ШУМООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ УЗЛА ПОПЕРЕЧНОГО ЛИНОВАНИЯ БУМАГИ В ТЕТРАДНЫХ АГРЕГАТАХ

Получены результаты, позволяющие на стадии проектирования линий по производству тетрадей проанализировать ожидаемые уровни звуковой мощности, которые будут создаваться линовальными секциями, и предусматривать соответствующие акустические мероприятия по снижению шума на рабочих местах.

На целлюлозно-бумажных предприятиях производство тетрадей является одним из наиболее шумных [1].

Уровни звука на рабочих местах превышают предельно допустимые уровни на 10-18 дБА.

Среди оборудования цехов по производству тетрадей наиболее шумными являются собственно линии по производству тетрадей. Самые высокие уровни звука зарегистрированы на рабочем месте оператора линовальной секции – 97...103 дБА. Фальцаппараты, узлы для подрезки тетрадей и лагенов создают на рабочих местах эквивалентный уровень 90 ... 94 дБА и уровень звуковых импульсов до 105 дБ.

В линовальной секции основными источниками шума являются [2]:

- узлы для поперечного линования бумаги,
- механизм поперечной резки бумаги,
- колебания бумажного полотна,
- привод,
- вентилятор для отсоса кромок бумажного полотна.

Наиболее шумными являются узлы для поперечного линования бумаги. Уровень звука этих узлов колеблется от 90 дБА для тихоходных агрегатов до 100 дБА для быстроходных.

Шум механизма поперечной резки бумаги достигает 95 дБА. Основным источником шума являются колебания бумажного полотна в момент реза.

Шум, обусловленный колебаниями бумажного полотна в бумагопроводящей системе, как правило, незначителен.

Шум привода, особенно зубчатых передач, достигает уровня в пределах 90...96 дБА.

Вентилятор для отсоса кромок бумажного полотна может создать уровень звука на рабочем месте до 95 дБА.

Таким образом, при разработке мероприятий по снижению шума в цехах по производству тетрадей, в первую очередь, необходимо решить вопросы по улучшению шумовой обстановки в зоне линовального узла. С этой целью необходимо проанализировать механизм шумообразования при его работе.

Основываясь на экспериментальных данных, можно выделить два наиболее вероятных механизма шумообразования:

- I. Аэродинамический, вызванный тем, что в процессе контакта перьев рифленого линовального валика в бумаговедущем барабане в замыкаемых объемах между двумя смежными перьями из-за деформации последних и из-за захлопывания объема создается избыточное давление, которое после открытия этого объема при дальнейшем вращении валика излучается в виде звука;
- II. Механический, вызванный тем, что перья линовального валика после выхода из контакта с бумаговедущим барабаном вибрируют и тем самым создают звук.

Рассмотрим аэродинамический источник, поскольку он является превалирующим. Поставим задачей дать теоретическое обоснование и оценку происходящих процессов.

Прежде чем перейти к математическому обоснованию, необходимо рассмотреть физическую картину происходящих процессов и выбрать физическую модель излучателя, заменяющую реальный источник шума.

Так при линовании бумаги излучателем шума является узкая полоска на линовальном валике, поэтому удобно воспользоваться результатом Л.Ф. Лепендина [3].

Звуковая мощность излучателя полосой на цилиндре будет:

$$\text{-----} \quad \text{-----} \quad \text{-----} \quad (1)$$

- где ρ – плотность среды;
 C – скорость звука в среде;
 A – амплитуда колебательной скорости;
 f – частота;
 θ – угловая ширина пульсирующего участка;
 V – цилиндрические формулы Ханкеля.

Используя приближенные значения для V_n , можно записать:

$$\text{-----} \quad (2)$$

Общая мощность P аэродинамического шума равна сумме составляющих в рассчитываемом диапазоне частот:

$$(3)$$

Таким образом, задача состоит в определении спектра амплитуд объемной скорости. Для этого рассмотрим два бесконечно близких положения линовального валика (рис.1) при переходе валика из одного положения в другое путем поворота на θ , замкнутый объем уменьшится на

$$(4)$$

где

$$\text{-----}$$

$$G = \text{-----}$$

R – шаг линования;
 K – высота перьев;
 r_1 – радиус бумаговедущего барабана;
 r_2 – радиус линовального валика;
 a – расстояние между центрами линовального валика и барабаном;
 l – длина линовального валика.

Объемная скорость выражается:

$$v = \frac{K R}{2\pi r_2} \omega, \quad (5)$$

где ω – угловая частота.

Путем гармонического анализа можно представить функцию объемной скорости как сумму средней величины скорости и ряда периодических составляющих:

$$v = \frac{K R}{2\pi r_2} \omega \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cos(n\omega t) \right), \quad (6)$$

где z – акустический импеданс.

В первом приближении можно считать:

$$v = \frac{K R}{2\pi r_2} \omega, \quad (7)$$

Используя найденное значение для v , определяем гармонику звуковой мощности:

$$P_n = \frac{1}{2} \rho v^2 \omega^2 \frac{1}{n^2}, \quad (8)$$

Далее, получим звуковую мощность, приходящуюся на полосу частот шириной в 1 Гц (средняя спектральная плотность):

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2 \omega^2, \quad (9)$$

Подобные преобразования справедливы для частот ω мощность в октавной полосе определится интегралом:

$$P = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{1}{2} \rho v^2 \omega^2 d\omega, \quad \text{Вт}$$

Переходя к уровню звуковой мощности, будем иметь:

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{P_0}, \quad \text{дБ} \quad (11)$$

где $P_0 = 10^{-12}$ Вт – пороговая звуковая мощность.

Как видно из рис. 2, предложенная модель дает хорошее совпадение теоретических результатов и экспериментальных данных. Таким образом, можно сделать вывод, что звуковая мощность узла для поперечного линования бумаги возрастает с увеличением скорости вращения, размеров линовального валика и барабана, а также убывает с возрастанием частоты звука (6 дБ на октаву).

Полученные результаты позволяют на стадии проектирования линий по производству тетрадей проанализировать ожидаемые уровни звуковой мощности, которые будут создаваться линовальными секциями, и предусматривать соответствующие акустические мероприятия по снижению шума на рабочих местах.

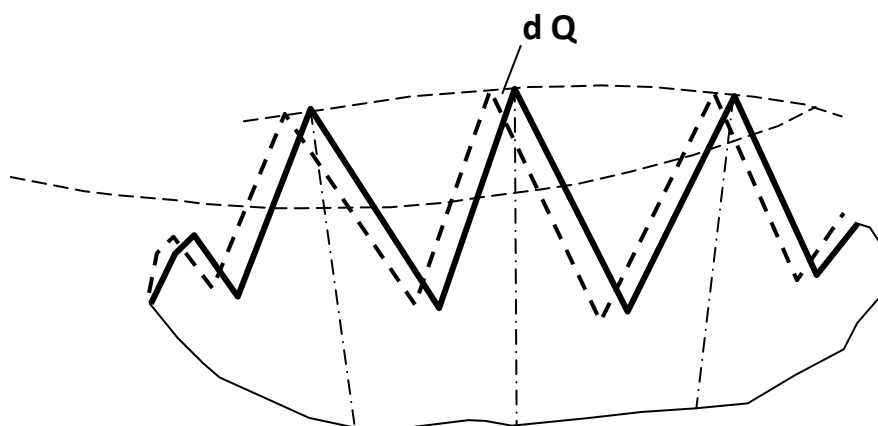


Рис. 1. Зона взаимодействия линовального валика и линовального барабана

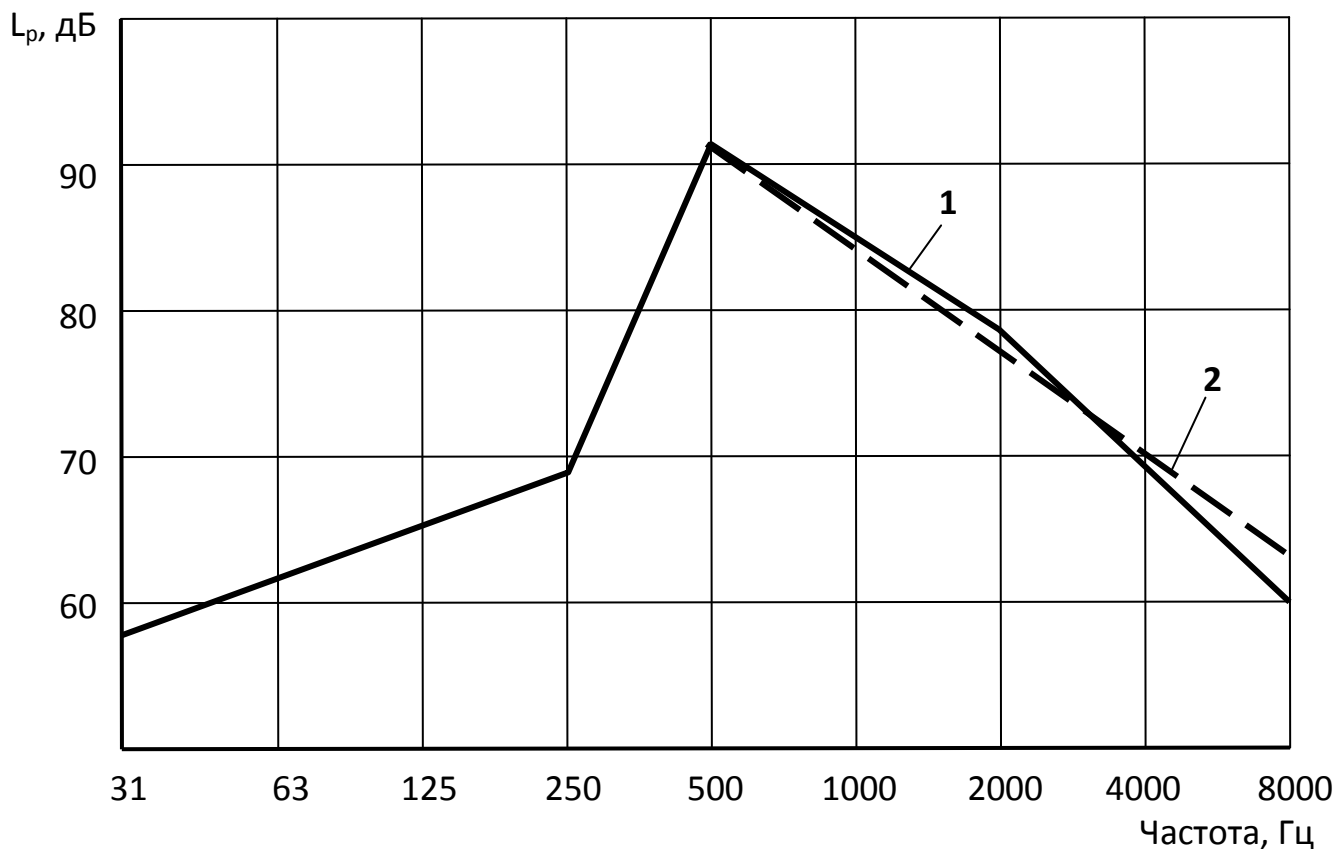


Рис. 2. Экспериментальные данные – 1 и теоретические результаты – 2 для скорости линования 250 м/мин.

Список используемой литературы:

1. Старжинский В.Н., Полбицин С.Н. Шумовой режим и основные источники шума в цехах по производству тетрадей. – Свердловск: Уральский лесотехнический институт, 1983. – 5 с. – (Рук. Деп. в ВНИПИЭИлеспром. – 31043 лб – Д83).
2. Старжинский В.Н., Христолюбов С.Н., Полбицин С.Н. экспериментальное исследование шумообразования узла для поперечного линования бумаги //Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: Межвуз. Сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1984. – с. 125 – 128.
3. Лепендин Л.Ф Акустика. – М.: Высшая школа, 1978. – 448 с.