

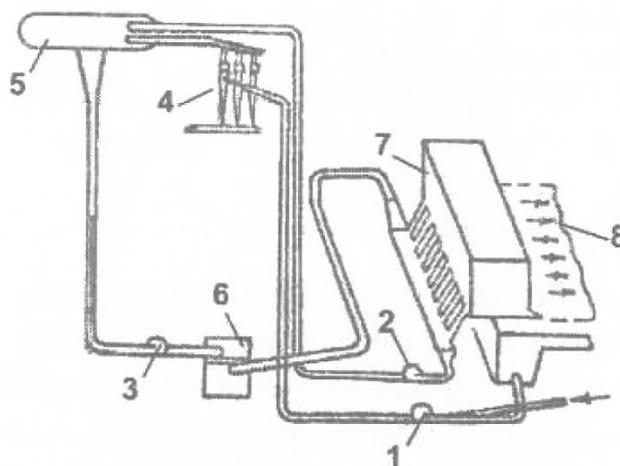
УДК 676.056.5

Асп. С.А. Исаков  
Рук. С.Н. Исаков, А.А. Санников  
УГЛТУ, Екатеринбург

## МАССОПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ И ПУЛЬСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В НЕЙ

Бумагу отливают из бумажной массы, которая является многокомпонентной водоволокнистой суспензией. Бумажная масса подводится к бумагоделательной машине массопроводящей системой, основные функции которой: хранение, подготовка, очистка, сортировка, деаэрация и равномерная подача бумажной массы на сетку бумагоделательной машины.

На рис. 1 в качестве примера представлена схема системы подачи бумажной массы на бумагоделательную машину. Принципиально все массопроводящие системы отличаются друг от друга в основном лишь размерами, количеством и расположением очистного и сортирующего оборудования, а также схемой трубопроводной обвязки [1].



*Рис. 1.* Типовая схема массопроводящей системы:  
1 – смесительный насос; 2, 3 – центробежные насосы; 4 – центриклинеры;  
5 – деаэратор; 6 – напорная сортировка; 7 – напорный ящик; 8 – сетка

Пульсация давления бумажной массы имеет акустическую природу и представляет собой продольную волну [2], которая распространяется в жидкой среде трубопровода. Продольная волна характеризуется длиной волны и величиной уплотнения среды (амплитудой). Длина волны зависит от скорости распространения волны в среде и частоты возбуждения. Амплитуда будет зависеть от величины возбуждающего воздействия (рис. 2).

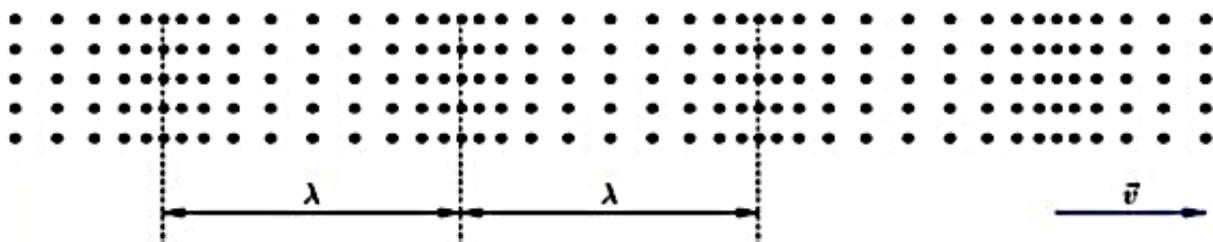


Рис. 2. Продольная волна

Основными источниками являются массные и смесительные насосы, гидродинамические сортировки и трубопроводная система. В смесительном насосе основным источником возмущения потока являются лопасти, которые, вращаясь, уплотняют среду перед собой и разряжают её за собой. Эти зоны выходят из межлопастного пространства и уносятся с потоком по трубопроводу.

Лопастные сортировки также создают пульсацию из-за своей формы, которая провоцирует на сите переменное давление, благодаря которому сито очищается.

Сортировки и насосы возбуждают пульсации в оборотной и лопастной частотах. Трубопроводы создают пульсацию на частоте вибрации технологического оборудования, а также на собственных частотах участков трубопроводов. Возможны эффекты волнового резонанса в трубах.

В технологическом оборудовании и в участках трубопровода возможны эффекты взаимодействия акустических волн от различных источников с их интерференцией, что может приводить к их уменьшению или увеличению.

Существует множество путей для уменьшения пульсации каждого источника. Например, для насоса это работа в оптимальном режиме, наличие подпора на входе, обработка поверхностей крылатки и проточной части насоса, повышенные требования к геометрии, сборке и монтажу элементов насоса.

Пульсация от сортировок уменьшатся при увеличении лопастей, при обеспечении работы в оптимальном режиме, повышении точности изготовления, сборки и монтажа частей сортировки.

Поддержание оборудования в технически исправном состоянии и контроль вибрации также приводят к уменьшению пульсации.

Для трубопроводных систем это отсутствие скапливания воздуха, резкие повороты, особая геометрия Т-образных соединений, требования к монтажу и сборки трубопроводов и др.

Для уменьшения пульсации давления используют гасители пульсации, которые устанавливаются перед напорным ящиком.

Для изучения теории создания волновых процессов и распространение волн по трубопроводу необходимо рассмотреть уравнения движения неустановившейся вязкой сжимаемой среды в упругой цилиндрической

круглой трубе. Для симметричного движения жидкости предлагается использовать уравнения Навье–Стокса в цилиндрических координатах  $(x, r, \theta)$ , где  $x$  – ось, совпадающая с осью трубы;  $r$  – ось, направленная по радиусу, а [2]:

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_r \frac{\partial u_x}{\partial r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left[ \frac{4}{3} \frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_x}{\partial r} + \frac{1}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} \right) \right]; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + u_x \frac{\partial u_r}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left[ \frac{4}{3} \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{4}{3r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{4}{3} \frac{u_r}{r^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{3} \frac{\partial u_x}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial x} \right) \right] \quad (2)$$

где  $u_x$  и  $u_r$  – проекции скорости соответственно на оси OX и OR;

$\frac{\partial u}{\partial t}$  – изменение скорости жидкой частицы в данной неподвижной

точке пространства с течением в соответствующем направлении;

$u_r \frac{\partial u_r}{\partial r}$  – изменение скорости при движении жидкой частицы на расстояние  $\partial r$  вдоль радиуса;

$\rho$  – плотность среды при атмосферном давлении и определенной температуре;

$\nu$  – кинематическая вязкость.

Данное уравнение по существу является законом Ньютона, записанной для единицы объема сплошной среды. Левая часть уравнений представляет собой, действующее на единицу объема жидкой среды, сумму ускорений вызванное ньютоновской силой. А правая часть – сумма ускорений вызванных массовыми и поверхностными силами, действующими на ту же частицу и определяющих эту ньютоновскую силу [3].

Развитие этой теории даст возможность разработки математических подходов для уменьшения пульсации давления в массоподводящих системах бумагоделательных машин путем расчета (подбора) параметров системы. Пульсации давления, вызванные различными агрегатами, воздействуя вместе, образуют широкий диапазон частот, который отрицательно влияет на отлив массы бумажного полотна. Гашение пульсаций давления в технологии производства бумаги на высоких скоростях остается острой проблемой.

### Библиографический список

1. Куров В.С. Гидродинамика процессов массоподачи на бумагоделательную машину / В.С.Куров, Ю.А. Тихонов.– СПб: Изд-во Политехн. унта, 2010. – 264 с.

2. Попов Д.Н. Гидромеханика: учебник [для вузов] /Д.Н. Попов, С.С. Панайотти, М.В. Рябин; под ред. Д.Н. Попова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 384 с.

3. Породнов Б.Т. Механика сплошных сред. – URL: [www.mp.fizteh.urfu.ru/УМК/УМКи/МСС%20электр%20комплекс%2025%20005%2010/ЧМ%20презентация/УМК%20Числ%20методы%20МСС%20ч%201-2/конспект%20лекций%20УМК.pdf](http://www.mp.fizteh.urfu.ru/УМК/УМКи/МСС%20электр%20комплекс%2025%20005%2010/ЧМ%20презентация/УМК%20Числ%20методы%20МСС%20ч%201-2/конспект%20лекций%20УМК.pdf) (дата обращения 29.11.2017).

УДК 676.056.23

Студ. К.И. Ковалев, А.В. Давыдов, Д.Н. Бычков  
Рук. Н.В. Куцубина, В.В. Васильев  
УГЛТУ, Екатеринбург

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**

Работоспособное состояние оборудования определяется прежде всего характером и глубиной износа, дефектов, повреждений, отклонений от номинальных значений, иначе, – структурными параметрами технического состояния. Кроме того, износы и повреждения являются источниками вибрации оборудования. В связи с этим вибрация используется на практике как диагностический признак технического состояния оборудования.

Одной из важных задач при оценке технического состояния оборудования является идентификация вибрации, выявление ее количественных параметров и сопоставление их с нормативными допустимыми значениями [1].

Распространенным способом идентификации вибрации является сопоставление частот дискретных составляющих спектров с расчетными частотами возбуждений, действующими в машине.

Расчетные формулы основных частот вибрации конструктивных элементов оборудования известны [2]. Решением задачи идентификации источников вибрации является установление их местонахождения.

Рассмотрим пример идентификации вибрации прессовой части бумагоделательной машины № 3 (далее – БМ № 3) АО «Соликамскбумпром».

Экспериментальные исследования виброактивности валов прессовой части БМ № 3 проводились в рамках проекта «Базовая кафедра УГЛТУ в АО «Соликамскбумпром». Для измерений параметров вибрации использовался виброанализатор спектров СД-12М фирмы ВАСТ.

Прессовая часть БМ № 3 состоит из пересасывающего устройства «Пикап», сдвоенного пресса «Твинвер» и третьего пресса «Вента-Нип» (рис. 1). Оценивалось вибрационное состояние нижнего отсасывающего