

Обеспечению технологических характеристик бумажной продукции, в настоящее время, уделяется значительное внимание [1]. Напуск бумажной массы на сеточный стол сопровождается относительными колебаниями напорного ящика, сеточного стола, грудного вала, сетки и потока массы [2]. При движении на обезвоживающей части сеточного стола на свободной поверхности бумажной массы формируются продольные и поперечные волны (рис. 1). Рис. 1 – Схема к обоснованию образования волнистости бумажного полотна: 1 – напорный ящик; 2 – грудной вал; 3 – сетка; 4 – бумажная масса; 5 – гауч-пресс

Нижняя поверхность бумажной массы, располагающаяся на сетке, волн не имеет и копирует поверхность сетки. Обезвоживание бумажной массы на вакуумных ящиках, гауч-прессе, в прессовой части и последующих частях машины незначительно изменяет волнистость поверхности бумажного полотна, но полностью её не устраняет. Наличие образованных при формовании бумаги продольных и поперечных волн приводит к неравномерной массе квадратного метра бумаги, колебаниям разрывной длины, разрушающего усилия, абсолютного сопротивления раздиранию и других технологических характеристик. Кроме того на разрывную длину более значительное влияние оказывает неравенство скоростей сетки и напуска бумажной массы из напорного ящика. Для статистического анализа колебаний массы метра квадратного и других технологических характеристик бумаги производилось их многократное измерение на контрольных полосах бумажного полотна. При статистической обработке экспериментальных данных устранялась нестационарность средних выборочных значений и усреднялись экспериментальные величины технологических характеристик бумаги. Для определения информативного частотного спектра колебаний технологических характеристик контрольных полос бумаги, колебания рассматривались как стационарный случайный процесс, для которого справедлива гипотеза эргодичности. Интервал времени измерения контролируемых характеристик стационарных случайных процессов определяется по формуле [3] : , (1) где f_b – верхняя граница спектра частот колебаний, с⁻¹. Для технологических характеристик бумажного полотна $f_b = 5c^{-1}$, тогда по (1) с. Длительность периода наработки технологических характеристик бумаги определялась по формуле [3]: \geq , (2) где f_H – нижняя граница спектра частот колебаний, с⁻¹. Для крафт-бумаги, , тогда . Интервалы времени изготовления контрольных полос бумаги для измерения технологических характеристик выбирались на периодах установившейся работы бумагоделательной машины с постоянной скоростью. Длина контрольной полосы бумаги рассчитывалась по формуле , м (3) где – скорость бумагоделательной машины, м/мин. При $= 170$ м/мин. $L \approx 51$ м. Для расчёта низкочастотных колебаний массы метра квадратного и других технологических характеристик в режиме факторного эксперимента, исследованы продольные полосы мешочной бумаги длиной 50 м и шириной 0,4 м, вырезанные из среднего

рулона после продольно-резательного станка. Полосы бумаги размечались и разрезались на квадраты (образцы) $0,4 \cdot 0,4$ м², последовательно нумеровались для фиксации местоположения в исходной полосе бумаги. Произведены измерения технологических характеристик образцов бумаги, определены точечные характеристики (средние арифметические значения и средние квадратические отклонения параметров) и уравнения линейной регрессии. Построены графики колебаний технологических характеристик за период наработки полос бумаги (рис. 2, 3). Рис. 2 – График колебаний массы 1 м² за период наработки исследуемой полосы бумаги. Период времени изготовления обследуемых полос бумаги определялся по формуле $t = \frac{L}{v}$ (4) где L – натуральная длина обследуемой полосы бумаги, м; v – скорость бумаги на накате, м/с; l_0 – длина обследуемой полосы бумаги, изображенная в масштабе на графиках, мм; m – масштаб уменьшения длины, м/мм. Масштаб определяется по формуле $m = \frac{l_0}{L}$ (5). Частоты вынужденных колебаний исследуемых параметров бумажного полотна определялись по формуле $f_i = \frac{v}{l_i}$ (6) где l_i – длина выработанной бумаги за i -ый период колебаний исследуемого параметра, мм. Низшие частоты колебаний массы метра квадратного бумаги определены по (1) из рис. 2 равны: 0,8...1,0 Гц; 1,7...1,9 Гц; 3,4 Гц. Из рис. 2 следует, что колебания массы метра квадратного бумаги происходят в интервале между минимально допустимыми нормальными значениями. Уравнение линейной регрессии показывает, что среднее значение массы метра квадратного исследованной полосы бумаги не стабильно. Измерение разрывной длины образцов бумаги производилось в продольном и поперечном направлениях при установившемся режиме работы машины. Колебания разрывной длины образцов полотна бумаги обнаружены в спектре частот от 0,45 до 3,7 Гц, (рис. 3.). Результаты измерения технологических параметров бумаги приведены в табл. 1. Из рисунка 3 следует, что разрывная длина бумаги в поперечном направлении (3800 м) более чем в два раза ниже разрывной длины в продольном направлении (7800 м). Это является основной причиной разрушения бумажных мешков из крафт-бумаги при испытаниях и эксплуатации. Таблица 1 – Результаты измерений технологических параметров бумаги

Обследованный технологический параметр бумаги	Частота колебаний параметра в интервалах, Гц	Максимальное отклонение размера параметра от среднего, %
Масса квадратного метра бумаги	0,8 ... 1,0	1,01 ... 2,4
Разрывная длина в продольном направлении	0,45 ... 0,49	0,8 ... 0,97
Разрывная длина в поперечном направлении	0,7 ... 0,81	1,14 ... 1,7
Абсолютное сопротивление раздиранию	0,6 ... 0,7	1,7 ... 2,8

Рис. 3 – Результаты измерения разрывной длины образцов полосы бумаги. Отметим, что нестабильность средних арифметических значений исследованных технологических характеристик (рис. 2, 3) обусловлена массоподготовительной системой бумагоделательной машины. Для определения источников колебаний

технологических параметров бумаги произведены измерения вибрации оборудования массоподводящей системы бумагоделательной машины. Измерения вибрации производились на установившемся режиме работы машины со скоростью 170 м/мин при выработке той же мешочной бумаги, технологические параметры которой были обследованы. При измерении установлено, что низкочастотную вибрацию высокой интенсивности имеет корпус напорного ящика, губа напуска бумажной массы и грудной вал. Спектр среднеквадратических значений виброскорости губы напорного ящика в продольном направлении приведён на рис.4. Рис. 4 – Спектр вибрации губы напорного ящика в вертикальном направлении, при скорости машины 170 м/мин. Колебания губы напорного ящика на частотах 0,8...1,0 Гц равны, а на более низких частотах 0,2...0,3; 0,4...0,6 Гц кратны колебаниям массы метра квадратного бумаги и других технологических характеристик бумажного полотна. Губа напорного ящика напуска массы совершает колебания с амплитудами виброскорости 0,9...2,0 мм/с на частотах 0,2...0,4 Гц, что превышает допустимые уровни. На основании исследований для повышения качества бумажного полотна рекомендовано усилить конструкцию напорного ящика, его крепление к фундаменту. Отремонтировать или заменить губу напорного ящика. Для повышения разрывной длины бумаги в поперечном направлении следует установить механизм тряски сеточного стола и обеспечить равенство скоростей сетки и напуска бумажной массы.