

М.В. Колосова, преп.

(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург, Россия);

Н.П. Мидуков, д-р техн. наук, зав. кафедрой

(СПбГУПТД, г. Санкт-Петербург, Россия);

В.С. Куров, д-р техн. наук, зам. директора по науч. работе

(СПбГУПТД ВШТЭ, г. Санкт-Петербург, Россия);

## **НОВОЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ТОЛЩИНЫ МНОГОСЛОЙНОГО КАРТОНА**

Толщина многослойного картона является одним из критически важных физических параметров, учитываемых при расчете его механических свойств. Определение толщины картона осуществляется с применением специализированного измерительного прибора – толщиномера. В процессе измерения образец картона размещается между опорной поверхностью и измерительным диском, перемещение которого относительно опорной поверхности фиксируется. Площадь контакта между диском и образцом составляет  $200 \pm 10$  мм<sup>2</sup>, а прикладываемое давление соответствует 0,1 МПа. Полученное среднее значение толщины используется для последующего расчета физико-механических характеристик. Равномерность распределения толщины в структуре материала может приводить к снижению достоверности результатов расчетов механических свойств. Данный эффект особенно значим в случаях, когда исследуемый параметр зависит от толщины в степенной форме (например, сопротивление изгибу бумаги и картона зависит в кубе).

Толщина оказывает существенное влияние на качество печатных свойств волокнистых материалов. Установлено, что в выступающих областях поверхности материала наблюдается пониженное содержание чернил или тонера, приводящее к формированию светлых участков на оттиске. В углублениях, напротив, происходит накопление красящего вещества, что обуславливает появление более темных пятен. Неравномерность распределения тона на оттиске, проявляющаяся в виде пятнистости, является одним из ключевых факторов, определяющих соответствие упаковки из картона требованиям качества. Толщина также является важным параметром, определяющим массу квадратного метра, которая используется при классификации сортов продукции и формировании ее стоимости.

Волокнистые целлюлозосодержащие материалы, в частности картон, характеризуются шероховатой поверхностью и неоднородным распределением волокон, что обуславливает вариативность толщины листа. Для бумаги и картона с покрытием отклонения толщины не

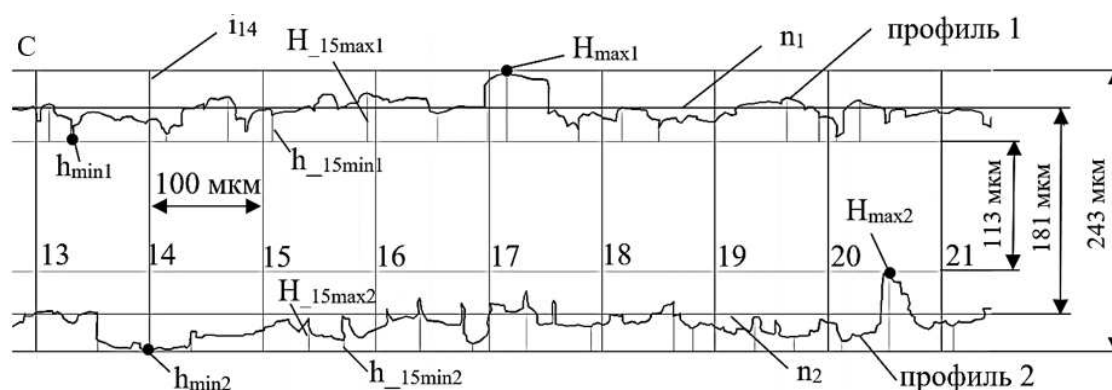
превышают нескольких микрометров. Для офисных видов бумаги наблюдается незначительное увеличение разброса значений толщины. Наиболее ярко выраженная проблема неоднородности толщины характерна для гофрированного картона и его отдельных слоев, особенно при использовании вторичного сырья в процессе производства. При визуальном анализе поперечного сечения покровного плоского слоя гофрированного картона отмечается значительная неровность поверхности, отражающая вариативность толщины.

В экспериментальной части были изучены образцы одно-, двух-, трех- и четырехслойного картона для лайнера с массой квадратного метра  $120 \text{ г/м}^2$ . В качестве сырья для исследуемого картона использовалась макулатура на основе офисных видов бумаги (белого цвета) и макулатура на основе гофрированного картона (бурого цвета).

На рис. 1 представлена схема с выделенными верхним и нижним профилями образца многослойного картона. Для каждого профиля определяются три горизонтальные линии, соответствующие максимальным выступам ( $H_{i\_max1}$ ,  $H_{i\_max2}$  – максимальное значение высоты профиля 1 и профиля 2,  $h_{i\_min1}$ ,  $h_{i\_min2}$  – минимальное значение профиля 1 и профиля 2) и среднее значение по всем выступам и впадинам ( $n_1$ ,  $n_2$ ). Область профиля разделялась на 25 секторов протяженностью 100 мкм каждый.

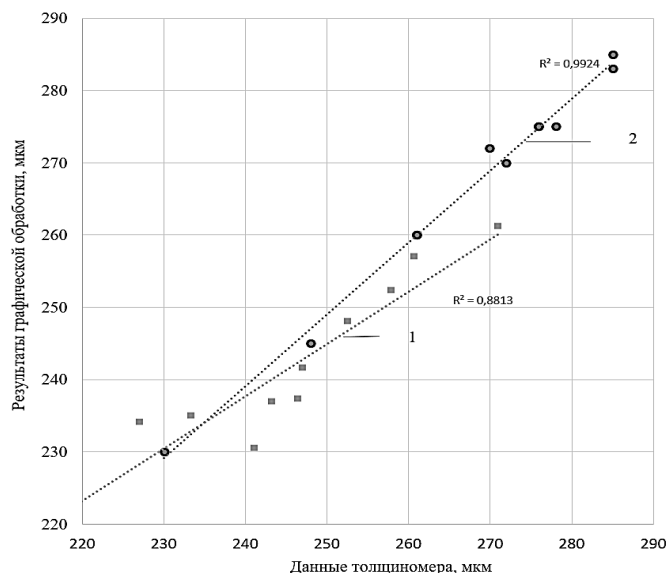
В каждом секторе определялись максимальные и минимальные значения высоты профилей верхнего и нижнего слоев. На основе среднего значения, полученного из 50 измерений, строилась средняя линия для каждого профиля.

Максимальная толщина картона, определенная как разница между максимальным значением профиля 1 и минимальным значением профиля 2 ( $H_{max1} - h_{min2}$ ) составляет 243 мкм и соответствует максимальной толщине картона лайнера.



**Рисунок 1 – Схема для определения толщин картона по графической обработке профиля: 1 – профиль покровного слоя; 2 – профиль нижнего слоя**

Данные, полученные с помощью графической обработки поперечного среза по указанной на рис. 1 схеме, сопоставлялись с данными определения толщины стандартным методом с помощью толщиномера (рис.2).



**Рисунок 2 – Сопоставление результатов определения толщины стандартным методом с результатами определения с помощью графической обработки:**  
**1 – сопоставление данных по среднему значению толщины;**  
**2 – по максимальной толщине**

Из данных, представленных на рис. 2, следует, что наименьшие расхождения наблюдаются между максимальными значениями толщины. Коэффициент детерминации снижается с 0,99 до 0,88. Согласно данным, приведенным Фляте Д. М. и Джеймсом К., толщина, определяемая стандартными методами, частично зависит от сжимаемости волокон, которая, в свою очередь, определяется природой волокна, его морфологическими характеристиками, наличием наполнителя, а также влажностью и температурой окружающей среды.

Важно отметить, что картон, в отличие от бумаги, характеризуется повышенной шероховатостью поверхности, что может приводить к увеличению погрешности при расчетах механических свойств. Результаты проведенного анализа показывают, что среднее значение толщины картона, определенное стандартным методом, ближе к максимальному значению, полученному в результате графического анализа профиля.

Данное наблюдение позволяет предположить наличие значительного количества пустот на поверхности картона, которые учитываются при расчете механических свойств, однако их фактическое влияние на эти свойства может быть незначительным.