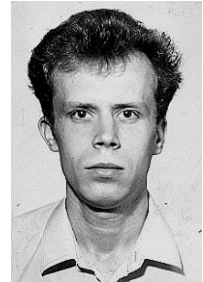


УДК 676.76

**Я.В. Казаков, В.И. Комаров**

Казаков Яков Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



### К ВОПРОСУ О РАСТРЕСКИВАНИИ НАРУЖНОГО СЛОЯ КАРТОНА-ЛАЙНЕРА ПРИ РИЛЕВКЕ И ФАЛЬЦОВКЕ ГОФРОКАРТОНА

Предложенный способ испытаний позволяет разработать метод прогнозирования механического поведения гофрокартона при рилевке.

Ключевые слова: картон крафт-лайнер, рилевка, деформация, жесткость.

Ящики из гофрированного картона являются наиболее массовой продукцией, используемой в качестве транспортной тары. При изготовлении ящиков из листового гофрированного картона вырезанная по формату заготовка проходит ряд технологических операций, которые завершаются рилевкой (нанесение продольных линий на плоские заготовки ящиков), фальцовкой (сгибание и складывание заготовки) и склейкой [2, 3].

Рилевка гофрокартона производится различными муфтами. Размеры и профиль муфт выбирают с учетом толщины гофрированного картона  $T$  и суммарной толщины компонентов картона – флютинга и лайнера  $T_1$  [5].

ГОСТом [1] предусмотрено использование муфт с формой профиля в виде равнобокой трапеции, которая вписывается всеми своими углами в полуокружность с диаметром, равным ее нижнему основанию (рис.1, табл.1). Высота трапеции должна соответствовать половине верхнего

Рис. 1. Основные размеры профилей рилевочных муфт 1 и 2 ( $H$ ,  $B_1$  – глубина и ширина канавки муфты,  $B$  – ширина выступа муфты)

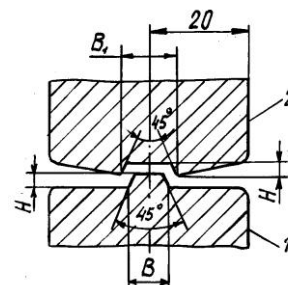


Таблица 1

## Характеристика рилевочных муфт

Номер комплекта	$B_1$	$B$	$H$
	мм		
1	4,5	2,3	0,8
2	6,1	4,0	1,4
3	8,3	5,7	2,0
4	10,9	7,9	2,8
5	15,3	11,3	4,0

основания. Профиль выемки между выступами на муфте 2 должен соответствовать профилю ободка муфты 1 с учетом толщины картона  $T_1$  в зоне рилевки (рис. 2).

Величина  $T_1$  определяется как сумма толщин плоских слоев картона плюс трехкратная толщина бумаги для гофрирования, так как при сдавливании гофров бумага складывается в три слоя [5]:

$$T_1 = \sum_1^n \delta + 3 \sum_1^m \delta_1, \quad (1)$$

где  $n$  – число плоских слоев гофрированного картона;

$m$  – число слоев бумаги для гофрирования;

$\delta$  – толщина слоя лайнера;

$\delta_1$  – толщина слоя флютинга.

Толщина гофрокартона  $T$  зависит от суммы толщин плоских слоев картона, числа волнистых слоев и высоты  $h$  гофров, определяемых типом гофров (рис. 3, табл. 2).

Физическая сущность процесса рилевания заключается в уплотнении картона на узком прямолинейном участке, в результате чего на заготовке формируется линия рилевки, служащая местом перегиба картонной заготовки при формировании ящика. Нанесенная рилевка должна обеспечивать перегиб картона на 90 или 180°, при этом не должен происходить сильный зажим внутреннего гладкого слоя, так как возникающие предельные напряжения в наружном слое могут вызвать его разрыв [2].

После рилевания гофрированный картон подвергается перегибу, по линии рилевки происходит его дополнительное растяжение, что приводит к снижению прочности.

При качественно проведенном рилевании картон по линии рилевки легко складывается без появления трещин в месте перегиба, что имеет

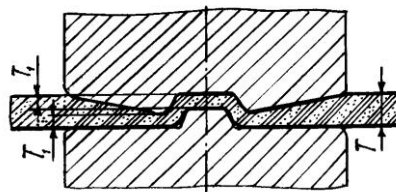


Рис. 2. Размеры гофрированного картона между рилевочными муфтами

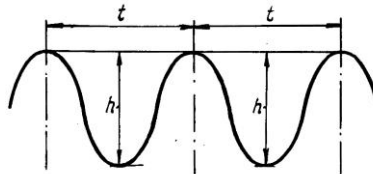


Рис. 3. Схема определения параметров гофрированного слоя картона ( $t$  – шаг)

большое значение, особенно, для недостаточно прочных видов картона. Для них рилевку проводят с минимальным растяжением плоских слоев.

Увеличение ширины рилевки гофрированных картонов снижает сопротивление сжатию готовых ящиков [2].

В процессе нанесения линий рилевки в картоне наблюдается значительное растяжение покровных слоев, возникающее в локальных областях действия рилевочных муфт. При этом напряженно-деформированное состояние материала заготовки непрерывно изменяется от одноосного сжатия и растяжения с краю муфты до двухосного растяжения в зоне вытяжки между муфтами. Наибольшая интенсивность напряженно-деформированного состояния возникает в локальных областях перехода от плоской части заготовки к формуемой канавке и по оси вытяжки в вершине канавки.

Поскольку картон является вязко-упругим материалом, при расстоянии между муфтами больше  $T_1$  наружные слои картона не принимают форму рилевочной канавки: их профили не совпадают. При рекомендуемом расстоянии между муфтами [1], равном половине толщины гофрокартона  $T$ , в первом приближении можно принять, что в зоне рилевки плоская поверхность наружного картона преобразуется в участок цилиндрической поверхности с внешним радиусом  $R$ , центральным углом  $2\alpha$  и высотой  $H$  (рис. 4). Если же муфты сводятся на расстояние  $T_1$ , т. е. до полного смятия гофров, то профиль наружной поверхности картона в зоне рилевки имеет форму трапеции (см. рис. 2).

В результате рилевки происходит вытяжка материала. При этом относительная деформация  $\varepsilon$  может быть определена количественно как разница между длинами поверхности наружного слоя картона, подвергнутого  $l_1$  и не подвергнутого  $l_0$  рилеванию:

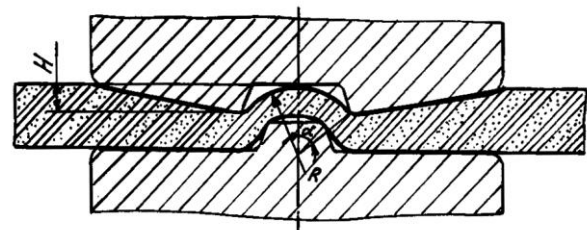
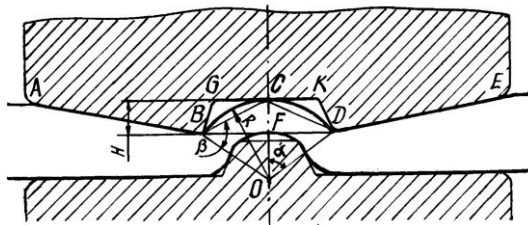


Рис. 4. Профиль картона между рилевочными муфтами при неполном смятии волнистого слоя

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\% . \quad (2)$$

Если допустить, что в областях АВ и DE (рис. 5) материал не подвергается растяжению, а местное растяжение наблюдается лишь на участке BD, то, согласно формуле (2), минимальную степень деформации (вытяжки) можно выразить соотношением

Рис. 5. Расчетная схема для определения вытяжки картона при рилевке



$$\varepsilon_{\min} = \frac{\cup BD - |BD|}{|BD|} \cdot 100 \% ; \quad (3)$$

максимальную

$$\varepsilon_{\max} = \frac{|BGKD| - |BD|}{|BD|} \cdot 100 \% . \quad (4)$$

Длина хорды BD равна  $B_1$  (см. рис. 1):

$$|BD| = B_1 = 2R \sin\left(\frac{n^\circ}{2}\right) = 2R \sin \alpha; \quad (5)$$

длина дуги

$$\cup BD = \pi R \frac{n^\circ}{180} = \pi R \frac{\alpha}{90}. \quad (6)$$

Из треугольника FBC находим длину гипотенузы BC и угол  $\beta$ :

$$|BC| = \sqrt{(B_1/2)^2 + H^2}; \quad (7)$$

$$\cos \beta = \frac{H}{|BC|}. \quad (8)$$

Из равнобедренного треугольника OBC находим угол

$$\alpha = 180 - 2\beta; \quad (9)$$

из треугольника FBO – длину гипотенузы BO:

$$|OB| = R = \frac{B_1}{2} \sin \alpha. \quad (10)$$

Нами проведен расчет вытяжки картона при использовании стандартных комплектов рилевочных муфт (табл. 3). Анализ процессов, происходящих в структуре гофрированного картона при рилевке, показал, что имеют место сильные деформации растяжения на коротком участке, захватывающем пространство, примерно равное расстоянию между соседними волнами гофров. В этих условиях подвергается рилевке участок картона длиной 5 ... 15 мм удлинится на 0,37 ... 2,65 мм.

Кроме размеров муфт, область растягивающих напряжений ограничивается впитавшимся клеем в местах склейки плоского и волнистого слоя на коротком участке между волнами гофров. При этом главную роль в прочности материала играют собственная прочность волокон и их длина, в определенной степени обуславливающая величину межволоконных сил связи.

Таблица 3

## Изменение показателей деформирования картона в зоне рилевки

Показатель	Значение показателя для комплекта муфт				
	1	2	3	4	5
Ширина канавки муфты, мм	4,5	6,1	8,3	10,9	15,3
Глубина канавки муфты, мм	0,8	1,4	2,0	2,8	4,0
Угол $\alpha$ , град	39,1	49,3	51,4	54,4	55,2
Радиус дуги BD, мм	3,56	4,02	5,31	6,70	9,31
Длина дуги BD, мм	4,87	6,92	9,53	12,73	17,95
Длина трех сторон трапеции BGKD, мм	5,57	7,97	10,97	14,64	20,65
Вытяжка $\Delta l_{\min}$ , мм	0,37	0,82	1,23	1,83	2,65
Максимальная вытяжка $\Delta l_{\max}$ , мм	1,07	1,87	2,67	3,74	5,35
Деформация $\epsilon_{\min}$ , %	8,2	13,5	14,8	16,8	17,3
Максимальная деформация $\epsilon_{\max}$ , %	23,7	30,7	32,2	34,3	34,9

Используемые при оценке качества картона-лайнера механические характеристики (сопротивление продавливанию и сопротивление сжатию кольца) не воспроизводят реально имеющих место условий деформирования при рилевке и фальцовке. Поэтому прогнозировать по стандартным характеристикам поведение картона при рилевке затруднительно и требуется использование дополнительных характеристик. Такие характеристики могут быть получены при проведении испытаний образцов с малой длиной, соответствующей расстоянию между гофрами в картоне.

На рис. 6 представлены кривые усилие–удлинение для образцов картона крафт-лайнер производства двух отечественных предприятий с массой  $1 \text{ м}^2$  – 125, 150 и 200 г, испытанных при стандартном (100 мм) и уменьшенном (10 мм) расстоянии между зажимами разрывной машины.

Картон этих производителей отличается композицией по волокну и технологией формования структуры листа на сеточном столе КДМ. На первом предприятии в композицию крафт-лайнера входят: основной слой – сульфатная хвойная целлюлоза высокого выхода (ЦВВ) и листовая нейтально-сульфитная полуцеллюлоза; покровный слой – только ЦВВ; отлив осуществляется на одном сеточном столе с двумя напорными ящиками. На втором предприятии в композицию основного и покровного слоев картона входят сульфатная хвойная и листовая целлюлоза нормального выхода; отлив каждого слоя осуществляется на своей сетке с последующим соединением слоев на сетке основного слоя. Поэтому крафт-лайнер на втором предприятии отличается менее прочным и более гибким волокном и, соответственно, повышенной прочностью и растяжимостью, но меньшей жесткостью.

Результаты свидетельствуют, что картон, обладающий достаточно высокой растяжимостью при стандартной длине образцов, при короткой длине образцов обнаруживает гораздо меньшую величину деформации разрушения (удлинение до разрыва составляет около 1 мм и уменьшается при снижении массы  $1 \text{ м}^2$  картона). Растяжимость картона первого предприятия

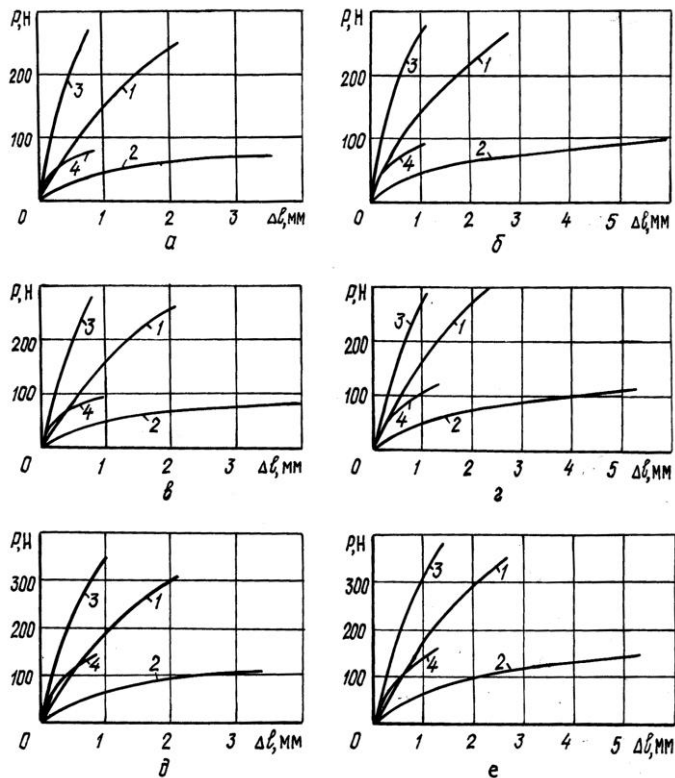


Рис. 6. Сравнительная характеристика деформативности при растяжении образцов картона крафт-лайнера разной длины: 1, 2 – при длине образцов 100 мм; 3, 4 – 10 мм; 1, 3 – в направлении MD; 2, 4 – CD; а, в, д – картон первого предприятия; б, г, е – второго предприятия; а, б – масса  $1 \text{ м}^2$  составляет 125 г; в, г – 150; д, е – 200 г;

в этих условиях несколько меньше. С увеличением массы  $1 \text{ м}^2$  картона растяжимость коротких образцов увеличивается за счет большего количества элементов структуры, способных к растяжению.

Теоретические расчеты показывают, что при рилевке имеет место удлинение материала в локальной области приложения нагрузки (до 0,5... 2,5 мм). Эти значения близки к разрушающему удлинению образцов, испытанных при малом расстоянии между зажимами.

Таким образом, предложенный способ испытаний картона для плоских слоев гофрированного картона позволяет разработать метод прогнозирования механического поведения гофрокартона при рилевке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7376–89. Картон гофрированный. Общие технические условия. – Введен с 01.01.91.
2. Данилевский В.А. Картонная и бумажная тара. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 248 с.
3. Ефремов Н.Ф. Тара и ее производство: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – М.: МГУП, 2001. – 312 с.
4. Ильин В.Я. Машины и оборудование для переработки бумаги и картона: Учебник для техникумов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 200 с.
5. О рилевании гофрированного картона / П.Н. Варенцов, Г.А. Карпова, Л.С. Мордовина и др. // Бум. пром-сть. – 1983. – № 6. – С. 23–24.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 5.10.02

*Ya.V. Kazakov, V.I. Komarov*

**On Cracking Kraft Liner under Creasing and Seaming  
of Corrugated Board**

The proposed trial method allows to develop method of forecasting mechanic behavior of corrugated board under creasing.

---