

## **1. ПРОИЗВОДСТВО ГОФРИРОВАННОГО КАРТОНА**

Особое место среди картонов и картонажных материалов для тары занимает картон с гофрированным профилем средних слоев (гофрированный картон, или гофрокартон). Производство гофрокартона – одно из важных направлений переработки бумаги и картона.

Первый патент по гофрированию бумаги был зарегистрирован в Англии еще в 1856 г. Гофрированную бумагу использовали, в основном, для декоративных украшений, например, при производстве дамских шляпок.

Важным моментом в развитии производства гофротары стало использование двуслойного гофрокартона. Первый патент на двуслойный картон в США был зарегистрирован в 1874 г. Владельцем патента стал американец Стив Лонг, предложивший приклеивать к гофрированному слою плоский слой бумаги. Двуслойный гофрокартон широко применялся для упаковки хрупких стеклянных изделий (бутылок, стекол керосиновых ламп и др.).

В 1895 г. в США была выпущена первая машина с механическим приводом для изготовления двуслойного гофрокартона и наматывания его в рулоны. Еще год спустя, американец Роберт Томсон запатентовал трехслойный гофрокартон. В 1916 г. появился пятислойный, а в 1953 г. – семислойный гофрокартон. Дальнейшее развитие производства гофрокартона происходило, в основном, за счет разработки и применения различных видов гофров.

### **5.1. Исходные материалы для производства гофрированного картона**

Для изготовления гофрокартона используют картон для плоских слоев (лайнер), бумагу для гофрирования (флютинг) и клей. Рассмотрим эти элементы подробнее.

#### **5.1.1. Картон для плоских слоев (лайнер)**

Роль лайнера заключается в придании прочности и в сохранении гофрированного картона как единого целого. От качества лайнера во многом зависят свойства гофрированного картона как при нагрузках в практическом использовании, так и в отношении внешнего вида изготовленной из него упаковки. Лайнером, в принципе, может служить практически любой картон, в том числе и картон из макулатуры. Главными требованиями к нему являются прочность и пригодность к склейке.

Наилучшие виды упаковки из гофрированного картона получают в результате применения прочных сортов картона (крафт-лайнера), который изготавливается из первичных волокон сульфатной небеленой целлюлозы. Картон (тест-лайнер), изготовленный с использованием вторичного волокна (макулатуры), имеет, как правило, более низкие показатели качества, но за счет своей сравнительной дешевизны получил весьма широкое распространение.

В зависимости от основных показателей, картон для плоских слоев выпускается согласно ГОСТ Р 53207-2008 или в соответствии с местными

техническими условиями. ГОСТ предусматривает разделение картона-лайнера на марки: К-0, К-1, К-2, К-3, К-4. Картон марок К-0 и К-1 должен изготавливаться из 100%-й сульфатной целлюлозы. В картоне марки К-2 сульфатная целлюлоза используется только для покровного слоя картона. Марки К-3 и К-4 по составу волокна не нормированы и в значительных объемах вырабатываются с применением макулатуры. В некоторых технических условиях такой картон фигурирует как картон марки М.

Обычно в качестве лайнера используют картон с массой от 125 до 350 г/м<sup>2</sup>. Высококачественный картон должен обладать привлекательным внешним видом, необходимыми печатными и поверхностными свойствами, в отдельных случаях – повышенной влагостойкостью. При использовании беленого волокна в наружном слое гофрокартона получают белую поверхность, пригодную к многокрасочному полиграфическому оформлению.

В тех случаях, когда для оформления изделий требуется графика особенно высокого уровня, в качестве лайнера может использоваться плотная белая крафт- бумага. Такая бумага, перед тем как она станет частью гофрированного картона, предварительно запечатывается. Таким образом удается избежать неровностей печати, возникающих при запечатывании поверхности уже готового гофрокартона.

### **5.1.2. Бумага для гофрирования (флютинг)**

Бумага для гофрирования (флютинг) должна обладать высоким показателем жесткости (сопротивление торцевому и плоскостному сжатию гофрированного образца) и прочностью при растяжении. Жесткость бумаги для гофрирования во многом определяет жесткость гофрокартона в целом, так как гофры принимают на себя основную силовую нагрузку. Именно от характеристик этой бумаги зависят амортизационные свойства гофрокартона и тары из него.

Основными исходными материалами для производства флютинга являются полуцеллюлоза или древесная масса, которые обладают самыми высокими показателями жесткости. На практике, зачастую состав по волокну бумаги для гофрирования приближается к составу тест-лайнера, т.е. может содержать до 100 % макулатуры. В этих случаях для повышения показателя жесткости производят проклейку бумаги как в массе, так и поверхностную.

Бумага для гофрирования производится в соответствии с ГОСТ Р 53206- 2008 или с местными техническими условиями. ГОСТ предусматривает разделение такой бумаги на марки Б-0, Б-1, Б-2, Б-3. В качестве флютинга используется бумага массой от 80 до 160 г/м<sup>2</sup>.

### **5.1.3. Клеи для соединения слоев гофрокартона**

Отдельные слои гофрированного картона в настоящее время склеиваются при помощи обычного крахмального клея (15–20 г/м<sup>2</sup> картона). Однако клей из

обычного крахмала не выдерживает высокой влажности воздуха, в результате чего теряется прочность склейки. Для компенсации этих потерь используют клеи из модифицированного крахмала и другие водостойкие клеи. Более устойчивый к погодным условиям (влажности) клей будет дольше и лучше сохранять качество тары.

## 5.2. Структура и виды гофрированного картона

Гофрированный картон – это материал, используемый как для транспортной, так и для потребительской тары. Он изготавливается согласно ГОСТ Р 52901- 2007 «Картон гофрированный для упаковки продукции». К типичным видам этого материала относится: двух-, трех- и пятислойный гофрокартон (рис. 5.1).

**Двуслойный** гофрокартон типа «Д» состоит из одного слоя гофрированной бумаги (флютинга), склеенного с одним плоским слоем картона (лайнера). Поставляется в рулонах. Материал сочетает в себе амортизационные свойства, гибкость в продольном направлении и жесткость в поперечном. Его используют как защитную упаковку для хрупких и бьющихся изделий, для упаковки книг, пересылаемых почтой, мебели и других изделий. Долгое время такой картон применялся для упаковки электрических лампочек.

**Трёхслойный** гофрокартон типа «Т» состоит из двух плоских слоев лайнера, приклеенных к третьему гофрированному слою – флютингу. Поставляется только в листах. Тара из него имеет хорошие амортизационные свойства, обладает способностью к штабелированию, имеют пригодную для нанесения печати поверхность. Его используют для изготовления транспортной и потребительской тары. В зависимости от места применения, используют различные профили гофр.

**Пятислойный** гофрокартон типа «П» состоит из трех слоев лайнера и двух слоев флютинга. Обладает комплексом защитных свойств, имеет высокую прочность тары при штабелировании и пригодную для нанесения печати поверхность.

Возможно использование различных профилей гофр в отдельных внутренних слоях. Такой картон применяют, в основном, для транспортной тары. **Семислойный** – три слоя флютинга и четыре – лайнера. Этот картон повышенной прочности иногда используют для производства транспортной тары вместо древесины, если нужен аналогичный уровень прочности и значительное снижение веса.

Пяти- и семислойный гофрокартон используется, в основном, при изготовлении поддонов и контейнеров, предназначенных для тяжелых и объемных товаров, таких как бытовая техника или мебель. Имеются сведения о том, что во Франции работает компания, которая выпускает девятислойный гофрированный картон.

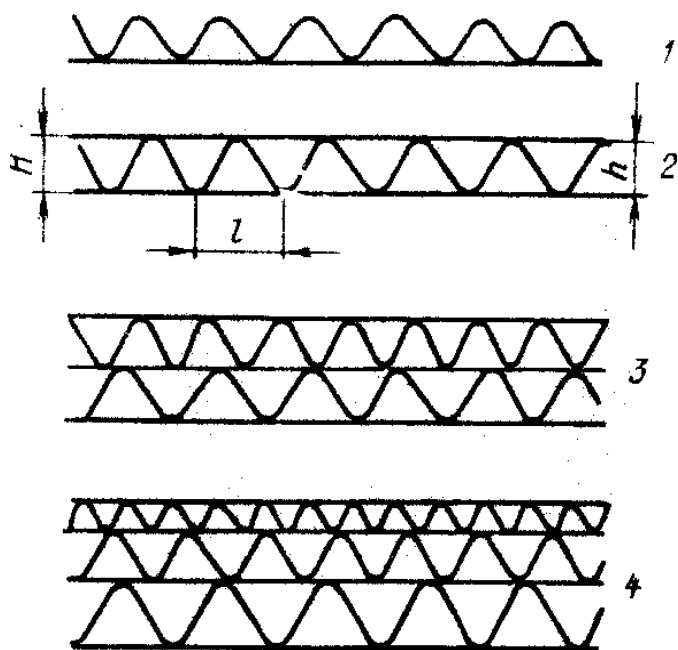


Рис. 5.1. Картон гофрированный:

1 – двухслойный; 2 – трехслойный; 3 – пятислойный; 4 – семислойный;

$H$  – толщина картона;  $h$  – высота гофра;  $l$  – шаг гофры

Различные марки гофрокартона предназначены для разных изделий:

- картон марки Д предназначен, как правило, для изготовления вспомогательных упаковочных средств;

- картоны марок Т11–Т15 (класс 1) предназначены для изготовления тары и вспомогательных упаковочных средств, а также для продукции и изделий, способных воспринимать нагрузки при штабелировании и динамические нагрузки;

- картоны марок Т21–Т27 (класс 2) предназначены для изготовления тары и вспомогательных упаковочных средств для продукции и изделий, не способных воспринимать нагрузки при штабелировании;

- картоны марок П31–П37 (класс 3) предназначены для изготовления крупногабаритной высокопрочной и жесткой тары и контейнеров;

- картоны марок С41–С45 (класс 4) предназначены для изготовления крупногабаритной и особо прочной тары.

В таблице 5.1 дана сводка классификации и назначений основных видов гофрированного картона.

Таблица 5.1 – Классификация и назначение гофрированного картона

Тип	Класс	Марка	Назначение
Д	–	Д	Изготовление вспомогательных упаковочных средств (прокладки, решетки и др.)
Т	1	T11, T12, T13, T14, T15	Изготовление тары и вспомогательных упаковочных средств для упаковывания продуктов и изделий, способных воспринимать нагрузки штабеля
Т	2	T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27	Изготовление тары и вспомогательных упаковочных средств для упаковывания продукции и изделий, не способных воспринимать нагрузки штабеля
П	3	П35, П36, П37	воспринимать нагрузки штабеля
П	3	П31, П32, П33, П34	Изготовление крупногабаритной высокопрочной, жесткой тары и контейнеров

Стандартные размеры гофров имеют обозначения А, С, В, Е и F, располагаемые по мере уменьшения шага и высоты гофров. Стандартные конфигурации гофров приведены в табл. 5.2. В данной таблице коэффициент гофрирования представляет собой отношение длины гладкой бумаги к длине той же бумаги после гофрирования.

Таблица 5.2 – Стандартные конфигурации гофров

Вид гофра	Наименование гофра	Высота гофра, мм	Шаг гофра, мм	Число гофров на 1 пог. м	Коэффициент гофрирования
А	Крупный	4,4-6,5	8,0-9,5	105-125	1,570
С	Средний	2,2-4,4	6,5-8,0	125-154	1,479
В	Мелкий	2,2-3,2	4,5-6,4	156-222	1,333
Е	Микро	1,1-1,6	3,2-3,6	278-312	1,250
F	Супермикро	0,75-1,0	1,5-3,0	333-667	-

Отдельные виды гофрокартона, в зависимости от профиля гофров, обладают специфическими свойствами.

**Гофрированный картон с гофром А** (крупный гофр) обладает большой упругостью и применяется для упаковки продукции из стекла, керамики и других изделий, требующих повышенной защиты от ударов и толчков. Большая высота и шаг гофров при сравнительно небольшом количестве их на 1 погонный метр полотна картона придают ему амортизирующую способность. Этот тип картона рекомендуется использовать для различного вида прокладок, вкладышей и амортизаторов. При повышенной массе 1 м<sup>2</sup> флутинга гофр А позволяет создать достаточно жесткий и прочный ящик.

**Гофрированный картон с гофром В** (мелкий гофр) применяется для изготовления тары, от которой не требуется высоких амортизационных показателей, но требуется достаточная жесткость. Он, в частности, предназначен для упаковки твердых грузов, таких как консервы в металлических банках, изделия бытовой химии в потребительской таре и др. Обычно используется в тех случаях, когда не требуется высокая прочность ящиков при штабелировании.

**Гофрированный картон с гофром С** (средний гофр) является наиболее распространенным видом гофрокартона. Он сочетает в себе свойства гофрокартона с гофром А и с гофром В, обладая одновременно достаточной жесткостью и амортизирующей способностью, что дает возможность использовать для упаковки различных видов продукции.

**Гофрированный картон с гофром Е** (микрогофр) благодаря большому количеству гофров на 1 погонный метр полотна картона имеет более ровную внешнюю поверхность и высокую жесткость в обоих направлениях. Это обеспечивает возможность нанесения высококачественной текстовой и иллюстративной печати. Благодаря этому он находит применение для изготовления разного рода потребительской тары или используется в качестве наружного слоя многослойного комбинированного гофрокартона. Картон с гофром Е имеет вдвое больший показатель торцевой жесткости, чем сплошной склеенный картон такой же массы. Комбинация гофра Е с другими видами гофров (например: А-Е, В-Е, С-Е, Е-А-В) позволяет получить гофрированный картон с улучшенными свойствами и повышенной прочностью.

**Семислойный картон** используется для изготовления поддонов и контейнеров. Сочетание различных типов гофров в нем может придать ему следующие достоинства:

- наружный слой с гофром Е придает хорошую жесткость картона в обоих направлениях, амортизирует удары, снижает коробление поверхности и сохраняет достаточную прочность при повышении относительной влажности окружающей среды;

- внутренний слой с гофром В, обладая определенной жесткостью и сопротивлением плоскостному сжатию, способен выдерживать давление с внутренней стороны коробки, оказываемое упакованным продуктом;

- внутренний слой с гофром А придает картону хорошую упругость (эластичность) и способность амортизировать ударные нагрузки;

- наружный слой состоит из обычного лайнера.

Кроме указанных в ГОСТе марок, встречаются и другие виды гофрокартона. Это тяжелый гофрированный картон, легкий микрогофрокартон и мелованный гофрокартон.

**Тяжелый гофрокартон** имеет массу более 1200 г/м<sup>2</sup>. Его используют, в основном, для производства комбинированной упаковки в сочетании с другими материалами, обычно с древесиной. Картон выпускают в виде листов и используют в качестве плоских панелей.

**Микрогофрокартон и легкий гофрокартон** значительно тоньше и менее жесткий по сравнению с обычным картоном. В нем больше гофров на единицу

длины. Массы лайнера и флютинга составляют менее 53 и 44 г/м<sup>2</sup> (упаковка для гамбургеров). Основное требование – безупречная поверхность для нанесения печати. В связи с этим были разработаны более тонкие профили гофров (например, G2, N, O), которые позволяют использовать более легкий лайнер для запечатываемой поверхности. Микрогофрокартон представляет собой альтернативу обычному сплошному картону, как материал, позволяющий экономить 30÷40 % волокнистого сырья.

**Мелованный гофрокартон** имеет наружный слой лайнера, покрытый меловальным составом. Наличие меловального слоя создает затруднения при обработке лайнера на гофроагрегате из-за того, что он плохо пропускает влагу при сушке. Мелованные, или лайнеры с «покрытием», пользуются большим спросом. Коробление, волнистость и качество профиля – потенциальные типичные дефекты, с которыми сталкиваются при переработке и нанесении печати на мелованном гофрокартоне.

### 5.3. Свойства и методы испытаний гофрированного картона

Качество гофрированного картона определяется сочетанием физических, прочностных, барьерных и других характеристик. Очень важной является равномерность значений этих характеристик по длине и ширине полотна. Для описания свойств используют следующие показатели качества.

**Масса единицы площади.** Массу единицы площади  $M$  (г/м<sup>2</sup>) рассчитывают для трехслойного гофрокартона по следующей схеме:

$$M = L_1 + L_2 + aF + c, \text{ г/м}^2,$$

где  $L_1$  и  $L_2$  – массы (г) единицы площади верхнего и нижнего слоя лайнеров;  $F$  – масса (г) единицы площади среднего гофрированного слоя;  $a$  – коэффициент гофрирования;  $c$  – расход клея (г) на 1 м<sup>2</sup> гофрокартона.

Порядок величины массы трехслойного гофрокартона составляет 550 г/м<sup>2</sup>, а пятислойного – около 750 г/м<sup>2</sup>. При расчете массы м<sup>2</sup> для пяти- и выше- слойного гофрокартона учитывают дополнительные значения массы плоских, гофрированных слоев и клея.

**Влажность** образца гофрокартона измеряют с помощью гравиметрического анализа. На выходе из гофроагрегата влажность гофрокартона с гофром В или С должна составлять 7–7,5 %. Чувствительность картона к колебаниям влажности окружающей среды следует учитывать при его использовании.

**Физико-механические свойства** гофрированного картона в значительной мере зависят от его влажности и от скорости приложения нагрузки. Содержание влаги сверх нормы снижает такие механические свойства, как сопротивление

сжатую, продавливаную и разрыву. Чем больше скорость приложения нагрузки, тем выше значение показателей прочности.

Гофрированный картон относится к анизотропным материалам, имеющим неодинаковые свойства вдоль и поперек полотна. При приложении сил в направлении, перпендикулярном к гофрам, гофрированный слой работает как амортизирующий материал, а вдоль направления гофров – как жесткий материал. Плоские слои гофрированного картона фиксируют положение гофрированного слоя и при эксплуатации испытывают нагрузки сжатия, растяжения и продавливания.

К основным методам испытаний гофрокартона относят:

**1. Испытание на сопротивление продавливанию.**

Сопротивление продавливанию определяется величиной давления, при котором происходит разрушение образца. Фиксируется плавно нарастающее давление на зажатый между двумя кольцами образец картона, вплоть до его разрушения. Давление прикладывается с помощью стержня с резиновой диафрагмой. Сопротивление продавливанию для картонов типа Т должно составлять от 0,7 до 2,0 МПа.

**2. Испытание на сопротивление торцевому сжатию.**

Сопротивление торцевому сжатию определяется величиной разрушающего усилия при сжатии образца картона, установленного вертикально на торец гофров. На образец воздействует нарастающая вертикальная нагрузка до тех пор, пока он не будет поврежден. Сопротивление торцевому сжатию трехслойного картона должно составлять от 2,7 до 7,0 кН/м и зависит от жесткости, придаваемой картону его компонентами.

**3. Испытание на сопротивление плоскостному сжатию.**

Сопротивление плоскостному сжатию определяется величиной давления, при котором происходит смятие гофров гофрокартона. Нарастающая нагрузка воздействует на плоско расположенный образец гофрокартона. Это испытание выявляет, прежде всего, жесткость флютинга, которая должна составлять от 0,23 до 0,61 МПа.

**4. Испытание на излом при многократных перегибах.**

Прочность на излом при перегибах определяется числом двойных перегибов, при котором происходит разрушение образца. Проводится следующим образом: установленный в зажимах образец перегибается по линии рилевки в две стороны (на 180°) до тех пор, пока на изгибе не появятся трещины. Число двойных перегибов без повреждений не должно быть менее 10.

**5. Испытание на прочность при расслаивании.**

Прочность при расслаивании определяется следующим образом: образец закрепляется между пластинами в зажимах разрывной машины и растягивается до расслаивания. Данное испытание характеризует качество используемого клея и технологию склейки при соединении слоев гофрокартона. Для трехслойного гофрокартона оно должно составлять не менее 0,2 кН/м.

**6. Величина коробления листа картона** по ширине замеряется в статических условиях в мм на метр ширины гофрокартона.



Некоторые ориентировочные нормы показателей качества гофрированного картона приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3. – Ориентировочные нормы показателей качества гофрированного картона

Показатель	Д	T11–T15	T21–T27	ПЗ–ПЗ7
Сопротивление продавливанию (абсолютное), МПа	0,2	1,1-2,0	0,7-1,7	1,1-2,8
Удельное сопротивление разрыву с приложением разрушающего усилия вдоль гофров по линии рилевки после выполнения одного двойного перегиба на 180°, кН/м, не менее	-	8-16	4-11	7-21
Сопротивление торцевому сжатию вдоль гофров, кН/м, не менее	-	3,0-4,0	2,2-7,0	5,0-7,0
Сопротивление расслаиванию, кН/м, не менее	-	0,2	0,2	-
Влажность, %	6-12	6-12	6-12	6-12

Существенным показателем качества поверхности гофрокартона является коэффициент трения, который влияет на допустимую скорость подачи картона и качество обработки его на высекальных автоматах. Величина коэффициента трения гофрокартона по металлу должна составлять не менее 0,4.

#### **5.4. Технология изготовления гофрокартона и элементы оборудования**

Для изготовления гофрированного картона применяют гофрировальные агрегаты (гофроагрегаты), упрощенная схема которых представлена на рис. 5.2. На этих агрегатах осуществляется не только процесс производства самого гофрированного картона, но и дополнительные операции по его переработке (резка, рилевка). Продукцией агрегата для производства самого распространенного трехслойного гофрированного картона является жесткий картон в виде отдельных листовых заготовок для будущей картонной тары.

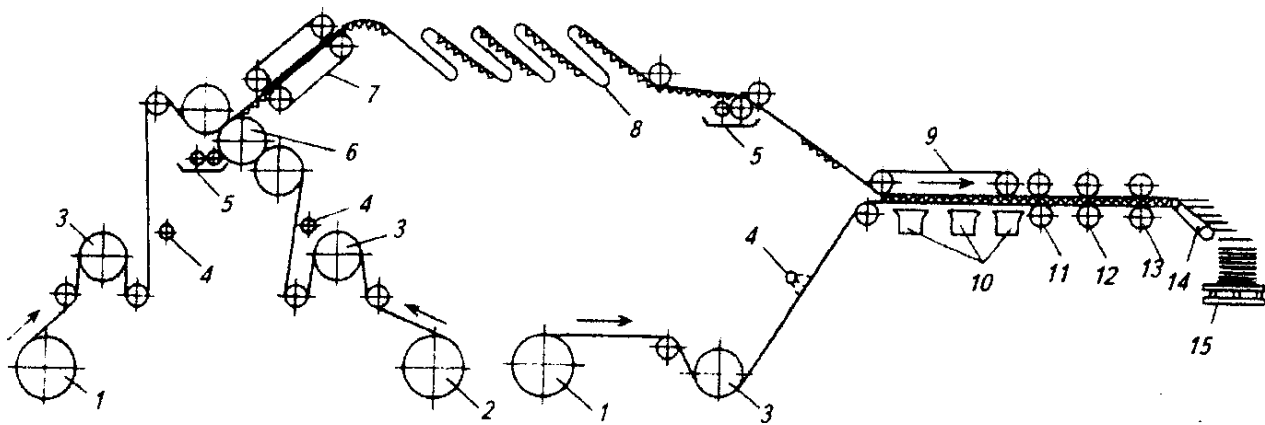


Рис. 5.2. Схема гофрировального агрегата:

- 1 – раскаты картона-лайнера; 2 – раскат бумаги; 3 – подогреватели;  
 4 – увлажнители; 5 – клеенаносящее устройство; 6 – узел гофрирования;  
 7 – конвейер; 8 – мост-накопитель; 9 – прижимной конвейер;  
 10 – сушильные плиты; 11 – узел продольной резки; 12 – узел продольной  
 рилевки; 13 – узел поперечной резки; 14 – приемный транспортер; 15 –  
 стопоукладчик

Процессы, выполняемые гофрировальным агрегатом, заключаются в следующем. Рулоны картона и бумаги для гофрирования устанавливаются на раскаты 1 и 2. Современные конструкции раскатов имеют рулонодержатели с гидравлическим или механическим приводом перемещения по высоте и по ширине закрепляемого рулона. Для обеспечения натяжения полотна и контроля при подаче его в машину на раскатах используют пневматические, дисковые или электрические тормоза. Склейка концов размотанного и нового рулона производится в специальном устройстве (сплайсере). Его функция заключается в стыковке концов старого и нового рулонов без остановки работы машины. Современные сплайсеры оснащены системами автоматического управления величиной натяжения с мгновенным реагированием при его отклонениях.

Разматываемое из рулона полотно бумаги для гофрирования через систему подготовки (подогреватель 3 и увлажнитель 4) подается к нагреваемым паром рифленным валам узла гофрирования 6.

Как показала практика, сильного увлажнения паром для большинства видов бумаги для гофрирования не требуется. Однако небольшое увлажнение с одновременным нагревом этой бумаги несколько размягчает содержащиеся в ней проклеивающие вещества и способствует улучшению проникновения клея внутрь бумаги при склеивании слоев. Кроме того, бумага становится более эластичной, увеличивается ее способность к удлинению в процессе гофрирования, и, следовательно, устраняется основная причина образования трещин. При переувлажнении бумага плохо воспринимает клей, становится рыхлой и не обеспечивает требуемую жесткость гофров. Оптимальной считается влажность бумаги перед гофрированием 7–8 %. Иногда допускается увеличение влажности до 9 %. Влажность картона для плоских слоев перед

склеивкой должна быть несколько ниже влажности бумаги и не превышать 7 %. Исключение составляют бумаги из химико-термомеханической древесной массы (ХТММ) или сильно проклеенной макулатурной массы, а также лайнер, полученный из небеленой крафт-целлюлозы.

Подготовленная бумага (флютинг), проходя между рифлеными валами гофрировальной машины (гофропресса), приобретает волнообразный профиль.

Затем на вершины полученных гофров с помощью клеенаносящего устройства 5 наносится клей. Сразу после гофропресса и нанесения клея флютинг объединяется с предварительно подготовленным картоном (лайнером), образуя, после склеивания, двуслойный гофрокартон. Полученный двуслойный гофрокартон с помощью конвейера 7 через накопительный мост 8 подается к клеильному устройству 5, где клей наносится на вершины гофров на свободной стороне флютинга.

С отдельного раската 1 соответственно подготовленный второй слой лайнера подается и склеивается с двуслойным гофрокартоном. Так как гофрокартон из трех и более слоев не поддается сгибу без остаточной деформации, термосклеивание и сушка его производятся под нажимом роликов между плоской конвейерной лентой 9 и сушильными плитами 10. Далее на соответствующих устройствах обрезаются кромки, осуществляется продольная резка 11, рилевка 12 и поперечная резка 13, где готовый гофрированный картон нарезается на отдельные листы (заготовки) требуемой длины.

Двуслойный картон можно наматывать в рулон, в отличие от трех- и болееслойного картона. Листы гофрокартона с помощью приемного конвейера 14 и стопоукладчика 15 штабелируются и транспортируются на отлежку для охлаждения и окончательного схватывания клея. Отлежку желательно производить в течение 3 – 4 ч. Цель отлежки – выравнивание влажности гофрокартона и снижение степени коробления заготовок за счет частичного снятия внутренних напряжений.

Производительность гофроагрегата измеряют в  $\text{м}^2/\text{ч}$ . Она зависит от многих факторов. В их числе: качество исходного сырья, вид применяемого клея, температурный режим, тип вырабатываемого картона, частота переналадок, количество заправок рулонов, рабочая ширина и скорость агрегата. В связи с непостоянством фактической скорости работы агрегата при расчете производительности применяют значения усредненной скорости. Расчетная производительность гофроделательного агрегата определяется по следующей формуле:

$$Q = 60BvK_aK_m, \text{ м}^2/\text{ч},$$

где  $B$  – рабочая ширина агрегата, м;  $v$  – усредненная скорость агрегата, м/мин;  $K_a$  – коэффициент выхода картона (с учетом потерь);  $K_m$  – коэффициент использования машинного времени.

В настоящее время агрегаты различного типоразмера для производства гофрокартона выпускает ряд отечественных и зарубежных фирм. Предельные характеристики этих агрегатов: скорость полотна до 400 м/мин; количество слоев 2-3-5-7; формат картона до 2800 мм; производительность по трехслойному гофрокартону – 200 млн м<sup>2</sup>/год.

Далее рассматриваются особенности отдельных элементов и машин гофроагрегатов.

#### 5.4.1. Гофрировальная машина (гофропресс)

Гофрировальная машина (рис. 5.3) – это главный узел гофроделательного агрегата, и технологические процессы, происходящие в ней, определяют качество выпускаемого гофрокартона. Она выполняет гофрирование подготовленного полотна бумаги и склеивание его с плоским слоем картона. В результате получается двуслойный гофрокартон.

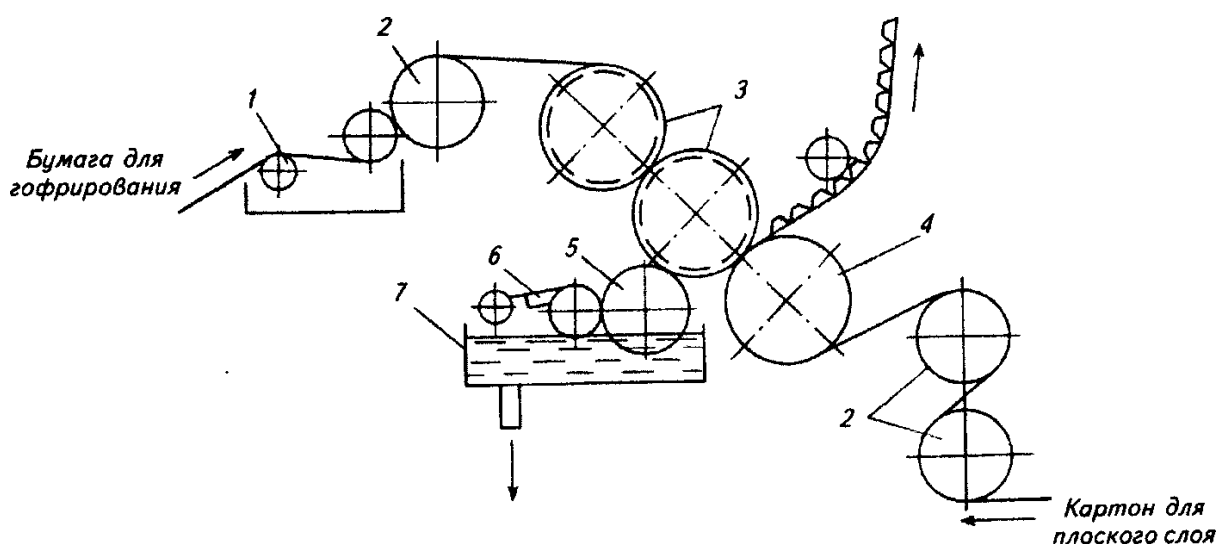


Рис. 5.3. Схема узла гофрирования:

- 1 – выравнивающий валик; 2 – валы для натяжения бумаги и картона; 3 – гофрировальные валы; 4 – прижимной вал; 5 – клеенаносящий вал; 6 – шабер; 7 – клеевая ванна

Гофрировальная машина, как правило, имеет несколько комплектов валов, которые применяют в зависимости от вида требуемого типа гофра. В каждый комплект входят два рифленых вала 3 и один гладкий прижимной вал 4 диаметром 300–360 мм. При изготовлении пятислойного картона применяют двухъярусный узел гофрирования с двумя парами гофрировальных валов, либо два узла гофрирования устанавливают последовательно. Для производства семислойного картона устанавливается три узла гофрирования.

Рифленые валы 3 являются основными устройствами гофрировальной машины и поставляются обязательно парами. В процессе гофрирования в зацеплении должно находиться только три зуба (рифля) валов (один зуб одного

вала и два зуба другого). Это обстоятельство является определяющим для выбора диаметра рифленых валов. Обычно его выбирают в пределах от 300 до 350 мм.

Все валы обогриваются паром, что позволяет поддерживать необходимую (140–180°C) температуру их поверхности. Рабочее линейное давление между этими валами создается при помощи гидравлических цилиндров в пределах 10–40 кН/м (10–40 кг/см). Между рифлями соседних валов должен оставаться зазор 0,25–0,4 мм.

Гофрировальная машина имеет привод от электродвигателя с регулируемым числом оборотов. Привод вращения валов машины осуществляется через нижний рифленый вал. Для получения качественного гофра валы должны быть всегда чистыми, без накипи и остатков клея и бумаги. Гофрировальные валы очищают от клея и накипи с помощью пара, в крайнем случае – скребками из латуни.

В процессе работы подготовленная бумага для гофрирования поступает в зазор между рифлеными валами, где она подвергается сильному механическому и тепловому воздействию, деформируется и приобретает форму профиля зуба рифлений, образуя гофру (флютинг). При этом за счет уплотнения уменьшается толщина бумаги, повышаются ее плотность, жесткость и способность к восприятию соответствующих нагрузок. В процессе гофрирования недопустимо разрушение структуры бумаги и целлюлозных волокон.

Определенной проблемой при работе гофропресса является необходимость прижима гофрированной бумаги к нижней части нижнего гофровала для возможности равномерного нанесения клея. В прошлом для этой цели применялись специальные гребенки. Однако из-за сложность конструкции гребней ограничивалась скорость агрегата и возникали проблемы при наладке и переналадке. В дальнейшем для поддержания бумаги относительно нижнего гофровала пытались использовать вакуумную систему на этом валу. Ее сложно было сочетать со встроенной в него системой обогрева. Сегодня в основном используют гофропрессы безгребенчатого типа с дополнительным наружным давлением воздуха, прижимающим бумагу к нижней части нижнего гофровала.

Обязательным элементом узла гофрирования является клеенаносящее устройство, состоящее из клеевой ванны 7 и клеенаносящего вала 5 с шабером 6.

Заправка картона-лайнера в гофропресс производится так, чтобы склейка с гофрами бумаги осуществлялась сеточной стороной картона. Соединенные слои (плоский и гофрированный) для эффективной склейки сжимают, пропуская их между валами – нижним рифленным и гладким прижимным 4. В отдельных современных конструкциях гофроагрегатов вместо прижимного вала используют прижимные сукна. Образовавшийся двухслойный гофрированный картон поступает на накопительный мост агрегата.

#### **5.4.2. Накопительный мост**

Накопительный мост служит для приема двухслойного картона, полученного на гофрировальной машине, и его укладки. Продолжительность нахождения двуслойного картона на накопительном мосту должна быть

достаточной для надежного схватывания клея между гофрами и лайнером. Одновременно накопительный мост служит буфером для размещения полотна двуслойного гофрированного картона, для возможности компенсации случайных изменений скорости между гофрировальной машиной и сушильным прессом. Это устройство, при остановке гофрировальной машины или смене рулонов, позволяет обеспечивать бесперебойную работу остальных узлов агрегата.

Накопительный мост (рис. 5.4) представляет собой металлическую конструкцию в два и более яруса и включает наклонные конвейеры, систему горизонтальных транспортеров, тормозные устройства. Принцип его работы заключается в следующем.

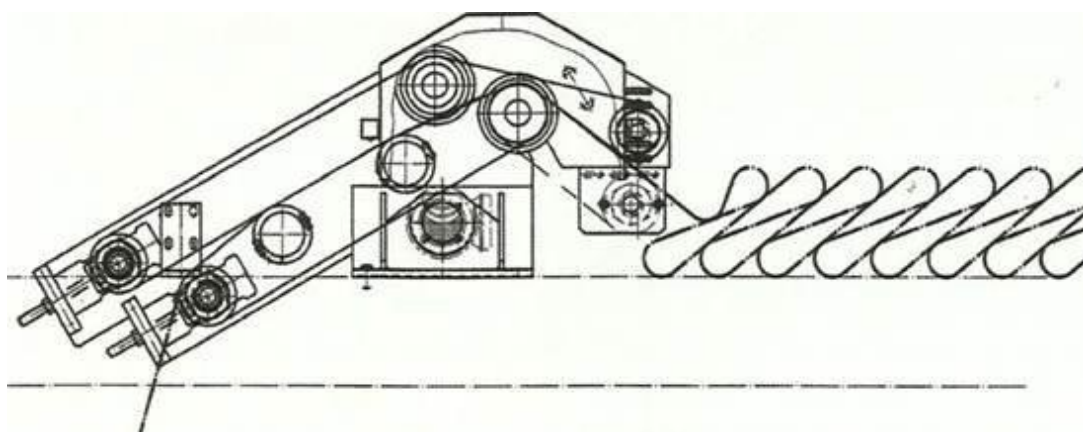


Рис. 5.4. Схема накопительного моста гофроагрегата Двухслойный картон после

узла гофрирования подается на накопительный мост наклонным конвейером, скорость которого чуть больше скорости гофрирующего узла. Это приводит к натяжению полотна, позволяющему избежать возможности деформации гофров, которые присоединены к лайнеру только с одной стороны.

После наклонного конвейера двуслойный гофрокартон поступает на горизонтальный накопительный конвейер, который работает на более низкой, чем у наклонного конвейера скорости. Двуслойный гофрокартон – гибкий в машинном направлении, но жесткий в поперечном направлении материал. Это обеспечивает равномерное формирование петель (фестонов) на горизонтальном конвейере.

Далее производится склейка двуслойного гофрокартона со вторым слоем лайнера.

### **5.4.3. Узел нагрева и склейки лайнера с двуслойным гофрокартоном**

Для подготовки поверхности лайнера, склеиваемого с двуслойным гофрокартоном, используют обычные цилиндрические подогреватели. Более сложные подогреватели устанавливают в машинах, использующих тяжелые крафт-лайнеры ( $350 \text{ г/м}^2$  и выше) и работающих на высоких скоростях. Машины,

производящие пяти- семислойные или тяжелые гофрокартоны, могут иметь пять и более подогревателей.

Нанесение клея на вершины гофров открытой гофрированной стороны двуслойного картона, поступающего от подогревателя, производится клеенаносящим устройством, аналогичным изображенному на рис. 5.3. Оно представляет собой систему из клеенаносящего 5 и шаберного 6 валиков и клеевой ванны 7. Клеевая пленка валом 5 наносится на открытые вершины гофров. Конструкция устройства позволяет регулировать толщину нанесения клеевой пленки с помощью шабера 6.

Для крахмального клея толщина наносимой пленки клея должна составлять 0,1–0,2 мм, а для силикатного – 0,2–0,5 мм. Нормальная глубина проникновения клея в толщину бумаги – 0,03–0,04 мм. Рабочая температура клея 30–60°C. Масса слоя клея обычно составляет 15–18 г/м<sup>2</sup>.

Усовершенствования клеенаносящих систем направлены на то, чтобы наносить на полотно клей слоем минимальной толщины, с повышенным содержанием в нем сухого вещества, и лучшей равномерностью как в продольном, так и в поперечном направлениях.

После нанесения клея происходит соединение и склейка двуслойного картона с нижним слоем плоского картона (лайнера). Для этого склеиваемые слои подаются в сушильную часть гофроагрегата.

#### **5.4.4. Сушильная часть гофроагрегата**

Сушильная часть предназначена для склеивания и сушки смазанных клеем гофров двуслойного картона с наружным гладким (третьим) слоем лайнера. Она состоит из сушильного стола и охлаждающей части, которые одновременно служат и для транспортирования гофрокартона. В сушильной части уже трехслойное полотно, прижатое к сушильному столу с помощью сукна, транспортируется по нему.

Сушильный стол представляет собой ряд полых плит, внутрь которых подается пар под давлением. Сушильные плиты по температуре поверхности разбиты на отдельные группы. В зависимости от скорости гофроагрегата, вида применяемого клея и количества слоев вырабатываемого картона, температура сушки по группам плит поддерживается в следующих пределах: 1-я группа плит – 110–140°C; 2-я группа – 140–150°C; 3-я группа – 150–160°C; 4-я группа – 160–190°C. Заданная температура в группах поддерживается путем регулирования подачи пара в нагревательные плиты.

Для прижима картона к сушильным плитам используют стальные валы или ролики, расположенные над сукном (рис. 5.5а). Существуют системы, где используют воздушную подушку между картоном и греющей поверхностью плит (рис. 5.5б). Это позволяет обеспечить большую степень равномерности нагрузки на картон в процессе сушки.

Охлаждающий участок (на рис. 5.5 не показан) служит для снижения температуры и транспортировки гофрированного картона. В охлаждающей

части полотна гофрокартона, расположенное между двумя транспортирующими сукнами, не только охлаждается, но одновременно выравнивается его влажность, вследствие чего уменьшается возможность его коробления.

В новейших конструкциях вместо сукна используют цепные конвейерные ленты, что способствует повышению интенсивности испарения влаги из картона. Для сокращения длины сушильной части в некоторых агрегатах используют вакуумное перемещение полотна картона с помощью перфорированной резиновой ленты, устанавливаемой под нижним лайнером.

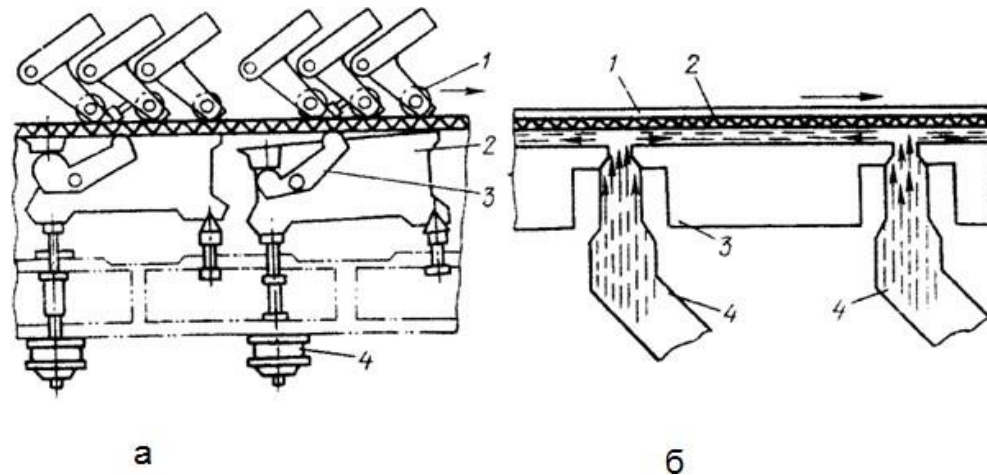


Рис. 5.5. Способы регулирования теплового режима сушки гофрокартона:

*а* – механизм регулирования теплового режима: 1 – прижимной ролик; 2 – плита; 3 – рычаг; 4 – пневмоцилиндр;

*б* – устройство для регулирования теплового режима при помощи воздушной подушки: 1 – прижимной ремень; 2 – картон; 3 – сушильная плита; 4 – каналы подвода воздуха между плитами

Очень важно соблюдать синхронность скоростей движения верхней и нижней поверхности полотна гофрокартона. Если верхняя поверхность перемещается быстрее нижней или наоборот, то это приводит к деформации (наклону) профиля гофр и, как следствие, к снижению показателя плоскостности.

После сушильной части полотно гофрокартона подвергается обработке в узле продольной резки и рилевки.

#### 5.4.5. Продольно-резательная и рилевочная машина

Продольно-резательная и рилевочная машина предназначена для продольной резки полотна гофрированного картона на несколько полос, нанесения линий продольной рилевки и обрезки кромок. Наиболее распространенной является конструкция машины с отдельными парами рабочих валов для резки и рилевки картона (рис. 5.6а). На одной паре валов размещаются рилевочные муфты, на другой – резательные ножи.



Традиционно для продольной резки используют два типа ножей (см. рис 5.6а). Первый тип – два тонко заточенных дисковых ножа, контактирующих с небольшим перекрытием, осуществляющие резание по принципу дисковых ножниц. Ножи вращаются с линейной скоростью на 5 % выше скорости картона. Второй тип – высокоскоростной одинарный тонкий дисковый нож. Его линейная скорость в 2–3 раза выше скорости картона. Второй тип более предпочтителен как по качеству реза, так и по затратам на обслуживание.

На продольно-резательной машине, помимо продольного разрезания картона на форматы, выполняется также обрезание неровных кромок полотна. Обрезанные ленты кромок обычно измельчаются в вентиляторах-измельчителях и подаются воздушным потоком в циклон-накопитель или в гидроразбиватель.

В гофроагрегатах рилевочные канавки наносятся рилевочными муфтами вдоль полотна, поперек гофров картона. Рилевание гофрокартона производится различными профилями рилевочных муфт (рис. 5.6б). Применение того или иного профиля рилевочных муфт обусловлено толщиной и дальнейшим применением гофрированного картона. Профиль рилевочной канавки на картоне отличается от профиля рилевочной муфты более плавными переходами, так как гофрированный картон является упруго-пластичным материалом. Рилевание стараются производить с минимальным растяжением плоских слоев, так как увеличение ширины рилевки гофрированных картонов снижает сопротивление вертикальному сжатию изготовленных из них ящиков.

Поступающий на рилевание гофрокартон должен иметь нормальную влажность. Пересушенный картон в процессе рилевания может ломаться по линии сгиба. Переувлажненный картон может разрываться по линии рилевки или получает некачественную рилевку.

Самый популярный способ рилевания «по трем точкам» (рис. 5.6б, 3 и 4), но при этом раздавливается гофрированный профиль на небольшом расстоянии с двух сторон от линии сгиба. Для тонких гофрокартонов используют способ рилевания «точка к точке» (рис. 5.6б, 1 и 2). Он дает рилевание хорошего качества и сгиб определенного типа, при котором улучшаются условия нанесения печати. Такой способ не подходит для пятислойного и тяжелого картона, так как хорошего сгиба не получается.

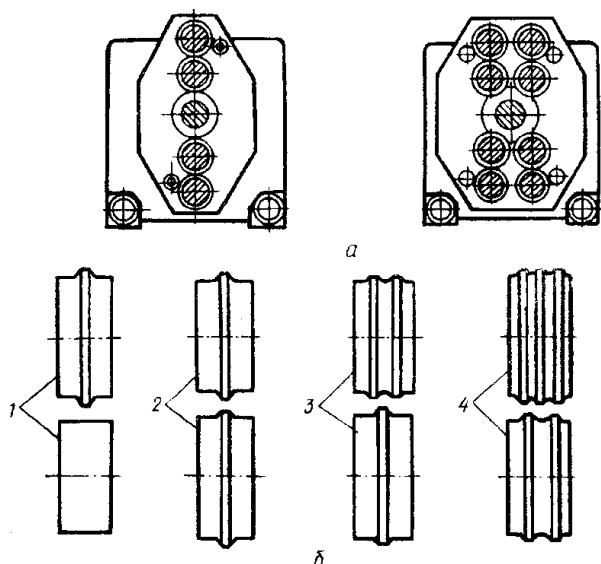


Рис. 5.6. Расположение валов в продольно-резательных машинах и профили рилевочных муфт:  
*а* – расположение валов и ножей; *б* – профили рилевочных муфт:  
 1 – однопрофильные; 2 – двухпрофильные;  
 3 – трехпрофильные; 4 – четырехпрофильные

Наиболее распространенной является конструкция машины с отдельными парами рабочих валов для обработки картона. Верхняя пара валов производит резку и рилевание одного формата заготовок, а нижняя – другой формат. В случае необходимости, на одной из пар можно производить процесс монтажа или перестановку рилевочно-резательного инструмента. Также используется вариант двух последовательно установленных рилевочно-резательных машины, что дает возможность обеспечить бесперебойную работу гофроделательного агрегата и производить смену форматов продольной резки и рилевания без его останова.

При обработке тяжелых и толстых гофрокартонов повышенного внимания требуют процессы резки и рилевки. Продольная резка и рилевка всегда были слабым местом при переработке толстого и тяжелого картона, в том числе и гофрокартона. Для продольной резки толстого гофрокартона рекомендуется использовать одиночный тонкий высокоскоростной дисковый нож.

Далее разрезанный на ленты определенного формата гофрокартон поступает к узлу поперечной резки.

#### 5.4.6. Поперечно-резательная машина

Поперечно-резательная машина осуществляет поперечную резку заготовок заданного размера двумя ножами, расположенными на вращающихся навстречу друг другу цилиндрических валах (рис. 5.7). Сдвоенные двухуровневые поперечно-резательные машины в гофроагрегатах могут одновременно отрезать заготовки разной длины. Конструкция механизма резки таких машин позволяет производить изменение длины заготовки без останова всей машины.

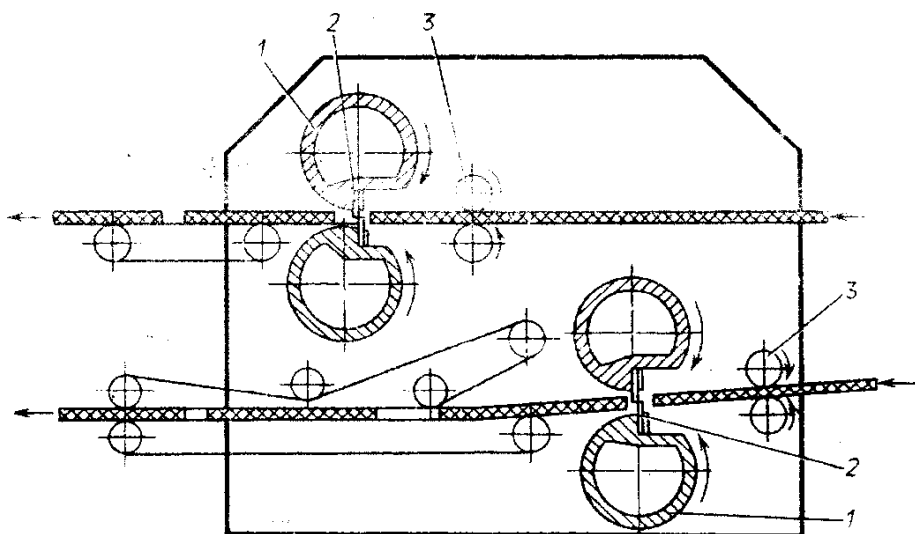


Рис. 5.7. Схема двухъярусной поперечно-режательной машины:  
1 – ножевой вал; 2 – нож; 3 – тяговые валики

Продольные полосы гофрированного картона заданной ширины, получаемые на продольно-режательной машине, поступают к нижним или верхним парам тяговых валиков 3 поперечно-режательной машины. Одна часть полос поступает на нижние тяговые валики, которые подают их к первой (нижней) паре ножевых валов 1. Нарезанные листы попадают на ленточный конвейер и выводятся из машины на приемный конвейер. Другая часть полос картона направляется к верхней паре тяговых валиков и второй (верхней) паре ножевых валов для резки их на другие форматы. Готовые листы выводятся на другой конвейер. Такая компоновка машины позволяет подавать листы картона от первой и второй пар ножевых валов отдельно на два яруса приемных конвейеров при высокой производительности агрегата в целом.

Ножевые валы представляют собой массивные трубчатые цилиндры с продольным выступом для крепления ножей 2. Расположение выступа и закрепленных на нем ножей шевронное (не строго по образующей цилиндра, а по спирали с очень маленьким углом подъема). Благодаря такому расположению ножей они при повороте валов постепенно врезаются в картон по принципу ножниц, что дает более качественный рез.

Регулирование длины отрезаемых форматов производится изменением числа оборотов ножевых валов. При постоянной скорости подачи картона замедление вращательного движения ножевых валов увеличивает длину формата заготовки, а ускорение – уменьшает ее. Однако для оптимизации качества реза желательна определенная степень синхронизации окружной скорости ножевых валов и линейной скорости картона. Для этого служит специальный механизм, регулирующий число оборотов пары ножевых валов. Самым удобным размером длины листа будет тот, который близок к длине окружности ножевого вала.

Ротационная поперечная резка тяжелого и толстого гофрокартона должна иметь более жесткую конструкцию и быть оснащена хорошо подогнанными ножами. Предпочтительно использование двойного ротационного ножа, режущего по принципу ножниц, который гарантирует четкий и качественный край реза.

Полученные заготовки в виде листов гофрокартона определенных форматов и длины с помощью конвейеров поступают на стопоукладчик.

#### **5.4.7. Стопоукладчик**

Функция стопоукладчика заключается в формировании аккуратных стоп или кип определенной высоты, которые пригодны для транспортирования или паллетирования (формирования и упаковки грузовой перевозочной единицы).

Стопоукладчик работает следующим образом. Отрезанные заготовки поступают на приемный конвейер-укладчик. Приемный конвейер представляет собой наклонный стол с лентами из движущихся по нему плоских ремней, скорость которых составляет около половины величины скорости агрегата. Благодаря этому листы на столах укладываются внахлест друг на друга. В конце приемного конвейера установлены выбрасывающие обрезиненные валики, имеющие окружную скорость в два раза выше скорости ремней. Валики выбрасывают листы на листоукладчик, представляющий собой роликовый конвейер. Выбрасываемые валиками листы картона скользят по роликам до упора форматной каретки, укладываясь в стопы. Листоукладчики бывают одно-, двух- и трехъярусные. Каждый ярус принимает заготовки определенного формата и собирает их в стопы.

По достижении определенного числа листов в стопе доступ их на роликовый конвейер прекращается включением заслонки. После этого включается привод роликового конвейера, и стопа транспортируется в сторону для укладки в штабель на поддон или на отлежку.

Подводя итоги, следует отметить основные направления модернизации гофроагрегатов:

- установка автоматических устройств (сплайсеров) для замены рулонов бумаги и картона без остановки агрегата, позволяющих склеивать концы рулонов бумаги или картона на раскате;
- замена устаревших поддерживающих и направляющих бумагу устройств в зоне рифления на автоматические направляющие, самонастраивающиеся в процессе работы;
- автоматизированный компьютерный контроль работы и управления всеми частями агрегата с центрального пульта.