

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

А. В. Вураско
В. П. Сиваков

ГОФРОАГРЕГАТЫ И ГОФРОТАРА

Учебное пособие

Екатеринбург
УГЛТУ
2025

УДК 621.798.1(075.8)

ББК 35.779.9я73

В89

Рецензенты:

кафедра технологии бумаги и картона ВШТЭ «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», доц., завкафедрой, д-р техн. наук *Е. Г. Смирнова*;

А. Г. Тягунов, д-р техн. наук, руководитель образовательных программ «Технология полиграфического производства» РТФ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Вураско, Алеся Валерьевна.

В89 Гофроагрегаты и гофротара : учебное пособие / А. В. Вураско, В. П. Сиваков ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. – 140 с.

ISBN 978-5-94984-954-5

В учебном пособии рассмотрены основные волокнистые полуфабрикаты для получения гофрированной бумаги и картона плоских слоев. Представлены технологические процессы и оборудование при производстве гофрокартона. Приведены расчеты по сушке гофрированного картона. Рассмотрены современные виды гофроящиков и вспомогательных элементов для упаковки.

Учебное пособие может быть полезно слушателям ФПК, инженерно-техническим и научным работникам упаковочной и целлюлозно-бумажной промышленности.

Предназначено для обучающихся, осваивающих образовательные программы по направлениям «Технология полиграфического и упаковочного производства», профили «Технология и дизайн упаковочного производства»; «Технологические машины и оборудование».

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 621.798.1(075.8)

ББК 35.779.9я73

ISBN 978-5-94984-954-5

© ФГБОУ ВО «Уральский
государственный лесотехнический
университет», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. БУМАГА И КАРТОН ДЛЯ ГОФРОТАРЫ	7
1.1. Основные понятия, термины и определения	7
1.2. История возникновения и развития производства гофрированного картона	8
1.3. Виды волокнистых полуфабрикатов для получения картона-лайнера и флутинга при изготовлении гофрированного картона	12
1.4. Современные технологические разработки в производстве бумаги и картона для гофротары.....	28
1.5. Перспективы производства бумаги и картона для гофротары	30
1.6. Производство бумаги тестлайнера, флутинга, гофроупаковки и экология	31
2. КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ГОФРОЯЩИКОВ	32
2.1. История совершенствования гофроящиков	32
2.2. Основные виды гофрокартона.....	36
2.3. Основные свойства и назначение гофрокартона.....	38
2.4. Типы упаковки из гофрокартона.....	43
2.5. Особенности производства упаковки из гофрированного картона...	49
2.6. Контроль качества	57
3. ГОФРОДЕЛАТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ.....	62
3.1. Технологические процессы и конструкция гофроагрегата	62
3.2. Раскат и система натяжения бумаги	65
3.3. Устройства для подогрева картона	71
3.4. Гофрировальная машина.....	74
3.5. Устройство и технологические процессы изготовления и эксплуатации гофровалов [4].....	83
3.6. Накопительный мост, клеенаносная машина.....	100
3.7. Сушильная часть	109
3.8. Продольно-резательная рилевоочная машина.....	117
3.9. Поперечно-резательная машина.....	120
3.10. Особенности модернизации и эксплуатации гофроделательных агрегатов	123

4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛОСКОСЛОЖЕННЫХ ПАКЕТОВ.....	125
4.1. Циклограммы работы технологического оборудования	125
4.2. Автоматические станки для изготовления плоскосложенных пакетов	129
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	137

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в инженерных кадрах для индустрии производства тары и упаковки остро ставит задачу обеспечения учебного процесса в вузах научной и технической литературой по современным, перспективным процессам и технологическому оборудованию упаковочной и целлюлозно-бумажной промышленности. В данном учебном пособии систематизированы научно-технические материалы по истории развития и современному производству гофрированного картона, основным материалам для его изготовления, состоянию и перспективам производства ящиков из гофрокартона.

Современные ящики из гофрокартона относятся к наиболее востребованным изделиям тары. В упаковочном производстве за последние 70 лет интенсивно развивалась сырьевая база гофрокартонного производства. Совершенствовались технология и оборудование для изготовления бумаги и картона из первичного растительного волокна. Получило развитие производство макулатурного (вторичного) волокна. Применение бумаги и картона из макулатурной массы в гофрокартонном производстве значительно удешевило стоимость ящиков из гофрокартона, обеспечило ресурсосбережение древесного сырья и снизило нагрузку на экологию. Современные технологии позволяют повторно, до шести раз, использовать растительное волокно в производстве бумаги и картона. В настоящее время в странах с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью 85...90 % бумаги и картона производится с преобладанием вторичного волокна.

В первой главе учебного пособия рассмотрена эволюция бумаги (флю-тинга) и картона (лайнера), основных материалов гофрокартонного производства.

Во второй главе приведен исторический обзор совершенствования конструкций гофроящика, технологии его изготовления и расширения области использования в виде упаковочной тары. Гофрокартон как продукт, изготовленный из растительного волокна с температурной обработкой в процессе изготовления, удовлетворяет гигиеническим требованиям. Более 50 % гофроящиков используется для упаковки пищевых продуктов и напитков.

В третьей главе рассмотрены технологические процессы, конструктивное устройство и особенности эксплуатации гофроделательных агрегатов. В этом разделе отражены также современные направления совершенствования процессов технологии и конструкции основных машин и оборудования гофроделательного агрегата.

В четвертой главе представлены материалы по расчету производительности, технологических и рабочих циклограмм автоматизированного оборудования для изготовления гофротары. Приведено описание устройства технологического процесса автомата А5-АКП-2 для изготовления плоскосложенных корпусов из гофрокартона и коробочного картона.

Учебное пособие рекомендуется к использованию при изучении процессов и технологического оборудования для изготовления тары и упаковки, технологии и оборудования целлюлозно-бумажного производства, а также при разработке курсовых и дипломных проектов по гофрокартонному производству.

Авторы выражают благодарность рецензентам учебного пособия за замечания, предложения и ценные дополнения при подготовке рукописи.

1. БУМАГА И КАРТОН ДЛЯ ГОФРОТАРЫ

1.1. Основные понятия, термины и определения

Производство упаковки из гофрированного картона (гофрокартон) по объемам продукции (кг) значительно опережает выпуск других видов упаковки на основе бумаги и картона.

Картон гофрированный – тарный картон, состоящий из чередующихся склеенных между собой плоских и гофрированных слоев. Гофрокартон вырабатывается двух-, трех-, пяти- и семислойным.

Гофрокартон предназначен для изготовления коробок и ящиков. Он выполняет две основные функции: выступает в качестве носителя печатной информации и является защитой упакованного изделия при сбыте и реализации товаров.

Основными материалами для изготовления гофрированного картона являются картон для плоских слоев и бумага для гофрирования.

Для плоских слоев гофрированного картона производят два вида бумажных полуфабрикатов. *Картон-лайнер (lineboard)*, вырабатываемый из небеленой сульфатной целлюлозы, называют крафтлайнером, из макулатурной массы (иногда с добавкой небеленой сульфатной целлюлозы) – *тестлайнером*. Масса метра квадратного тестлайнера – 125...350 г. Тестлайнер, как правило, изготавливается клееным, с высокими механическими свойствами и ограниченной поверхностной впитываемостью воды [1].

В европейских странах эти материалы объединяют термином *containerboards* – «картон для производства контейнеров (ящиков)». Это обусловлено основной областью применения гофрированного картона – производство транспортной тары [2]. В классификаторе ОК 005-93 в России термину *containerboards* соответствует термин «тарный картон» [3]. Картон-лайнер состоит из двух или более слоев и подразделяется на отдельные виды в зависимости от используемых при его производстве полуфабрикатов и внешнего вида покровного (наружного) слоя. Выделяют картон-лайнер «естественного» коричневого цвета (*brown*) с использованием в композиции только первичных полуфабрикатов: сульфатной небеленой целлюлозы и полуцеллюлозы (*kraftliner*), либо с использованием вторичного макулатурного сырья (*recycled* или *testliner*). Причем в последнем случае применяют преимущественно макулатуру из отработанной картонной тары, имеющую собственное условное обозначение – ОСС (*old corrugated containers*).

Покровный слой картона может иметь пестрый «мраморный» вид

(*mottled top liner*), который достигается за счет применения беленой целлюлозы и уменьшения массы 1 м^2 наружного слоя до 40 г и ниже. При этом формирование покровного слоя осуществляется из массы более высокой концентрации, что вызывает определенную флокуляцию волокон. В итоге достигается эффект пестрой окраски.

Картон-лайнера производят также с белым покровным слоем (*white top liner*) и небольшое количество лайнера – с мелованным внешним слоем (*coated white top liner*). В качестве полуфабриката для покровного слоя применяются беленая хвойная или лиственная целлюлозы либо их смесь.

Флютинг (*fluting*) – бумага для гофрирования, предназначенная для изготовления гофрированного слоя гофрированного картона. Масса 1 м^2 80...160 г. Отличается высоким сопротивлением плоскостному и торцевому сжатию. Флютинг обычно изготавливают однослойным и подразделяют на два вида: полуцеллюлозный (*semichemical*) и макулатурный (*recycled*). В обоих случаях в композицию могут добавляться первичные целлюлозные волокна, в основном хвойные сульфатные.

Ящик – транспортная тара, корпус которой имеет в сечении, параллельном дну, преимущественно форму прямоугольника с дном, двумя торцевыми и боковыми стенками, с крышкой или без нее.

1.2. История возникновения и развития производства гофрированного картона

Гофрированная бумага была запатентована в 1856 г. в Англии и использовалась как подкладка под шляпы. Гофрокартон в сегодняшнем понимании был запатентован в 1871 г. А. Джонсом [4]. Это был двухслойный гофрокартон: картон, у которого отсутствовал один из плоских слоев. Он использовался в качестве прокладочного материала для транспортировки стеклянных бутылок. В 1974 г. в США был запатентован первый гофрокартон, состоящий из двух плоских и одного гофрированного слоев. В это же время была запатентована и первая машина для производства гофрокартона – с этого момента началось массовое производство гофроагрегатов, постепенно распространившееся на весь мир. В том же году впервые произвели трехслойный гофрокартон.

Первое поколение оборудования для производства гофрокартона представляло собой рифленые валы, изготовленные из пушечных стволов. Для нагрева валов использовались газовые горелки, а сама машина приводилась в движение вручную.

Дальнейшее развитие гофропроизводства привело к созданию более сложного оборудования, позволявшего осуществлять целый комплекс операций с исходным сырьем. В различных секциях гофроагрегата происходят нагрев полотна бумаги, формирование волнистого слоя, нанесение клея и соединение гофрированной бумаги с тонкими слоями картона.

Со временем увеличилась и скорость машин гофропроизводства. В 1990-х гг. максимальная скорость составляла 3 м/мин., в 1930-х гг. — 100 м/мин. Сейчас на рынке предлагается оборудование, скорость которого достигает 300 м/мин.

К 1950-м гг. Англия производила четверть млн т, затем довела производство до полутра млн т в 1980-е гг., двух млн т в середине 1990-х гг. и около 2,3 млн т в 2001 г. Первоначально в качестве материалов для гофрокартона использовалась бумага, выпускаемая для других упаковочных целей: мешочная бумага для изготовления флютинга и картон из соломы для изготовления лайнера.

В то время продукцию данного вида выпускали на оборудовании, спроектированном для производства бумаги других марок, таких как писчая или газетная бумага. В качестве сырья использовали в основном первичное волокно, небеленую древесную и соломенную целлюлозу. Во время Второй мировой войны в качестве сырья для производства материалов для гофрокартона стали использовать большее количество макулатуры с получением продукции низкого качества.

После войны были построены крупные целлюлозно-бумажные комбинаты специально для производства крафтлайнера и флютинга для гофропромышленности.

В 1950-е гг. в Европе увеличилось потребление макулатуры в основном благодаря новым технологиям, которые позволяли использовать при производстве бумаги крахмальный клей для повышения ее прочностных свойств, особенно жесткости.

Топливный кризис середины 1970...1980-х гг. привел к повышению стоимости энергоресурсов, ужесточению экологического законодательства, что способствовало значительному росту производственных затрат на крафтлайнер и флютинг из полуцеллюлозы. Поэтому бумажная промышленность, особенно в Европе, была вынуждена работать над получением продукции из вторичного макулатурного волокна (флютинг из макулатуры) и тестлайнера. Макулатурное сырье в большинстве случаев заменило сульфатную небеленую целлюлозу и полуцеллюлозу.

Новые технологии в 1980...1990-е гг. затронули и такие сферы, как использование химических добавок, оборудование для роспуска макулатуры и бумагоделательные машины с формованием нескольких слоев. Таким образом, Европа вступила в новое тысячелетие, производя 85...90 % бумаги с преобладанием вторичного волокна. Новые технологии позволили использовать вторичное волокно до тех пор, пока оно не потеряет свои бумагообразующие свойства.

За последние 15 лет потребление макулатуры в Европе увеличилось в 2,5 раза. То же самое произошло во всем мире; во многих регионах вторичное волокно использовали фактически на 100 %. Америка с ее большими ресурсами первичного волокна тоже значительно приблизилась к европейскому использованию макулатуры.

В настоящее время в Европе около 70 % гофролиста производится из тестлайнера и около 30 % – из крафтлайнера, т. к. он в среднем на 25 % дороже. Гофролист из крафтлайнера используется для изготовления упаковки премиум-класса.

В России ситуация обратная, обусловленная тем, что в советские времена строились крупные целлюлозно-бумажные комбинаты для производства целлюлозы и крафтлайнера. Использованию вторичного сырья в производстве упаковки, как и производству самой упаковки, должного значения не придавалось, и поэтому в рыночную экономику Россия вошла, практически не имея серьезного производства макулатурных картонов и с малым объемом гофропроизводства.

За последние 15...18 лет в России стремительно росло потребление упаковки, возросли требования к ее качеству. В ответ на спрос были построены в достаточном количестве гофропроизводства с современными перерабатывающими линиями. Рост объемов гофропроизводства базировался на избыточном производстве крафтлайнеров. Кроме растущих российских гофропроизводителей, в стране создали гофропроизводства крупнейшие мировые компании отрасли, такие как *Stora Enso*, *Smurfit Kappa*, *SCA*.

По мере насыщения российского рынка гофропродукцией, усилилась конкуренция между гофропроизводителями. Последние вынуждены были снижать себестоимость продукции за счет получения гофрокартона из макулатуры.

Для справки: новое гофропроизводство на базе современного гофроагрегата с производительностью 150 млн м²/год стоит от 20 до 45 млн евро (ценовой разброс в значительной степени определяется готовностью инфраструктуры площадки).

Строительство новой бумагоделательной машины производительностью 200 тыс. т тестлайнера в год с новой инфраструктурой обойдется минимум в 200 млн евро.

Основу европейского рынка гофропродукции составляют:

- крупные, вертикально интегрированные компании с годовым оборотом 5...10 млрд евро, с объемом производства около двух и более млрд м²/год гофропродукции и с уровнем внутренней интеграции по всем стадиям технологического предела около 60 % (сбор макулатуры, производство картонов-лайнеров, производство гофролиста и производство гофрокороба). Соответственно, эти компании контролируют всю технологическую цепь и менее зависимы от поставщиков;

- средние компании с годовым объемом 600...800 млн м² гофропродукции, как правило, также с внутренней интеграцией не менее 60 %;

- компании с объемом производства около 150 млн м² гофропродукции или меньше, которые могут не иметь собственного производства картонов и работать на закупаемых лайнерах или даже на запуске гофролиста. Как правило, эти компании производят или узкоспециализированную упаковку, ориентированную на конкретного потребителя, или же упаковку премиум-класса.

Российских гофропроизводителей сегодня можно разделить на несколько групп:

- компании-гофропроизводители Stora Enso и «ГОТЭК» с объемом производства 300...400 млн м²/год. Технологическая цепь этих компаний начинается с производства гофролиста;

- крупные региональные производители: Набережные Челны и Пермская бумажная компания – с объемом производства около 300 и 200 млн м²/год соответственно. Эти компании имеют собственное производство тестлайнера и не имеют значительной внутренней интеграции по макулатуре;

- компания СФТ Групп, представленная в нескольких регионах европейской части России, с объемом производства около 250 млн м²/год. Единственное предприятие, имеющее внутреннюю интеграцию по всем стадиям технологического предела на уровне 60 %;

- компании-гофропроизводители и конвертаторы с объемом производства до 100 млн м²/год.

Итак, на рынке возник спрос на макулатурные картоны. Самостоятельно ни одна из российских компаний-гофропроизводителей не была в состоянии осилить проект по созданию новой бумагоделательной машины (БДМ). Крупные целлюлозно-бумажные комбинаты имели и имеют проблемы с модернизацией своих основных производств, и это

требует огромных инвестиций. Создание машин по производству тестлайнеров для этих комбинатов – не первоочередная задача.

У гофропроизводителей возникло несколько вариантов развития:

– объединить усилия и совместно разработать бумагоделательную машину;

– закупать импортные картоны и добиваться отмены ввозных пошлин;

– продолжать работать на крафтлайнере, покупать имеющийся на рынке России объем тестлайнера и ждать, пока изобретут новые более мощные машины.

1.3. Виды волокнистых полуфабрикатов для получения картона-лайнера и флутинга при изготовлении гофрированного картона

Среди полуфабрикатов для производства компонентов гофрированного картона выделяют первичное и вторичное (макулатуру) волокна. В существующих сегодня системах стандартов не предусмотрено различие в оценке качества волокнистых полуфабрикатов. Для производства бумаги для гофрирования в основном используются следующие виды первичных полуфабрикатов: сульфатная хвойная целлюлоза высокого выхода (ЦВВ), листовенная нейтрально-сульфитная, би-сульфитная, сульфитная полуцеллюлоза, в последнее время увеличивается доля макулатурного сырья [5].

1.3.1. Получение картона-лайнера и флутинга из первичного волокна

Сульфатная небеленая хвойная целлюлоза высокого выхода применяется в композиции основного и поверхностного слоев картона для плоских слоев гофрированного картона массой $1 \text{ м}^2 120 \dots 200 \text{ г}$, а также в композиции поверхностного слоя жесткостного и макулатурного картона, и как упрочняющий компонент в композиции бумаги для гофрирования, перерабатываемой при высоких скоростях.

Основным сырьем для производства сульфатной небеленой хвойной целлюлозы, используемой в композиции тарного картона, являются ель и сосна, а также технологическая щепка из хвойной древесины с примесью листовенных пород не более 10 %. Наиболее высокими показателями прочности обладает целлюлоза из ели, разрывная длина достигает $7500 \dots 11000 \text{ м}$, прочность на излом – $1000 \dots 5000$ двойных перегибов, удельное сопротивление сжатию кольца при массе отливок площадью $1 \text{ м}^2 150 \text{ г}$ – $2,0 \dots 2,2 \text{ кН/м}$. Физико-механические показатели

зависят от режимов варки и степени делигнификации полуфабриката. Максимальная прочность сульфатной хвойной целлюлозы достигается при содержании лигнина около 9 %, далее при уменьшении его содержания прочность целлюлозы несколько снижается. Оптимальная степень помола для ЦВВ, используемой в композиции основного слоя картона и бумаги для гофрирования – 25...28 °ШР, при использовании ЦВВ в поверхностном слое картона – 30...35 °ШР.

Волокна сульфатной целлюлозы при всех прочих равных условиях обеспечивают бумаге (картону) более высокие показатели механической прочности (сопротивление разрыву, излому, продавливанию и надрыву, повышенное удлинение до разрыва, а также термостойкость и долговечность) по сравнению с волокнами сульфитной целлюлозы. Бумага (картон), изготовленная из волокон сульфатной целлюлозы, обладает более высокими показателями диэлектрических свойств. Добавка сульфатной целлюлозы к композиции бумаги уменьшает склонность к скручиванию и несколько повышает начальную прочность бумаги во влажном состоянии.

Нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза (НСПЦ) из лиственной древесины вырабатывается и используется при производстве бумаги для гофрирования. В качестве сырья используют лиственные породы древесины, иногда с примесью хвойных пород до 10 % согласно ГОСТ 15815–83. Выход полуцеллюлозы из сырья – около 80 %. Основные физико-механические показатели НСПЦ: разрывная длина – 5000...6500 м, сопротивление излому – 15...200 двойных перегибов, удельное сопротивление сжатию кольца (при массе отливки площадью 1 м² 150 г) – 2,1...2,5 кН/м.

Основное применение НСПЦ – производство бумаги для гофрирования высокого качества. НСПЦ обладает высокой жесткостью, что повышает способность бумаги к гофрированию, т. е. пластификацию при нагреве между гофрировальными валами и способностью сохранять приданную ей форму волны. Для обеспечения необходимой прочности во влажном состоянии, а также динамической прочности, определяющей скорость гофрирования, в композицию бумаги должно входить 15...30 % длиноволокнистой сульфатной небеленой хвойной целлюлозы. При этом жесткость бумаги практически не снижается, а сопротивление разрыву и особенно сопротивление излому значительно возрастают. НСПЦ сравнительно легко размалывается, примерно в два раза быстрее сульфатной небеленой целлюлозы. Наличие лиственной полуцеллюлозы в композиции картона приводит к получе-

нию более однородной структуры листа, картон имеет меньшую склонность к короблению и скручиваемости, меньшую разносторонность и меньшую деформацию при намокании.

Наличие лиственной НСПЦ придает бумаге высокий уровень жесткости и высокий показатель сопротивления сжатию, благодаря тому, что волокна имеют низкий уровень гибкости, а бумага – высокую плотность. Эти свойства усиливаются в процессе гофрирования на гофроагрегате. В технологическом процессе во время гофрирования флутинг пропускают через гофровалы с температурой приблизительно 180 °С, остаточный лигнин, покрывающий волокна, становится пластичным в процессе формирования гофров, а затем после охлаждения в готовом гофре становится жестким. Таким образом, флутинг из НСПЦ образует жесткую конструкцию с высоким уровнем сопротивления продавливанию.

Применение в производстве картона полуфабрикатов из лиственных пород древесины более экономично, чем из хвойных, потому что лиственная древесина дешевле, а также ее использование расширяет сырьевую базу для бумажной промышленности. Однако различия в химическом и морфологическом строении лиственных и хвойных пород древесины требуют создания отдельных технологических потоков варки, промывки, очистки. На картонной фабрике для полуфабрикатов из лиственной полуцеллюлозы должен быть самостоятельный технологический поток ее переработки и в первую очередь раздельный размол лиственной и хвойной целлюлозы. Совместный размол этих полуфабрикатов допустим лишь при малом содержании лиственной целлюлозы в композиции бумаги.

Использование лиственной полуцеллюлозы приводит к некоторому снижению отдельных показателей механической прочности картона, существенному уменьшению влагопрочности и поверхностной прочности. Эти затруднения в значительной степени могут быть преодолены оптимизацией режима размола лиственной полуцеллюлозы, введением в бумажную массу связующих веществ.

Бисульфитная полуцеллюлоза на магниевом основании применяется в основном для производства высококачественной бумаги для гофрирования, причем хвойная магний-бисульфитная полуцеллюлоза и ЦВВ может применяться как самостоятельно, так и содержать до 40...50 % лиственной. Лиственная магний-бисульфитная полуцеллюлоза должна применяться в композиции с сульфатной небеленой целлюлозой, улучшающей ее динамические свойства в процессе гофриро-

вания. Перспективно применение магний-бисульфитной полуцеллюлозы для производства картона для плоских слоев как в композиции с сульфатной небеленой хвойной целлюлозой, так и в композиции с другими полуфабрикатами, например макулатурной массой и поверхностным слоем из сульфатной хвойной небеленой целлюлозы.

Физико-механические показатели магний-бисульфитной полуцеллюлозы высоки: разрывная длина – 5500...6000 м (лиственная), до 7000 м (хвойная), сопротивление излому от 100 до 500 двойных перегибов соответственно, удельное сопротивление сжатию кольца при массе отливки площадью 1 м² 150 г – 2,0...2,5 кН/м. Механическая прочность бисульфитных полуцеллюлоз на магниевом основании и НСПЦ с выходом 75...76 %, предназначенных для выработки флютинга, примерно одинакова.

Скорость размола магний-бисульфитной полуцеллюлозы примерно в три раза выше, чем сульфатной небеленой целлюлозы, оптимальная степень помола при использовании магний-бисульфитной полуцеллюлозы в композиции компонентов тарного картона – 35 ШР.

Бисульфитная полуцеллюлоза близка к НСПЦ по качеству, но ниже по стоимости.

При выборе способа получения волокнистых полуфабрикатов определяющими обстоятельствами являются следующие: потребности рынка, ассортимент и качество выпускаемой продукции, экологическая нагрузка на окружающую среду. При оценке нагрузки на окружающую среду необходимо учитывать экономичность системы регенерации химикатов из отработанных щелоков и возможность восполнения потерь дешевыми и недефицитными химикатами.

1.3.2. Получение картона-лайнера и флютинга из вторичного волокна

Использование вторичных волокон в производстве тароупаковочных материалов обусловлено следующими факторами:

- ограниченностью лесосырьевых ресурсов для производства первичных растительных полуфабрикатов;
- относительно низкой стоимостью макулатуры;
- экологическими преимуществами в виде снижения загрязнения окружающей среды и увеличения доли переработки отходов [6].

При разработке технологии изготовления продукции из вторичного волокна в промышленном масштабе необходимо учитывать следующие характеристики, влияющие на качество гофрокартона:

- прочностные характеристики;
- внешний вид;
- поверхностные характеристики;
- возможность переработки на гофроагрегате, перерабатывающих и упаковочных линиях.

В качестве расходных материалов для получения гофрокартона из вторичного волокна рассматривают три вида волокнистого сырья: флютинг из макулатуры (*Waste Based Fluting – WBF*), тестлайнер (бурый и обесцвеченный) и низкосортный макулатурный картон.

Для производства упаковочных видов бумаги и картона из макулатуры, т. е. тест-лайнера и средних слоев гофрированного картона, обычно используют смешанную макулатуру и макулатуру из супермаркетов. При этом применяют только механическую очистку, т. к. удаление краски не требуется. Технологии переработки этих видов сырья отличаются друг от друга из-за различий в физических характеристиках и требованиях, предъявляемых к продукции при ее переработке.

Флютинг из макулатуры. Бумага для гофрирования должна обладать жесткостью, а ее поверхность – высокой впитывающей способностью для быстрой сорбции клея при переработке на гофроагрегате [6]. Бумага не должна быть ломкой и хрупкой, поверхность ее не должна разрываться при переработке в процессе гофрообразования. Влажность и толщина бумаги должна быть равномерной вдоль и поперек полотна.

Жесткостные свойства бумаги достигаются добавками крахмала в макулатурную массу перед бумагоделательной машиной (БДМ) или посредством поверхностной пропитки непосредственно на ней (в клеильном прессе).

Процесс применения крахмальной суспензии перед подачей на бумагоделательную машину разработан совместно производителями бумаги и производителями крахмала. Наиболее удачным решением стал катионоактивный крахмал, часто используемый вместе с другими химическими вспомогательными веществами для лучшего удержания. Более сомкнутый сформованный слой бумажной массы на сетке БДМ способствует удержанию в нем мелких волокон и наполнителя.

Частицы крахмала выполняют ту же функцию, что и остаточный лигнин, содержащийся в волокнах полуцеллюлозы, повышая жесткость гофрированной бумаги.

С 1960 г. в состав БДМ, предназначенных для производства бумаги для гофрирования из макулатуры, ввели клеильный пресс, распо-

лагая его после двух третей сушильных цилиндров и подавая крахмальный клей в виде раствора в зону прессования. На данном узле можно нанести от 4 до 7 % крахмала на бумажное полотно. Данная технологическая операция предполагает равномерное распределение крахмальной суспензии по бумажному полотну, т. е. – пропитка бумажного полотна крахмальной суспензией. В точке дозирования крахмала влажность полотна составляет около 15 %. После клеильного пресса она повышается в пределах 35...40 %, а после окончательной сушки достигает 7...8 % в готовой бумаге.

На БДМ применили новые технологии формования бумажного полотна, такие как двухстороннее обезвоживание и использование расширенной зоны прессования для удаления воды, что повышает прочность бумажного полотна перед нанесением крахмальной суспензии.

Качество бумаги для гофрирования обуславливается композиционным составом бумажной (макулатурной) массы. Обязательными являются стадии очистки, термического и механического воздействий, фракционирования, позволяющего выделить длинноволокнистую фракцию и дополнительно подвергнуть ее фибриллированию.

Предварительная обработка макулатурного волокна при роспуске позволяет значительно улучшить качественные и прочностные характеристики флутинга с добавлением макулатуры. Для предварительной обработки предложены различные технологии сортирования и размол волокна [7]. В основе многих технологий подготовки лежит размол волокна, при котором физическое состояние волокна восстанавливается до состояния, близкого к форме первичного волокна. Также существует технология с применением фракционирования. Фракционирование дает возможность получить массу с большим содержанием качественного короткого волокна, но с пониженным содержанием минеральных химических веществ по сравнению с исходной макулатурной массой.

На рис. 1.1 показаны принципиальные блок-схемы стандартной и усовершенствованной линий подготовки макулатурной массы из гофрированной тары, которая была в употреблении.

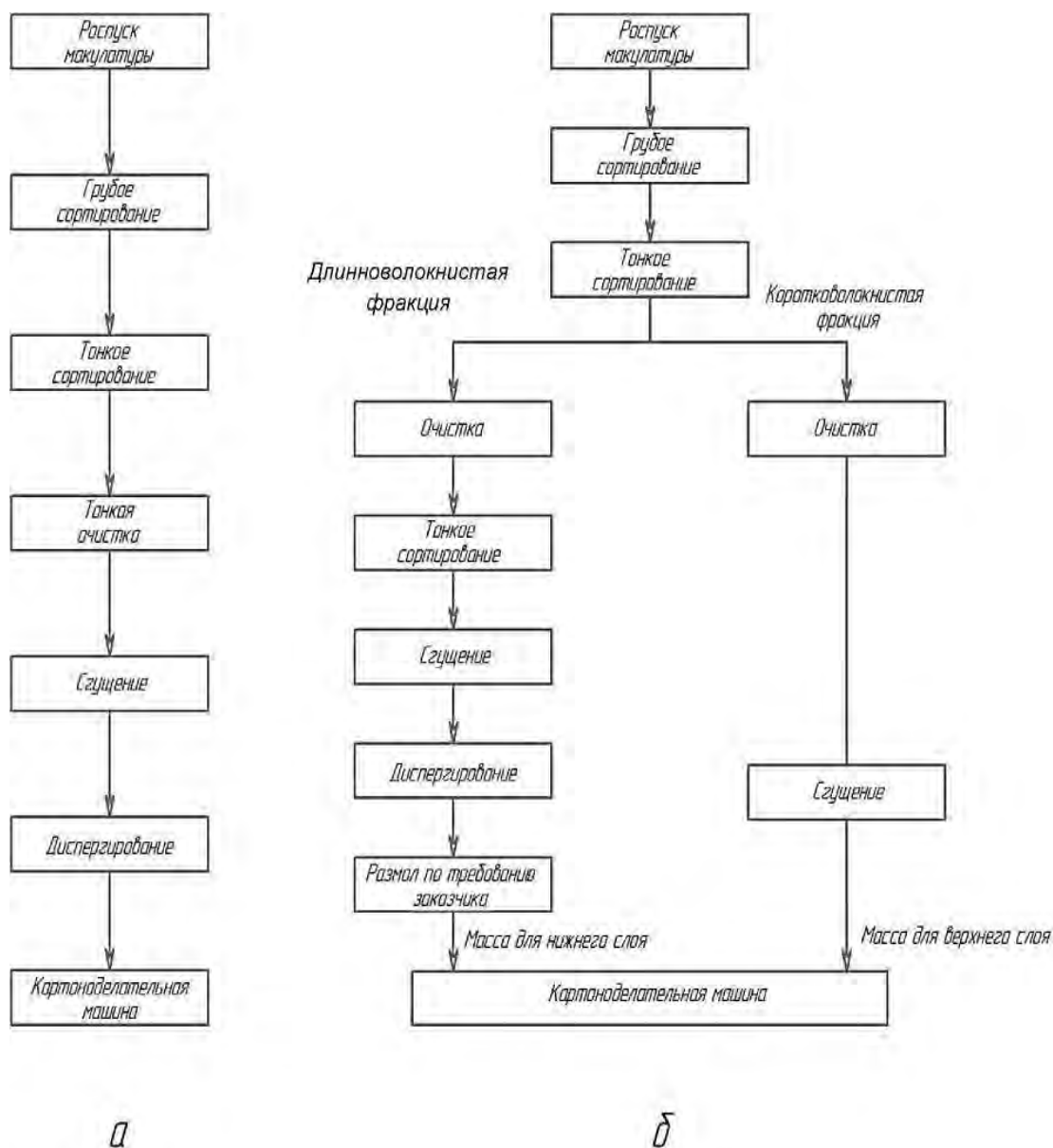


Рис. 1.1. Принципиальные технологические схемы подготовки макулатуры из использованной гофрированной тары:
 а – стандартная линия; б – усовершенствованная линия

Принципиальным отличием этих схем является то, что в схеме б есть ступень фракционирования, позволяющая разделить волокнистую массу на два потока: длинноволокнистую и коротковолокнистую фракции.

В результате использования усовершенствованной схемы диспергированию и размолу подвергается лишь часть обрабатываемого макулатурного сырья, что дает значительную экономию расхода электроэнергии, а при последующем объединении двух потоков получаемая масса приобретает более высокие качественные показатели по сравнению с диспергированием всего потока нефракционированной массы: повышается степень помола, несколько снижается зольность массы и увеличивается сопротивление сжатию картона.

Дальнейшим усовершенствованием систем подготовки макулатурной массы является дополнительная ступень фракционирования длинноволокнистой фракции и промывки коротковолокнистой фракции. Двойное фракционирование позволяет дополнительно сократить количество массы, подлежащей обработке, с сопутствующим снижением расхода энергии. Кроме того, выделение трех фракций дает возможность повысить гибкость технологии. Выделенные фракции можно смешивать в различных комбинациях в зависимости от требований, предъявляемых к конечному продукту (рис. 1.2).

Технологическую схему со ступенью промывки (рис. 1.3) применяют в тех случаях, когда высокая зольность массы может вызывать трудности в производстве. Промывка коротковолокнистой фракции позволяет значительно (от 20 до 10 % и менее) снизить зольность массы даже после объединения двух выделенных фракций.

Фильтрат от ступени промывки подвергается очистке на установке микрофлотации с последующим повторным использованием в технологическом процессе, а в случае повышенных требований к степени его очистки может быть использована флотация с применением растворенного воздуха и последующая биологическая очистка, ультрафильтрация или обратный осмос [7].

Тестлайнер. По качеству тестлайнеры делят на две марки: тестлайнер 2 и тестлайнер 3, хотя на рынке есть продукт, называемый тестлайнер 1. Марки классифицируют по прочностным характеристикам и печатным свойствам поверхности.

На протяжении последних сорока лет технологию производства тестлайнеров разрабатывали по маркам, начиная с крупномасштабного производства тестлайнера 3 в 1960-х гг. и тестлайнера 2, рост потребления которого начался в конце 1980-х – начале 1990-х гг.

Рост выпуска этих двух марок тестлайнера в основном отражался на росте производства тестлайнера с белым покровным слоем.

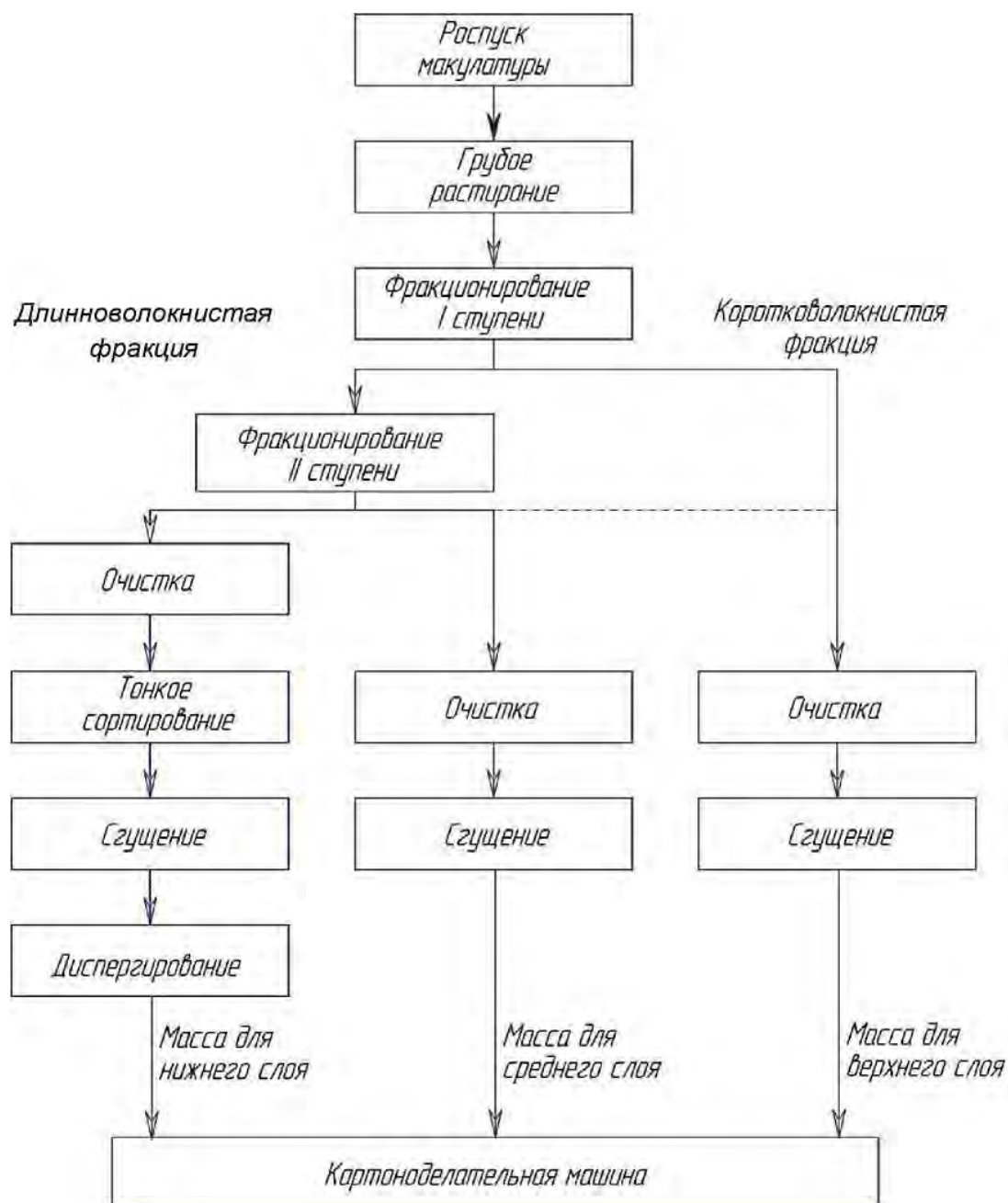


Рис. 1.2. Схема с двойным фракционированием макулатурной массы

Вначале уровень показателей качества выпускаемого тестлайнера 3 был намного ниже уровня показателей крафтлайнера по сопротивлению, продавливанию, жесткости, водостойкости, чистоте и печатным свойствам. Поэтому его в основном использовали как внутренний слой лайнера при производстве картона.

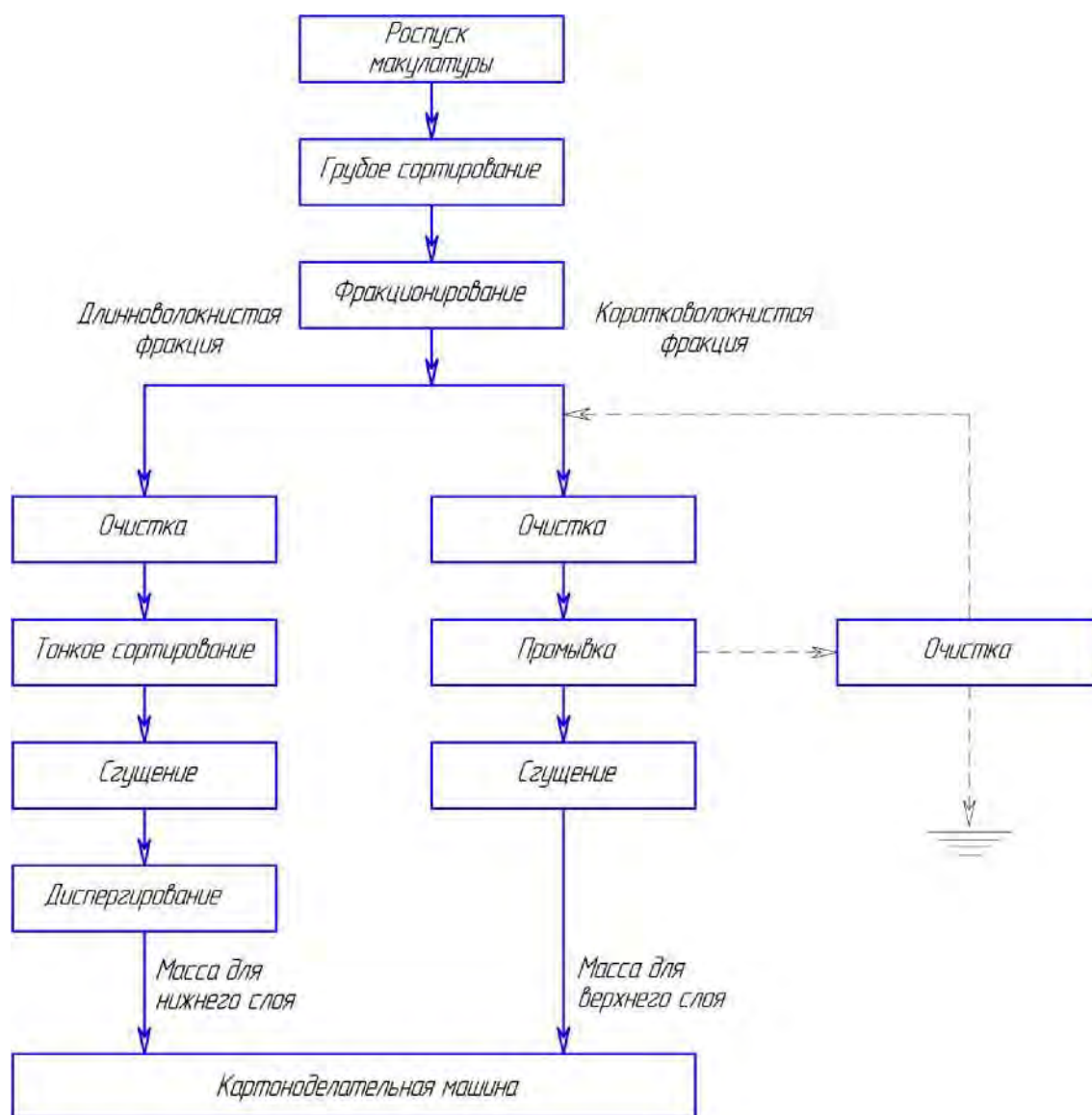


Рис. 1.3. Схема подготовки макулатурной массы с промывкой коротковолокнистой фракции

Разработка новых технологий использования крахмала для повышения прочности размола и обработки волокна перед подачей на бумагоделательную машину привела к улучшению качества тестлайнера 3 настолько, что к середине 1980-х гг. его начали использовать как наружный лайнер. Его недостатками были низкие чистота и печатные свойства, наличие оттенка. В 1980...1990 гг. работали над технологией фракционирования макулатурной массы, над возможностью использовать фракции длинного, среднего и короткого волокон вместе с системами обеззоливания, что привело бы к значительному повышению качества макулатурного волокна для производства тестлайнера. В начале 1990-х гг. были разработаны многослойные формовочные установки с расширенной зоной прессования в мокрой части бумагоделательной

машины для формования влажного бумажного полотна, было доказано, что можно улучшить качество тестлайнера. А когда эти разработки в мокрой части бумажной машины пополнились использованием гладкого прижимного вала, контактирующего с лицевой поверхностью тестлайнера при завершении операции мокрого прессования, к достижениям добавилась и хорошая гладкость поверхности.

К значительным технологическим разработкам можно отнести процесс очистки массы, который был добавлен к фракционированию для удаления нежелательных примесей при подготовке массы для верхнего слоя лайнера. Это был единственный слой лайнера, который нужно было окрашивать, поэтому для контроля полученных оттенков была установлена автоматическая система дозировки красителей, в которой использовались базовые цвета.

В результате этих технологических разработок появился тестлайнер 2, который по основным характеристикам, кроме прочности на продавливание, соответствует крафтлайнеру. В результате его стали широко использовать в качестве наружного лайнера для производства ящика из гофрированного картона, т. к. прочность на прокол не является ключевым требованием к качеству ящика.

При подготовке макулатурной массы для производства тестлайнера используют схему с двумя контурами водопользования (рис. 1.4). Более легкое управление процессом данной системы позволяет повысить производительность БДМ и добавить ступень сортирования перед БДМ для обеспечения надежности ее работы.

Непрерывное разволокнение макулатуры при низкой концентрации проводится в гидроразбивателе. Эффективное управление системой удаления примесей является непременным условием переработки макулатуры. Продолжительность разволокнения определяется маркой макулатуры и режимом эксплуатации гидроразбивателя. В схеме после гидроразбивателя устанавливают бассейн разволокненной массы. Содержание неразволокненных фрагментов макулатуры в полученной массе может составлять 20 %. Выдерживание макулатурной массы в бассейне в течение 30 мин при температуре 50 °С способствует набуханию волокон, сохранению их длины, повышению их гибкости и пластичности при дополнительном разволокнении, сортировании и размоле, а также гомогенизации, т. е. усреднению композиции и концентрации массы.

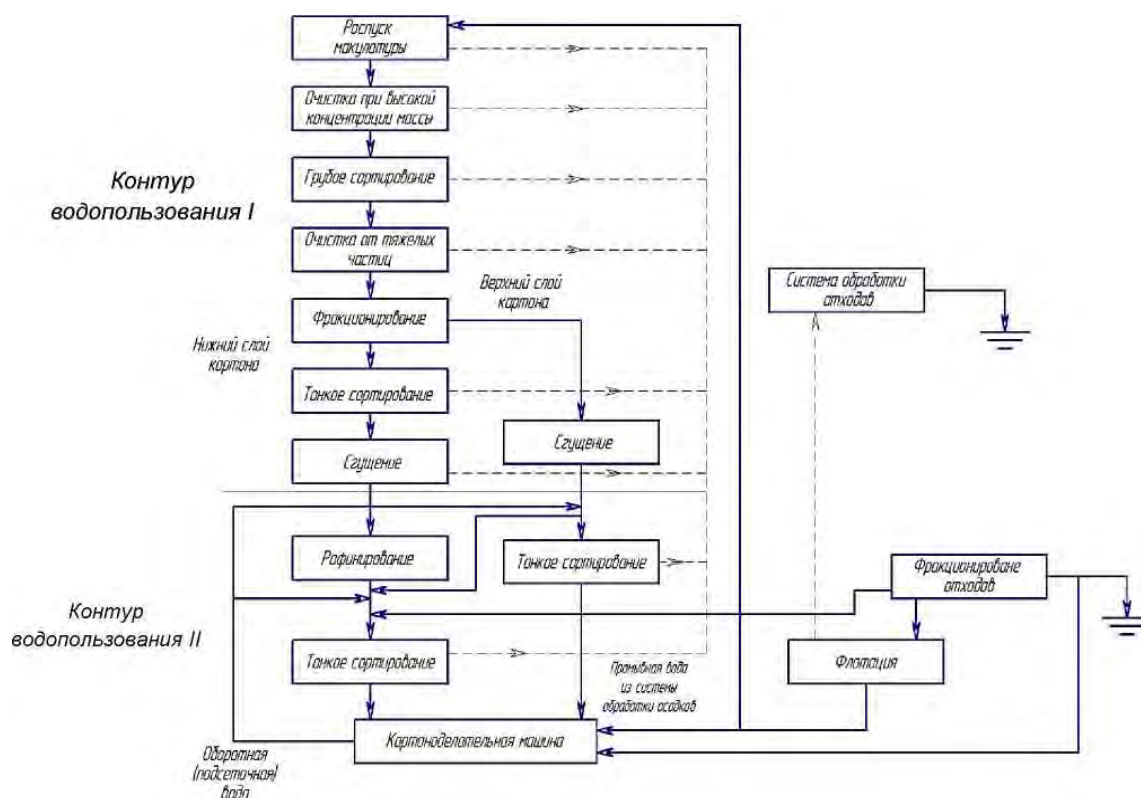


Рис. 1.4. Двухступенчатая схема переработки макулатуры для производства тестлайнера

Технологическая схема включает грубую очистку макулатурной массы в гидроциклонах для удаления тяжелых включений. Очищенная суспензия подается в дисковую сортировку (турбосепаратор) для окончательного разволокнения и удаления легких включений (полиэтилен, пенопласт, скотч и т. д.). Диаметр отверстий сита таких аппаратов (в зависимости от загрязненности макулатуры) может составлять от 2,4 до 16,0 мм. При оптимальной степени разволокнения макулатуры после гидроразбивателя возможно использование сортировки с отверстиями сита диаметром 1,6 мм как на первой, так и на второй ступени грубого сортирования.

Содержание неразволокненных фрагментов макулатуры после до-волокнения и грубого сортирования массы уменьшается до 4 %, и они могут быть удалены как отходы на последующих ступенях тонкого сортирования.

Далее проводят тонкую очистку макулатурной массы в гидроциклонах низкой концентрации. Отделенные тяжелые отходы очистки сгущают путем седиментации или фильтрации. Избыток оборотной воды используют в технологической линии для разбавления волокнистой суспензии.

Фракционирование макулатурной массы осуществляют при низкой концентрации в специальных сортировках (фракционаторах) с шириной щелей 0,15...0,20 мм. Коротковолокнистую фракцию направляют на изготовление верхнего слоя двухслойного тестлайнера, длинноволокнустую – на дополнительное сортирование в сортировке с шириной щелей 0,25 мм, после которой используют в производстве нижнего слоя тестлайнера. Длинноволокнистая фракция содержит недостаточно разволокненные фрагменты макулатуры и большое количество примесей, поэтому для нее можно применять две-три ступени сортирования.

Сортированная масса сгущается и подается в башню хранения. Контур водопользования системы подготовки макулатурной массы отделен от контура бумагоделательной машины. При сгущении массы одновременно возможно удаление мелкого волокна и частиц зольных частиц. Обратную воду подают в гидроразбиватель без дополнительной очистки или после очистки на установке микрофлотации.

Для повышения показателей механической прочности картона длинноволокнустую фракцию макулатурной массы можно дополнительно подвергать фибриллирующему размолу без укорочения волокон. После тонкого сортирования (при необходимости) в сортировках с шириной щелей 0,35 мм обе фракции направляют на картоноделательную машину. При скорости картоноделательной машины более 800 м/мин необходимо предусмотреть удаление воздуха из волокнистой суспензии.

Для очистки обратной воды возможно использование дискового фильтра и (или) установки микрофлотации. При очистке обратной воды на этой установке уловленное волокно обычно поступает на утилизацию вместе с другими отходами переработки макулатуры. Мокрая часть картоноделательной машины выполняет функцию промывного аппарата макулатурной массы. В подсеточной воде содержатся мелкие волокна и их обрывки, удаление которых способствует формированию прочного картонного полотна. Количество мелкого волокна определяется условиями размола длинноволокнустой фракции.

Выход массы, полученной по данной технологической схеме, зависит от содержания посторонних примесей в исходном сырье и достигает 93 %. Отходы тонкого сортирования составляют около 1,5 %.

Низкосортный макулатурный картон. Это марки макулатурного лайнера, который изначально использовали в гофропромышленности. Новые технологии, используемые при производстве флутингов

и лайнеров, улучшили качество этой продукции, в частности эксплуатационные характеристики и внешний вид. Некоторые виды данной продукции подкрашивали.

Непроклеенный, т. е. пропускающий воду, картон стали больше использовать для изготовления гофрированных лотков и другой подобной продукции.

1.3.3. Требования к бумаге для гофрирования и тестлайнеру

Бумага для гофрирования. Прочностные характеристики, указываемые в сертификате качества флютинга (зарубежная практика):

- сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца СМТ; проверяют для оценки сопротивления флютинга разрушению в гофрированном картоне;

- сопротивление торцевому сжатию по торцу в поперечном направлении (разрушающее усилие при сжатии кольца) – RCT (*ring crush test*);

- сопротивление торцевому сжатию короткого образца – SCT (*short (span) compression test*); имеет преимущества по сравнению с показателем RCT с точки зрения точности измерения.

Потребительские свойства бумаги для гофрирования обусловлены также впитывающей способностью материала, воздухопроницаемостью и неравномерностью влажности по ширине и длине полотна.

Тестлайнер. Прочностные характеристики, обычно указываемые в сертификате качества тестлайнера (*testliners*):

- сопротивление продавливанию, определяющее устойчивость картона к пробой (проколу);

- RCT и SCT характеризуют вклад тестлайнера в значения показателей сопротивления сжатию гофрированного картона;

- тест по Скотту (Бонду) определяет энергию связей волокон; позволяет прогнозировать возможность расслаивания гофрированного картона и адгезию тестлайнера к флютингу;

- прочность поверхности картона на выщипывание с помощью восковых палочек Деннисона;

- впитываемость при одностороннем смачивании по методу Кобба, характеризующая печатные свойства поверхности тестлайнера, а также его адгезию к флютингу;

- гладкость по Бекку, характеризующая печатные свойства поверхности картона.

Потребительские свойства тестлайнера обусловлены равномерностью влажности по ширине и длине полотна, а также сопротивлением двойным перегибам.

1.3.4. Сравнение свойств бумаги для гофрирования и плоских слоев гофрированного картона из первичных и вторичных волокон

Бумага для гофрирования (флютинг). Сравнение свойств бумаги для гофрирования из макулатуры и полуцеллюлозы показывает, что при снижении массы 1 м^2 прочностные свойства макулатурной бумаги приближаются к свойствам бумаги для гофрирования из полуцеллюлозы [4].

Однако при массе в 150 г/м^2 и выше бумага из полуцеллюлозы имеет более высокие показатели вследствие содержания остаточного лигнина, увеличивающего прочностные свойства в большей степени, чем добавка крахмала в макулатурную бумагу. По этой причине при изготовлении высокопрочного картона используется бумага для гофрирования массой до 240 г/м^2 из полуцеллюлозы.

С точки зрения пригодности для гофрообразования бумага для гофрирования из НСПЦ листовных пород имеет ряд преимуществ по сравнению с бумагой из макулатуры, сульфатной и сульфитной целлюлозы. Термическая пластификация бумаги из НСПЦ более выражена по сравнению с макулатурной бумагой. Как следствие, бумага из НСПЦ легче растягивается в горячем состоянии, что способствует лучшему снятию остаточных напряжений в зазоре между гофровалами, что предполагает хорошее прохождение бумаги на гофоагрегате. Использование бумаги-основы из НСПЦ из древесины березы также уменьшает трение при прохождении бумаги по гофроагрегату благодаря наличию в полуцеллюлозе воска и жиров.

Бумага из НСПЦ сохраняет более высокую по сравнению с бумагой из макулатуры прочность на разрыв и сжатие при повышенной влажности.

В диапазоне температур $200...250 \text{ °C}$ бумага из НСПЦ пластифицируется с явно выраженным увеличением растяжения при разрыве, что не характерно для бумаги из макулатуры. Такой эффект можно отнести за счет пластификации сульфонированного лигнина. Бумага для гофрирования из сульфитной или сульфатной целлюлозы с низким содержанием остаточного лигнина не обладает этим свойством в указанном интервале температур. Модуль упругости у бумаги из НСПЦ

уменьшается и становится примерно равным аналогичному показателю для бумаги из макулатуры. В тоже время величина разрушающего напряжения при растяжении менее подвержена воздействию температуры. Бумага из НСПЦ при температуре 230 °С обладает большей прочностью на разрыв и поэтому лучше противостоит напряжениям при гофрировании по сравнению с бумагой из вторичных волокон. Более высокая прочность при растяжении дает возможность повысить скорость гофроагрегата.

Бумага для гофрирования из НСПЦ обладает повышенной текучестью, т. е. повышенной способностью к релаксации напряжений, а следовательно, в меньшей степени подвержена образованию микротрещин. Для того чтобы использовать преимущества пластификации, более высоким скоростям полотна должны соответствовать более высокие температуры гофровалов. Для оптимального использования преимуществ бумаги из НСПЦ, особенно при повышенных скоростях переработки, необходимо, чтобы температура гофровалов достигала 170...180 °С и даже выше с учетом увеличения скоростей гофрирования в будущем.

Бумага для плоских слоев гофрированного картона. Показатели прочностных характеристик – сопротивление продавливанию крафтлайнера и тестлайнеров составляют около 70 % от показателей крафтлайнера. Показатели по RCT тестлайнера более сопоставимы с показателями крафтлайнера и составляют около 90 % от показателей крафтлайнера.

Показатели силы связи между волокнами тестлайнера приближаются к уровню показателей крафтлайнера, что отвечает требованиям гофропромышленности.

Тестлайнер имеет почти такую же гладкость, как крафтлайнер, и находится на уровне ниже 2000, что соответствует требованиям для нанесения печати на лайнер коричневого цвета.

1.4. Современные технологические разработки в производстве бумаги и картона для гофротары

Флютинг из макулатуры. Основным направлением работы на протяжении последних тридцати лет являлось создание химических вспомогательных веществ и их эффективное использование при производстве бумаги и картона из макулатуры.

Разработка химических добавок (связующих) обусловлена следующими объективными факторами: увеличением скорости БДМ и энергозатрат; увеличением содержания волокон низкого качества в макулатуре.

Традиционный клеильный пресс уже не используют как технологическую единицу оборудования, ключевую роль в технологическом процессе нанесения крахмальной суспензии на бумажное полотно играет система приготовления крахмального клея.

Конструкцию клеильного пресса изменили, чтобы увеличить скорость без потерь крахмала и обеспечить достаточное время выдержки на прессе. Чтобы довести систему до логического завершения, увеличили диаметр валов, покрыли их разными материалами, изменили геометрическую конфигурацию валов по ходу бумаги.

Модифицировали вязкость и размер частиц крахмального клея, чтобы повысить степень проникновения крахмального клея в бумагу.

Спроектировали пресс нового типа, который идентифицировали как поверхностный аппликатор. Он выполняет те же функции, что и клеильный пресс, но при этом работает на крахмальном клее с более высокой концентрацией твердых частиц, что снижает уровень повторного увлажнения бумаги. Это привело к снижению энергозатрат при сушке бумаги. Технологическая операция по нанесению крахмального клея стала более стабильной, и качество бумажного полотна на бумагоделательной машине улучшилось.

Используя систему *Hydra-sizer*, удалось достичь хороших результатов при нанесении крахмальной суспензии на бумажное полотно на формирующей сетке. Используемые технологии не повреждают качества бумажного полотна. Снижен также уровень энергозатрат по сравнению с клеильным прессом.

Технологи продолжают работать над подготовкой макулатурной массы, которую подают на БДМ. Цель их работы – подавать на БДМ макулатурное волокно, в котором содержится минимальное количество загрязнений, в состоянии, близком к состоянию первичного волокна.

Изменили также технологический процесс формования бумаги. Наиболее значительным технологическим достижением считают первичное обезвоживание волокна при формировании бумажного полотна с обеих сторон, зажимая его между двумя сетками («сэндвич»). Так можно равномерно распределить все волокна по толщине бумажного полотна, улучшив степень сцепления между волокнами, а следовательно, и прочность бумажного полотна.

На протяжении последних лет нормой стало использование расширенной зоны прессования. При использовании данной технологии остаточную воду удаляют на последней стадии обезвоживания, меньше повреждая при этом структуру бумажного полотна.

Технологи также продолжают работать над «сушкой с замедленным прессованием». При данном технологическом процессе уходит только небольшое количество свободной воды, а основную часть воды удаляют в процессе выпаривания. Бумажное полотно выдерживают под давлением, пока оно не высохнет до такого состояния, при котором не тянется и не усаживается, т. е. бумага приобретает свойственную ей прочность. Используя такую технологию при обезвоживании, получают более жесткую и прочную бумагу, чем в процессе применения действующих технологий прессования и сушки.

Тестлайнеры. В производство тестлайнера, а именно в технологический процесс подготовки макулатурной массы и в процесс формирования бумажного полотна на БДМ, за последние двадцать лет внесены изменения.

Перед современной машиной по производству тестлайнера обычно располагают участок для подготовки бумажной массы, включая системы фракционирования, удаления специфических примесей из верхнего слоя, диспергирования и размола массы. Участок обычно оснащен системой контроля над дозированием химических красителей, удерживающих химических добавок, а также возможна установка автоматических систем для дозирования крахмала и клейких добавок.

На стадии фракционирования получают два или три потока волокна (потоки длинного, среднего и короткого волокон). Затем эти потоки подвергают отдельной очистке с удалением загрязнений, размолом и химической обработкой. После потоки подают по отдельности или в виде смесей на каждый слой бумажного полотна, формуемого на БДМ.

Верхний слой бумаги производят из очищенной, окрашенной массы с большим количеством длиноволокнистой фракции, которая

размалывается до необходимой степени помола. Таким образом, верхний слой тестлайнера соответствует основным требуемым характеристикам по внешнему виду, печатным свойствам и по уровню впитываемости, не влияя на другие слои лайнера.

Аналогично коротковолокнистую фракцию волокон применяют для изготовления среднего слоя трехслойного лайнера, чтобы усилить его жесткость.

На БДМ в дополнение к многослойному формованию бумаги применили новые технологии по двухстороннему обезвоживанию полотна при первичном формовании. Использование технологии мокрого прессования и расширенной зоны прессования позволило получить тестлайнер, отвечающий требованиям гофропромышленности. Технология нанесения крахмальной суспензии поверхностным аппликатором позволила улучшить поверхностные свойства тестлайнера.

1.5. Перспективы производства бумаги и картона для гофротары

В гофротарном производстве всегда будет существовать потребность в расходных материалах для изготовления гофрокартона из первичного волокна [4]. Потребность вызвана необходимостью «пополнить» запас макулатурного волокна и поддержать его качество. Основным источником макулатурного волокна являются использованные гофроящики. Сегодня гофроящик – это продукт глобального потребления, и движение макулатуры по всему миру приводит к повсеместному распространению первичного волокна от основных стран-производителей.

Для расчета ориентировочного потребления первичного волокна воспользуемся правилом: волокно повторно можно использовать до десяти раз, т. е. потребность в первичном волокне составит примерно 10 %.

Новые технологии, которые будут использоваться при производстве всех материалов для производства гофрокартона, будут направлены на решение экологических задач и снижение затрат. Другой возможный путь развития – это разработка новых химических добавок и систем для их нанесения на бумажное полотно.

Сейчас ведется работа над созданием материалов с минимальной массой 1 м^2 (70...80) г/м². Новые машины, установленные в последнее время в Европе, рассчитаны на производство легковесных лайнеров и флутингов. Стремление к легковесному тарному картону, в особен-

ности к гофрированному, обусловлено рынком конечных потребителей, экологическими вопросами и потребностью производителей ящиков повысить рентабельность. Снижение себестоимости бумаги при равноценных рабочих характеристиках гофроящика – это объективное основание для производителей гофротарных производств уменьшить вес упаковки. При настоящей экономической ситуации это привлекает любого покупателя бумаги.

Производители упаковки, которые перешли на использование бумаги и картона с пониженной массой 1 м^2 , достигли значительной экономии при закупке бумаги (в частности флютинга), снизили потребление крахмала, увеличили скорость гофроагрегата без дополнительного энергопотребления, значительно увеличили срок службы гофрвалов благодаря более чистому бумажному полотну и сократили транспортные расходы.

1.6. Производство бумаги тестлайнера, флютинга, гофроупаковки и экология

Гофроупаковка – это уникальный упаковочный материал, который имеет полный цикл повторной переработки. Достоинством этого материала является возможность использования большого количества макулатуры других марок для его получения. И если возникали сомнения по поводу того, какое сырье лучше всего использовать для производства – первичное или макулатурное волокно, – то с разработкой новых технологий и применением химических вспомогательных веществ таких сомнений быть не может. Промышленности нужны оба источника волокна, и производство обоих видов волокна сейчас развито до степени полного соответствия требованиям охраны окружающей среды. При производстве первичного волокна используют относительно низкосортную древесину, которая является продуктом лесопользования. Поскольку сохранение лесопосадок на больших территориях является важным экологическим требованием, производство первичных волокон с использованием современных технологий контроля загрязнения окружающей среды является преимуществом с точки зрения экологии.

Производство бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев из макулатуры (не только старой бумажной упаковки, но и других марок макулатуры) – это идеальный экологический способ утилизации макулатуры путем ее повторного использования. Усовершенствованные технологии позволяют использовать вторичное волокно в большем количестве циклов переработки, при этом гофропроизводство становится все более экологически целесообразным.

2. КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ГОФРОЯЩИКОВ

Современные гофроящики предназначены для длительной транспортировки, надежны в эксплуатации и гарантируют хорошую защиту содержимого [4].

2.1. История совершенствования гофроящиков

Изначально типичный гофроящик представлял собой прошитый металлическими скобами ящик без печати или с одноцветной высокой печатью, изготовленный из прочной крафт-бумаги и полуцеллюлозного флутинга. В то время на заводах по изготовлению гофроящиков применялся ручной труд, производство было шумным, т. к. в зоне для переработки находились проволокошвейные машины, на которых прошивались скобы.

В то время часто использовалась модель гофроящика с клапанами встык, которая подходила только для ящика квадратной формы, иначе нужно было дополнительно просекать пару клапанов так, чтобы стык был точным. Таким образом, появилась машина по просечке клапанов, которая также загружалась вручную. К этому времени стали выпускаться в большом масштабе стеклянные бутылки и банки, и потребность в гофроящиках увеличилась. Поэтому при выпуске больших заказов применение машин для просечки клапанов значительно увеличило производительность и сократило время выполнения заказов. Амортизацию содержимого гофроящиков обеспечивали за счет верхней и нижней прокладок в дополнение к клапанам встык.

Важным новшеством был переход на использование крахмального клея для проклейки на гофроагрегатах. Силикат натрия, который использовали до этого, имел большой недостаток, поскольку обладал абразивными свойствами, и в результате гофровалы быстро изнашивались. Замена валов стоила очень дорого. Крахмальный клей позволял использовать разные композиции, что тоже было преимуществом, и это способствовало продвижению продукта. Примером может быть трехслойный картон, где третий нижний слой мог иметь свой композиционный состав клея. Единственной проблемой с клеем, которая существовала в то время, было то, что силикатный клей весил больше крахмального и стоил меньше бумаги, поэтому там, где ящики продавали по весу (в некоторых областях вес ящика входил в общий вес содержимого, например на гвоздильных заводах), возникали некоторые трудности.

Следующим важным для гофроящиков новшеством стала возможность применения флексопечати в середине шестидесятых годов двадцатого века. Были спроектированы первые встроенные в линию машины. Начала развиваться многоцветная печать, а в линию была встроена ротационная высечка. Это было началом развития непрерывного технологического процесса по выпуску гофроящика. Технологический процесс, с одной стороны, попадал под влияние бурного развития моделей с высечкой, а с другой стороны, модель невозможно было технически исполнить на существующих машинах для изготовления ящиков, которые исключали возможность производства внутренних перегородок для упаковки бутылок в пятидесятых или шестидесятых годах. Конечно, усовершенствования в системе переработки, связанные с использованием механических систем, а также улучшенная система транспортировки способствовали этим изменениям. Наблюдался переход от трехслойного картона к тяжелому двухслойному с профилем С на некоторых типах ящиков, т. к. были снижены требования к амортизационным свойствам. В то же время появилась концепция производства листов. По данной концепции малотиражные или сложные заказы исключали из основного технологического цикла. Заводы по выпуску листа были достаточно дешевыми, их развитие начиналось со вторичного рынка, на котором в избытке было перерабатывающее и отделочное оборудование. Когда в шестидесятых годах появились машины, встроенные в линию, производители перешли на склейку вместо сшивки или обмотки клейкой лентой. Сшивка металлическими скобами обеспечивала сохранность, обмотка лентой – гигиену и ровный квадратный ящик изнутри. В то же время развивалась идея создания оборудования модульного типа, где печатные секции или секцию высечки можно было бы перемещать по рельсам, встроенным в пол, между машинами, расположенными последовательно. Это давало большую вариативность исполнения и сокращало капитальные расходы.

В начале 1970-х гг. в Японии разработали гофроагрегаты, работающие непрерывно. Были достигнуты новые показатели по производительности, качеству и вариативности. Длину прогона можно было теперь снижать до единичного ящика и уйти от допустимой погрешности (обычно продавали ящики с допустимой погрешностью $\pm 10\%$ или даже больше). Не нужно было больше останавливать машину при переходе на другой заказ. Количество картона, попадающего в отходы, значительно уменьшилось. В то же время бывший промышленный американский стандарт гофроагрегата 85" (или, например, 87") исчез,

а взамен появился альтернативный европейский – 244 см, или 96". Гофроагрегаты стали шире, более автоматизированные, с беспрерывным циклом.

Высекальные машины также подверглись существенным изменениям в 1970-х гг. Оригинальные тигельные машины с ручной загрузкой имели ограничения в размере и производительности, а также были трудоемкими. Широкое применение нашли ротационные высечки. Ограничением их применения являлась повышенная точность готового изделия, для достижения которой требовались знания, опыт и затраты. Проще в использовании плоская высечка, которая появилась на рынке благодаря швейцарской компании «Бобст» (*Bobst*), выпускающей оборудование для картонной промышленности. Так, специализированное перерабатывающее оборудование картонной промышленности стало использоваться в гофроупаковочной отрасли, а с развитием компьютерных технологий появилась возможность проектировать ящики различного дизайна. В результате разработки компьютерного проектирования были достигнуты еще более значительные изменения. В этот период наблюдается большой спрос на высечные ящики, которые заняли около половины всего рынка к концу XX в. При использовании высечки и флексопечати дизайн ящиков стал более свободным, а оформление – качественным.

Качество печати на гофрокартоне значительно улучшилось с применением ламинирования с офсетной печатью и лакирования. Компания «Аситрейд» (*Asitrade*) выпустила мини-гофроагрегат со встроенным ламинатором, в котором лист с напечатанным на нем офсетным способом рисунком приклеивался к двухслойному картону, выпускаемому на той же линии. Затем листы резали по меткам приводки оттиска.

Сэм Гринвуд (*Sam Greenwood*) усовершенствовал машину глубокой печати, Рене Каррел (*Rene Carrel*) разработал флексопечать во Франции и предложил первую встроенную в линию машину в Европе, «Тайгер» Токуно (*Tiger, Tokuno*) в Японии перенял приводной обрезной нож из сталелитейной промышленности и установил на гофроагрегат в 1970-х гг.

Производители гофрокартона постоянно искали идеи для улучшения качества и расширения возможностей применения гофроящиков. Так, чтобы сделать гофрированный картон более прочным и снизить его способность к расслаиванию во влажной среде, использовали восковую пропитку, или восковое покрытие, и влагостойкий крахмальный

клей. Для расширения ассортимента гофроящика использовали липкую ленту, армирующую ленту, ламинированный флутинг, разные профили гофры.

В 1960...1970 гг. наблюдалось развитие основных брендов потребительских товаров. История дизайна гофроящика тесно связана с потребностями автоматизации производства и созданием брендовых товаров, рост производства которых наблюдался на международном рынке торговли и экономики. Происходили небольшие изменения, как, например, термоусадочная упаковка консервированных или бутилированных продуктов на гофрированных лотках, появление которых поставило под удар многие хорошо организованные предприятия. Продвижение торговой марки предполагало создание рекламы, логингов, фирменной цветовой гаммы. На гофроящиках появилась трех- и четырехцветная печать. Для реализации упаковывания продукции на поточной линии упаковку стали выпускать в виде заготовок. Последние 10...20 лет ознаменованы активным развитием торговых сетей и супермаркетов. В этот период для гофропромышленности основными конкурентами являлись производители возвратной и многооборотной тары.

Развитие стандартизации, в частности на рынке овощей и фруктов, привело к внедрению маркировки гофротары, поставляемой на мировом рынке, и общепризнанного отраслевого стандарта качества.

С развитием компьютерных технологий, появлением штрихового кодирования в совокупности с достижениями печатных технологий позволило разрешить логистический вопрос гофроупаковки. Сегодняшние технологии позволяют передавать радиочастоты от штрихкодов, которые содержат точную и необходимую информацию о товаре, упакованном в гофроящик.

Все многообразие новшеств, внедренных в гофроиндустрию, имеет следующие тенденции:

- постоянное снижение веса картона в сочетании с ростом потребления вторичного бумажного сырья взамен целлюлозного;
- выпуск высечных конструкций, разработанных с использованием автоматизированных технологий проектирования;
- создание новых гофрированных материалов, которые рассматриваются как заменители древесины и пластмасс в ряде областей;
- распространение новых профилей, вызванное появлением возможности быстрой смены гофровалов;
- автоматизация производства и значительное повышение скоро-

сти машин, использование цифровых технологий привели к изменениям и на самих заводах по производству ящиков.

Завод по производству современных гофрированных ящиков занимает большие площади и автоматизирован по последнему слову техники. Тем не менее, гофропромышленность и сегодня остается обслуживающей отраслью. В гофропромышленности заказчик зачастую более влиятелен, чем поставщик. Возросла роль патентов на усовершенствованные модели ящиков. Известны случаи, когда хорошо продуманный дизайн или новая модель давали поставщику временное преимущество на рынке сбыта.

2.2. Основные виды гофрокартона

Гофрированный картон получается путем склеивания минимум одного плоского и одного волнистого слоя бумажного полотна [8]. Немецкое обозначение картона “*rarpe*” происходит от слова “*rappen*”, что раньше означало «склеивание». Бумага становится необычайно прочной, если ее гофрировать (сделать волнистой или рифленой). Поэтому гофр (волна) – это основа гофрированного картона (рис 2.1).

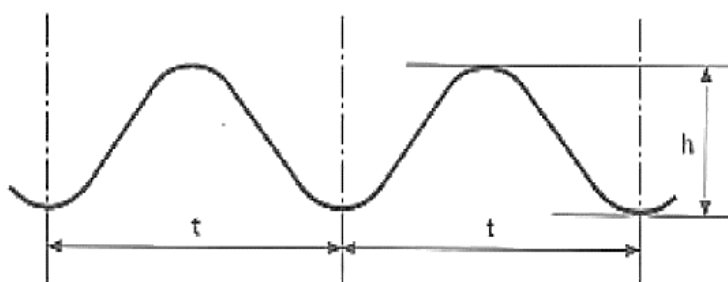


Рис. 2.1. Основные характеристики гофра:
 h – высота гофра; t – шаг гофра

В настоящее время гофрированный картон является самым распространенным видом тарного картона. По числу образующих его слоев картон разделяется на следующие виды (рис. 2.2, 2.3):

- 1) двухслойный картон – плоский и гофрированный слой (тип Д);
- 2) трехслойный картон – два плоских и один гофрированный слой (тип Т);
- 3) пятислойный картон – три плоских и два гофрированных слоя (тип П);
- 4) семислойный картон – четыре плоских и три гофрированных слоя (тип С).

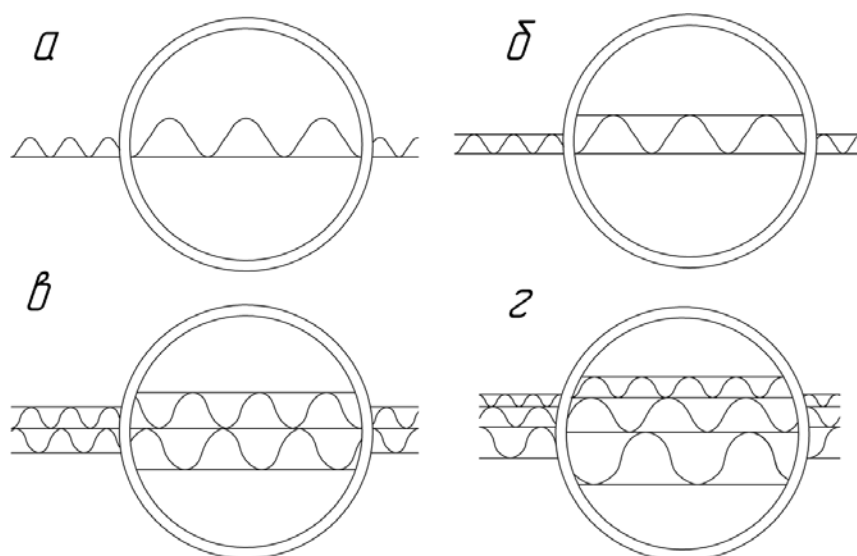


Рис. 2.2. Поперечные срезы гофрированного картона: *a* – двухслойный (тип Д); *б* – трехслойный (тип Т); *в* – пятислойный (тип П); *г* – семислойный (тип С)



Рис. 2.3 Обозначение слоев:
1 – плоский внутренний (нижний) слой; 2 – гофрированный слой;
3 – плоский наружный слой

За рубежом различают одно-, двух- и трехслойный гофрокартон. При этом слойность картона определяется числом гофрированных слоев, т. е. тип Т – однослойный, тип П – двухслойный и т. д.

Гофрированный картон может иметь различный профиль и размеры гофрированного слоя. В мировой практике каждый профиль имеет буквенное обозначение (тип гофра) (табл. 2.1).

В зарубежной литературе приводятся данные о выпуске гофропродукции с профилем гофров *K* (высота 6,0 мм), *O* (высота 0,3 мм) и др.

Таблица 2.1

Характеристики различных типов гофров

Тип гофра	Средняя высота гофра, мм	Средняя длина волны, мм
<i>A</i>	4,70	8,7
<i>C</i>	3,80	7,3
<i>B</i>	2,80	6,0
<i>D</i>	2,10	4,5
<i>E</i>	1,40	3,3
<i>F</i>	0,75	2,6
<i>N(G)</i>	0,55	1,8

В России гофрированный картон выпускается в соответствии с ГОСТ Р 52901–2007 «Картон гофрированный для упаковки продукции. Технические условия» с профилем гофров *A*, *C*, *B*, *E* и *F*. Характеристики этих гофров приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Основные параметры волнистого слоя гофрированного картона
(ГОСТ Р 52901–2007)

Тип гофра	Наименование гофра	Высота гофра h , мм	Шаг гофра t , мм	Число гофров на 1 м	Коэффициент гофрирования
<i>A</i>	Крупный	4,4...5,5	8,0...9,5	105...125	1,570
<i>C</i>	Средний	3,2...4,4	6,5...8,0	125...154	1,479
<i>B</i>	Мелкий	2,2...3,2	4,5...6,4	156...222	1,333
<i>E</i>	Микрогофр	1,1...1,6	3,2...3,6	278...312	1,250
<i>F</i>	Супермикро	0,75...1,0	1,5...3,0	–	–

Гофрированный картон относится к анизотропным материалам, имеющим неодинаковые свойства по различным направлениям. При приложении сил в направлении, перпендикулярном к гофрам, гофрированный слой работает как амортизирующий материал, вдоль направления гофров – как жесткий материал. Плоские слои гофрированного картона фиксируют положение волнистого слоя, работают на сжатие, растяжение, сопротивление продавливанию.

Обладая достаточной плоскостной и торцовой жесткостью, амортизационными свойствами, гофрокартон широко используется при изготовлении удобной и легкой мало- и крупногабаритной тары для различных отраслей народного хозяйства (пищевой, химической, электротехнической и т. п.).

2.3. Основные свойства и назначение гофрокартона

Основное назначение гофрокартона – изготовление гофротары, область применения которой очень широка. В отличие от других видов упаковки (стеклянной, пластиковой и т. д.), картонно-бумажную упаковку используют предприятия, производящие практически все товарные группы.

Основным потребителем гофротары является пищевая промышленность – 65 %. Среди подотраслей пищевой промышленности лидером по потреблению гофротары являются предприятия, производящие алкогольные и безалкогольные напитки. Существенную долю в потребление гофротары вносят производители синтетических моющих

средств, химико-фармацевтической продукции и бытовой техники.

В зависимости от назначения тары для ее производства используют двух-, трех-, пяти- или семислойный картон. При изготовлении картона с большой слойностью рекомендуется использовать сочетание гофров различного типа: *A-E*, *B-E*, *C-E*, *E-A-B*, что позволяет получить гофрированный картон высокой прочности с требуемыми свойствами.

Двухслойный гофрокартон

Это специальный продукт, который выпускают в рулонах. Продольно-резательный станок (ПРС) обычно ставят в мокрой части гофроагрегата или используют специальный гофропресс для изготовления двухслойного гофрированного картона и ПРС, стоящий вне линии [4].

Материал сочетает в себе амортизационные свойства, гибкость в горизонтальном направлении и жесткость в вертикальном. Сначала его использовали для придания жесткости шляпам-цилиндрам, а также как упаковочный материал для стеклянных сосудов, ламп и керамических изделий. Сегодня его используют как защитную упаковку для бьющихся изделий, для упаковки книг, электрических ламп и т. п. Двухслойный микрогофрокартон используют для изготовления модной упаковки «гофрой наружу» с полной запечаткой, с печатью изображения или логотипа для косметической и подарочной продукции.

Трехслойный гофрокартон

Гофрированный картон с гофром А обладает большой упругостью и применяется для упаковки изделий из стекла, керамики, радио- и телевизионной аппаратуры. Большая высота и шаг гофров, сравнительно небольшое их количество на 1 м полотна картона придают ему амортизационную способность. Схема производства трехслойного картона приведена на рис. 2.4

Гофрированный картон с гофром В отличается от картона с гофром *А* более высокой жесткостью, применяется для изготовления тары, от которой не требуется высоких амортизационных показателей, в частности, предназначенной для упаковки твердых грузов, например, консервы в металлических банках, изделия бытовой химии в потребительской таре, при транспортировании мебели и т. д.

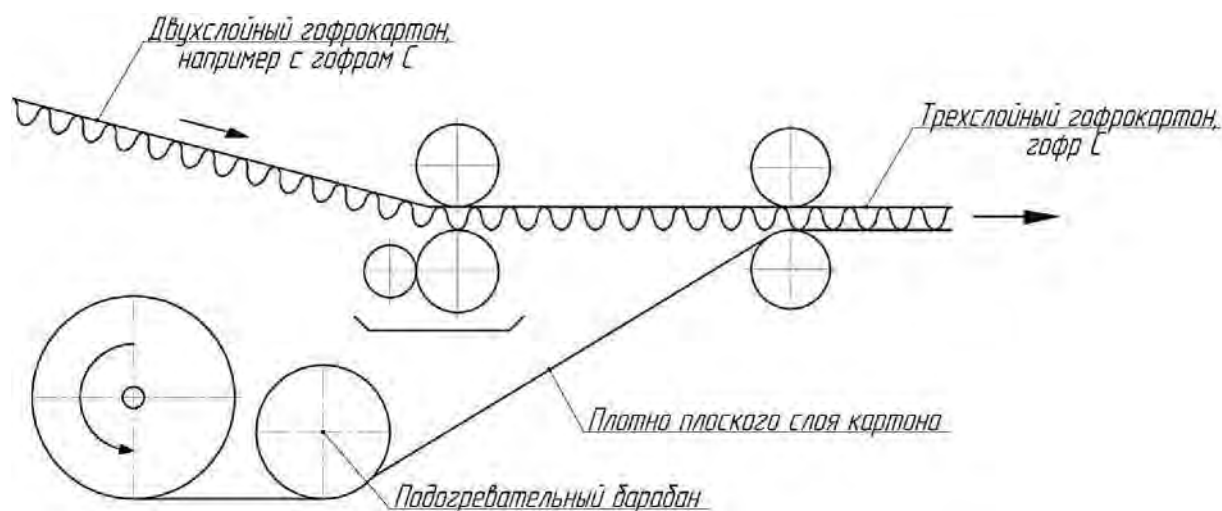


Рис. 2.4. Схема производства трехслойного гофрокартона

Гофрированный картон с гофром E, благодаря большому количеству гофров, имеет ровную поверхность и высокую жесткость в обоих направлениях. Эти свойства обеспечивают выполнение высококачественной текстовой и иллюстративной печати. В связи с этим гофрированный картон с гофром *E* находит применение для изготовления разного рода потребительской тары взамен коробочного картона и используется в качестве наружного слоя многослойного комбинированного картона.

Трехслойный картон с гофром С является наиболее распространенным видом гофрированного картона. Он сочетает в себе свойства картона с гофром *A* и гофром *B*, обладая одновременно достаточной жесткостью и амортизирующей способностью, с успехом используется для упаковки различной продукции.

В зависимости от места применения используют различные типы гофрокартона и сорта бумаги, из которого он сделан, производят водонепроницаемый, влагопрочный и морозостойкий картон. В большинстве регионов более 50 % гофроупаковки используют для пищевых продуктов и напитков, поэтому гофрокартон должен соответствовать действующим гигиеническим требованиям.

На Западе чаще применяют трехслойный гофрокартон с типом гофра *B*, в Японии и некоторых других регионах Дальнего Востока это тип гофра *A*.

Пятислойный гофрокартон обладает комбинаторными защитными свойствами, имеет высокую прочность при складировании и подходящую для нанесения печати поверхность.

При выпуске пятислойного гофрокартона два полотна двухслой-

ного гофрокартона, проходя через собственный подогреватель и собственный клеенамазывающий станок, транспортируются к склеивающему станку (рис. 2.5).

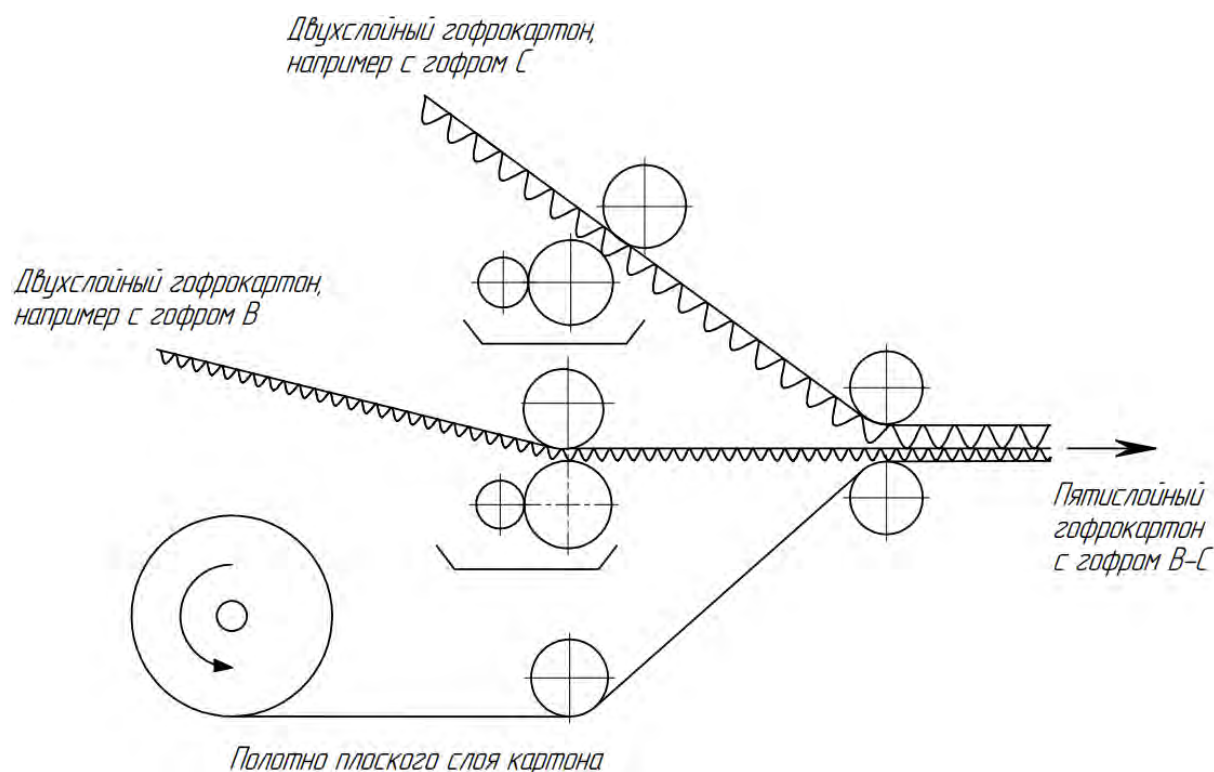


Рис. 2.5. Схема производства пятислойного гофрокартона

Одновременно, так же как и при производстве трехслойного гофрокартона, подается еще один плоский слой картона. Все три слоя соединяются затем в сушильно-охлаждающей секции. Пятислойный гофрокартон состоит из различных видов бумаги и картона и разных типов гофра (например, гофр В и С). Для внутреннего гофрированного слоя (находящегося с внутренней стороны уже готовой гофроупаковки) применяют более крупный гофр, с большей высотой гофра. Обладая хорошей упругостью, он защищает содержимое упаковки.

Более мелкий гофр применяют с наружной стороны готовой упаковки из гофрокартона, чтобы наружный плоский слой такого гофрокартона был ровнее и плотнее, чем в гофрокартоне с крупным гофром. Благодаря этому такой плоский наружный слой больше подходит для нанесения печати.

Синхро-флют (Synchro-flute) — это особый вид пятислойного гофрокартона, который выпускают на обычном гофроагрегате [4]. При его производстве используют два идентичных полотна гофрированной бу-

маги, которые выходят из двух обычных гофропрессов для гофрирования двухслойного картона. Полотно точно позиционируют одно над другим таким образом, чтобы вершины гофры нижнего двухслойного гофрированного полотна располагались под впадинами гофры верхнего полотна. Используя одинаковые материалы, можно достичь более высоких показателей по сопротивлению, плоскостному и торцевому сжатию благодаря усилению конструкции и улучшенным показателям сцепления на гофропрессе. Применение водостойких клеев позволяет хранить гофропродукцию на холоде, где даже после замерзания она сохраняет свои прочностные показатели. Фирма «Амкор» (*Amcor*) в Австралии разработала синхро-флют *Xitex* без центрального слоя лайнера. Его производят на специально спроектированном гофропрессе для производства двухслойного гофрированного картона. Этот картон обладает теми же преимуществами, которые уже описаны выше, при этом производитель экономит на бумаге для центрального лайнера.

Семислойный гофрокартон – картон повышенной прочности, который используют вместо древесины в случае, если нужен аналогичный уровень прочности и значительное снижение веса. Большую часть семислойного гофрокартона отправляют на специализированные перерабатывающие заводы в листах. Во Франции работает компания, которая выпускает девятислойный гофрированный картон.

Семислойный гофрированный картон с тремя слоями профиля *A* и толщиной около 14 мм был запатентован под названием «Триволл» (*Triwall*). Это один из немногих патентов, полученных в гофропромышленности. Лицензию на производство и сбыт картона типа «триволл» имеют только единичные компании в некоторых странах.

Использование гофропрессов, выпускающих гофрокартон с профилем двух или нескольких типов, а также широкий ассортимент производимой бумаги позволили получить тысячи возможных комбинаций гофрокартона для применения в различных областях.

В соответствии с ГОСТ Р 52901–2007 в зависимости от числа слоев гофрированный картон изготавливается следующих типов:

Д – двухслойный, состоящий из одного плоского и одного гофрированного слоев;

Т – трехслойный, состоящий из двух плоских и одного гофрированного слоев;

П – пятислойный, состоящий из трех плоских (двух наружных и одного внутреннего) и двух гофрированных слоев;

С – семислойный, состоящий из четырех плоских (двух наружных и двух внутренних) и трех гофрированных слоев.

В соответствии с ГОСТ Р 52901–2007, изготавливают следующие классы и марки гофрированного картона для различного назначения:

- марка Д – изготовление вспомогательных упаковочных средств;
- марки Т11...Т15 (класс 1) – изготовление тары и вспомогательных упаковочных средств для упаковывания продукции, способных воспринимать статические (нагрузки штабеля) и динамические нагрузки;
- марки Т21...Т27 (класс 2) и П31...П34 (класс 3) – изготовление тары и вспомогательных упаковочных средств для продукции и изделий, не способных воспринимать нагрузки штабеля;
- марки П35...П37 и С41...43 – изготовление крупногабаритной тары.

2.4. Типы упаковки из гофрокартона

Исходя из предъявляемых торговлей требований к транспортировке, защите и презентации упаковываемого товара, со временем сложились определенные типы и формы упаковки из гофрированного картона [9]:

- ящики из гофрированного картона;
- ящики лоткового типа;
- штанц-упаковка;
- внутренние комплектации гофроупаковки.

Ящики из гофрированного картона производят в соответствии с ГОСТ 9142–2014 «Ящики из гофрированного картона. Общие технические требования». Как правило, при конструировании ящиков в техническом задании указывают внутренние размеры в последовательности $L \times B \times H$, например $600 \times 400 \times 300$ (мм) (рис. 2.6).

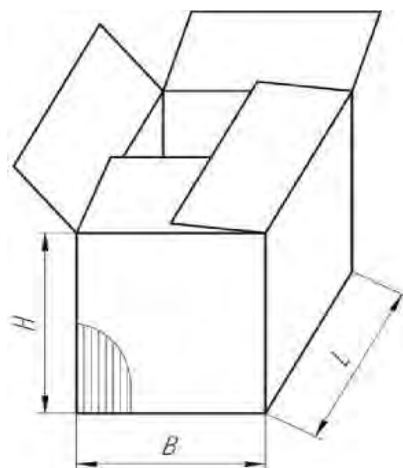


Рис. 2.6. Основные параметры ящиков из гофрированного картона: L – длина; B – ширина; H – высота

Первая величина L (длина) должна быть по меньшей мере такой же, как и B (ширина). Если $L = B$, то упаковочное изделие имеет квадратное основание. H (высота) обозначает расстояние между крышкой и дном. Самое длинное ребро дна – это длина упаковочного изделия, а самое короткое – это ширина.

Ящики являются наиболее массовой продукцией и по конструкции разделяются на следующие основные конструктивные группы: складные с четырехклапанным дном и крышкой (рис. 2.7); складные с четырехклапанным дном и съемной клапанной крышкой (телескопического типа); футлярного типа; оберточного типа; комбинированные.

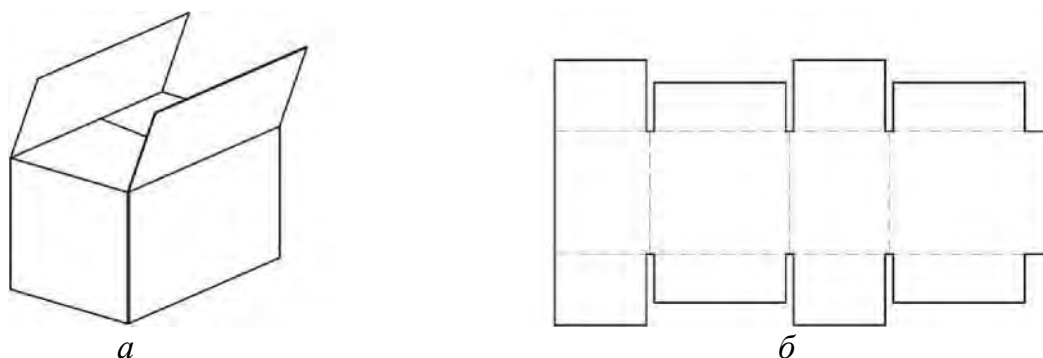


Рис. 2.7. Внешний вид (а) и развертка (б) ящика с четырьмя клапанами

В сложенном виде гофроящик отправляется заказчику, который затем его собирает, наполняет и закрывает. Для этого клапаны сшиваются, склеиваются или же заклеиваются клейкой лентой.

Гофроящик с наружными клапанами, соединяющимися встык (с равновеликими клапанами), приведен на рис. 2.8.

Из рисунка видно, что внутренние клапаны не соединяются встык, между ними остается зазор. Ширина наружных клапанов равняется половине ширины гофроящика плюс толщина материала.

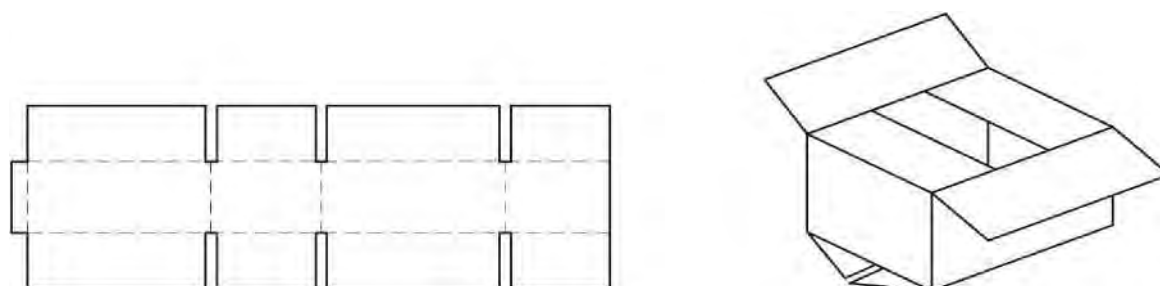


Рис. 2.8. Гофроящик с наружными клапанами, соединяющимися встык

Ящик из гофрированного картона с полностью перекрывающимися наружными клапанами, соединяющимися внахлестку, приведен на рис. 2.9.

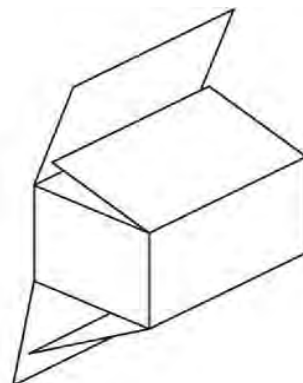
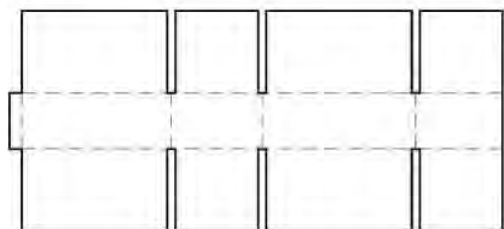


Рис. 2.9. Ящик из гофрированного картона с полностью перекрывающимися наружными клапанами

Ширина наружного и внутреннего клапанов соответствует ширине гофроящика. Зазор между внутренними клапанами зависит от разницы между длиной и шириной гофроящика.

Гофроящик с соединяющимися встык внутренними и наружными клапанами дна и крышки приведен на рис. 2.10.

Для раскроя данной заготовки требуется дополнительная технологическая операция и большой расход материала. У гофроящика с соединяющимися встык внутренними и наружными клапанами:

внутренние клапаны = $1/2$ длины гофроящика;

наружные клапаны = $1/2$ ширины гофроящика.

У квадратных гофроящиков наружные и внутренние клапаны автоматически соединяются встык. У прямоугольных гофроящиков внутренние и наружные клапаны должны быть разной ширины, если они соединяются встык.

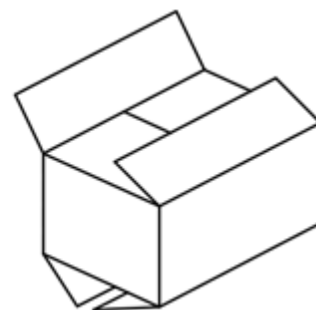
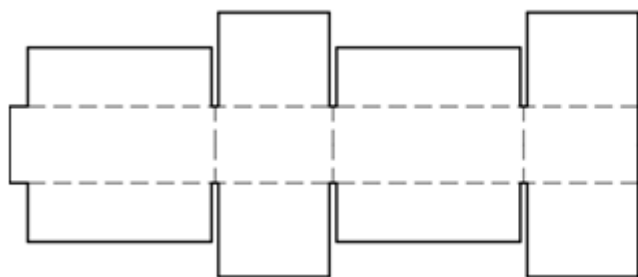


Рис. 2.10. Конструкция гофроящика с соединяющимися встык внутренними и наружными клапанами дна и крышки

Гофроящик с полуоткрытой горловиной приведен на рис. 2.11.

В этой конструкции клапаны крышки укорочены (меньше $B/2$). За счет этого образуется прямоугольная полуоткрытая горловина.

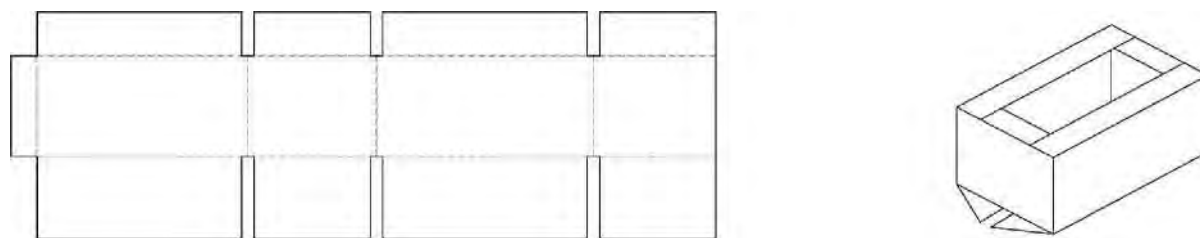


Рис. 2.11. Гофроящик с полуоткрытой горловиной

Ящики лоткового типа (рис. 2.12, 2.13) поставляются потребителю в виде развернутых заготовок, несклеенными. Как правило, они собираются, склеиваются и частично заполняются с помощью специальных машин уже потребителем. Размеры для данного типа гофротары даются в той же последовательности: длина $\times$ ширина $\times$ высота.

Штанц-упаковка. Штанцевание означает высекание заготовки из развернутого листа картона с помощью высекательных матриц (штанц-форм) и рилевание по предполагаемым линиям сгиба с помощью рилевочных муфт под сильным давлением прессования. Поэтому в отличие от обычного процесса резания, при котором вырезаются только прямоугольные формы, при высекании возможны любые сложные формы раскроя.

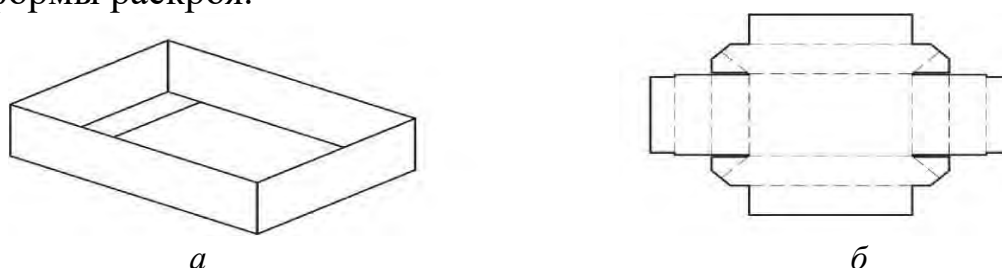


Рис. 2.12. Внешний вид (а) и развертка (б) лотка с самозакрывающимися двойными стенками

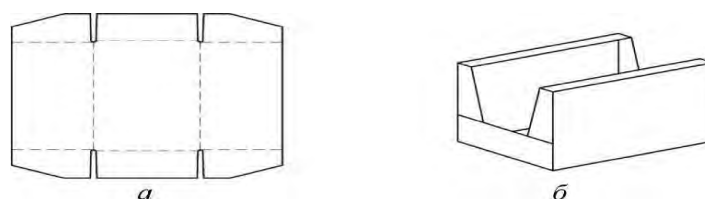


Рис. 2.13. Развертка (а) и внешний вид (б) ящика лоткового типа

Размеры штанц-упаковки (рис. 2.14) даются в той же последовательности, как и для других видов упаковки $L \times B \times H$.

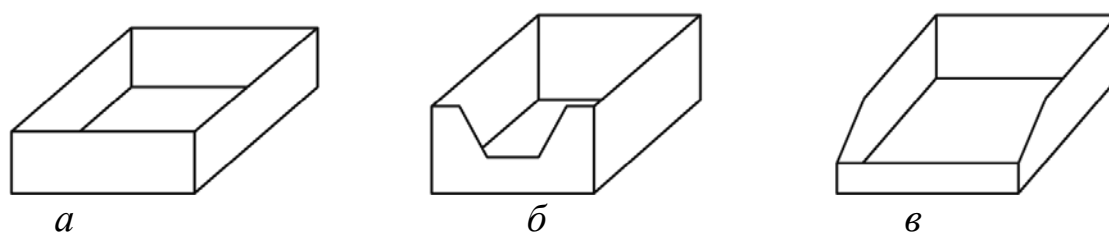


Рис. 2.14. Основные типы штанц-упаковки:
a – плоский лоток; *б* – высеченный плоский лоток с выемкой для доступа к товару; *в* – лоток с низкой лицевой стенкой

Внутренняя комплектация гофроупаковки. К следующей важной группе упаковочных изделий относятся вспомогательные упаковочные элементы – комплектующие детали к картонным ящикам. Они служат для заполнения пустот; фиксации упакованного товара; усиления жесткости боковых сторон; повышения прочности крышки и дна; защиты углов.

К внутренней комплектации относятся решетки (перегородки) (рис. 2.15), которые выполняются из полос картона с просечками и образуют внутри упаковки защитные ячейки.

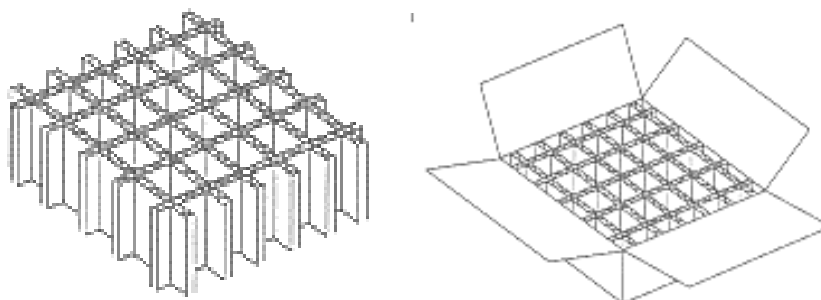


Рис. 2.15. Внешний вид решетки

Высота их стенок может быть такой же, как и высота коробки, или наполовину ее, или всего несколько сантиметров – в зависимости от заказа. Решетки служат для защиты бутылок, стеклянных банок, флаконов и пр., упакованные изделия при этом разделены и не касаются друг друга.

К комплектующим деталям относятся также гладкие и рилеванные детали в виде прокладок, вкладышей и обечаек. Они нарезаются из однослойного или многослойного гофрокартона.

Прокладки служат для усиления – повышения прочности – крышки и дна ящика или для разделения упаковываемых изделий. Размеры картонной прокладки: 400×800 (мм). Первая величина всегда соответствует длине гофра.

Вкладыши и обечайки представляют собой заготовки с рилевками, например в виде прямоугольной коробчатой конструкции (рис. 2.16), которую вкладывают внутрь ящика. Охватывая определенные стороны ящика, они усиливают их жесткость, повышают прочность гофротары.

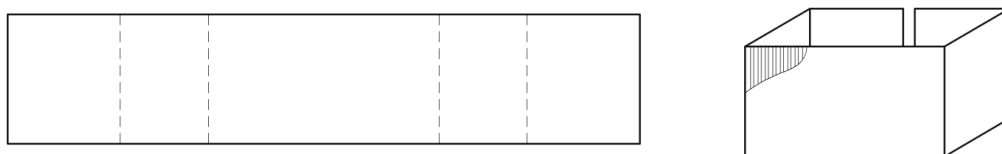


Рис. 2.16. Конструкция вкладыша

Конструкции картонных вкладышей не имеют соединительного шва по периметру, а обечайки представляют собой замкнутую конструкцию, имеющую один или два соединительных шва.

Следующая группа – это картонные *амортизаторы*, рилеванные и сложенные, а иногда даже склеенные (рис. 2.17).

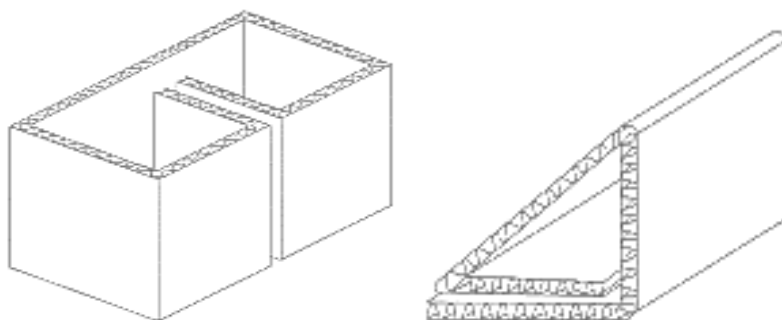


Рис. 2.17. Конструкция амортизатора

В зависимости от способа изготовления различают полые амортизаторы, сплошные амортизаторы и амортизаторы с рисками (надрезами, насечками).

Сплошные амортизаторы состоят из нескольких листов гофрокартона, изготавливаются по форме упаковываемых изделий, чтобы оптимально их накрывать. В амортизаторах с насечками заготовки надрезаются таким образом, чтобы можно было гофрокартон по линии надреза сложить острыми ребрами. Для простоты транспортировки амортизаторы доставляются потребителю в развернутом виде и собираются

только в процессе упаковки товара. Эта сборка происходит вручную или с помощью машин, на которых амортизаторы фиксируются клейкой лентой, металлическими скобками или склеиванием. Однако некоторые конструкции амортизаторов не скрепляются, их достаточно определенным образом сложить.

В зависимости от назначения различают опорные, боковые и угловые амортизаторы.

2.5. Особенности производства упаковки из гофрированного картона

2.5.1. Направление гофра при конструировании упаковки

Вертикальный («стоячий») гофр придает упаковке устойчивость, в особенности при штабелировании [10].

Лишь незначительное количество гофроупаковок (рис. 2.18) производится с горизонтальным («лежащим») расположением гофра, т. е. перпендикулярно высоте.

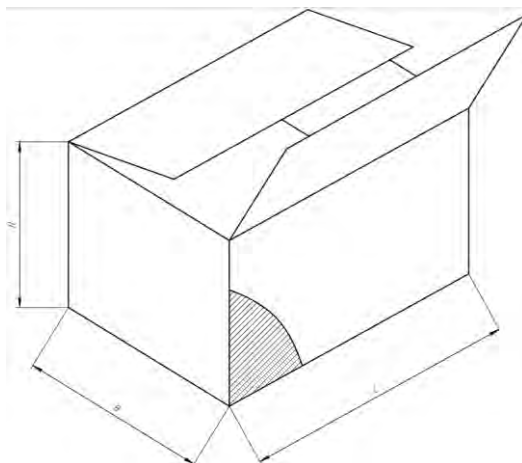


Рис. 2.18. Гофроящик с горизонтальным гофром

Горизонтальное направление гофра гарантирует при рилевании длины и ширины точную линию фальцевания (сгиба), потому что рилевки наносятся перпендикулярно гофру. При рилевании (рис. 2.19) высоты параллельно гофру линия сгиба может получиться нечеткой и неточной в зависимости от того, попала линия рилевки на вершину (основание) гофра или между ними.

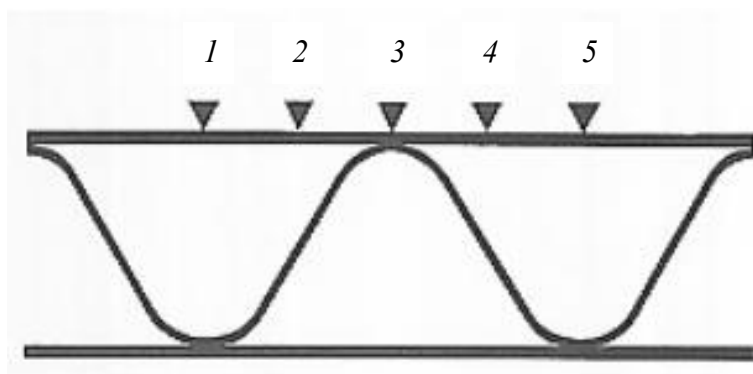


Рис. 2.19. Схема вариантов рилевки:

1, 3, 5 – точный сгиб за счет рилевки по вершинам гофра или по их основаниям;
2, 4 – неточный сгиб за счет рилевки по склону волны

Однако переработка форматов с горизонтальной волной обуславливает сложности при подаче заготовок в станок и большие отклонения от заданных размеров. Поэтому в целом приходится медленнее работать и считаться с повышенным браком.

Штабелируемость гофроящиков с горизонтальной волной значительно ниже, чем у гофроящиков с вертикальной волной.

При рилевке и фальцовке параллельно гофру линия сгиба получается удовлетворительной при условии, если она попадает на вершину или основание гофра. Если рилевка проходит между вершиной и основанием гофра, то сгиб получается неточным.

Из-за трудностей при производстве гофроящика и недостатков при неточном сгибе по рилеванной высоте по возможности избегают горизонтального гофра. Поскольку для гофроящиков важен показатель штабелируемости, то, как правило, гофроящики изготавливают с вертикальным гофром.

В группе штанц-упаковок по конструктивным причинам часто невозможно избежать рилевок (сгибов) при горизонтальном гофре.

2.5.2. Способы нанесения печати на гофроупаковку

Модульные линии могут быть оборудованы печатными устройствами. Для нанесения каждого цвета используется одна печатная секция. Обычный стандартный состав – 2...3 печатных секции. Возможно наличие дополнительных печатных устройств для других цветов. Печатные секции располагаются друг за другом, чтобы на заготовки картона по очереди наносились разные краски.

Флексографическая печать. При производстве тары из гофрокартона применяется флексографическая печать. *Флексопечать* – это разновидность высокой печати. Принцип нанесения краски при флексопечати представлен на рис. 2.20 и 2.21.

При флексографической печати используют современные анилиновые краски на водной основе, не наносящие вреда окружающей среде. Маловязкая краска подается насосом из резервуаров с краской в печатное устройство и там наносится на поверхность печатных форм (клише). Самое распространенное устройство для нанесения краски на поверхность снабжено растровым валом, в котором количество наносимой краски дозируется при помощи обрезающего вала.

В современных системах количество краски дозируется не обрезающим валом, а раклей («скребком»), т. е. излишки краски счищаются с растрового вала. При этом способе дозировка намного точнее, а краска наносится более равномерно.

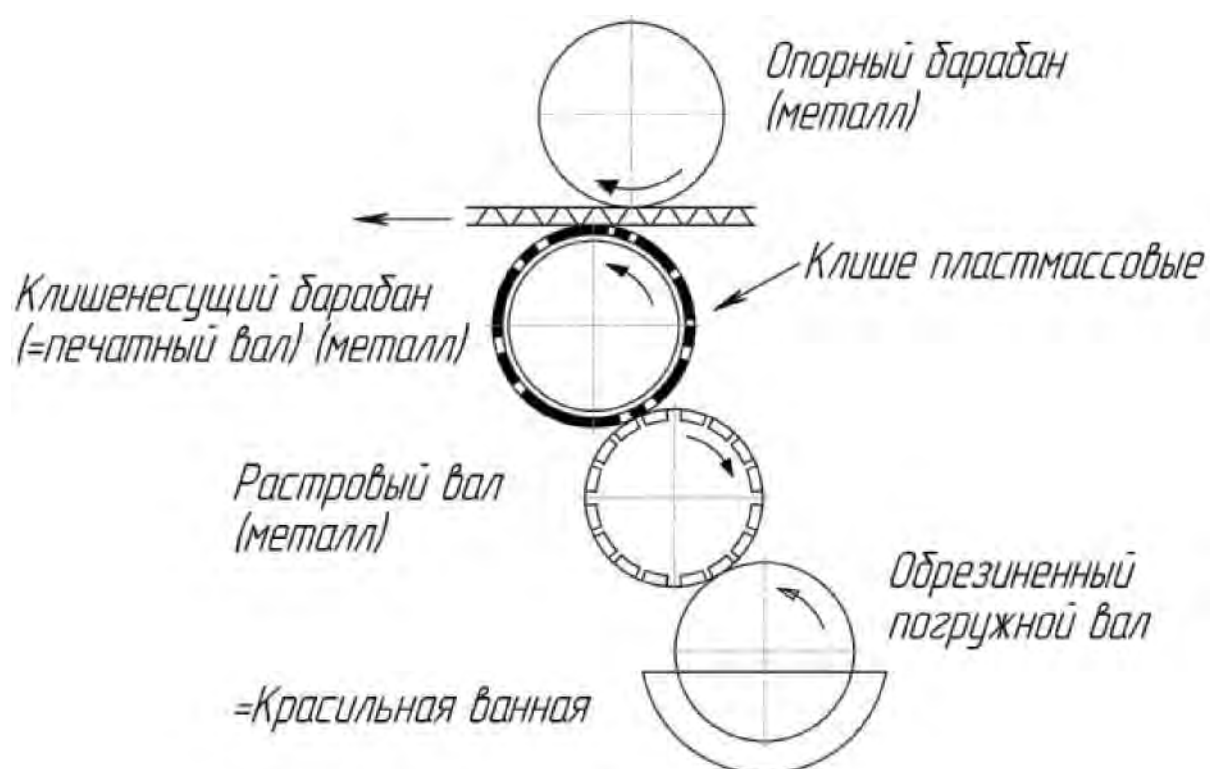


Рис. 2.20. Схема флексографической печати с обрезающим валом

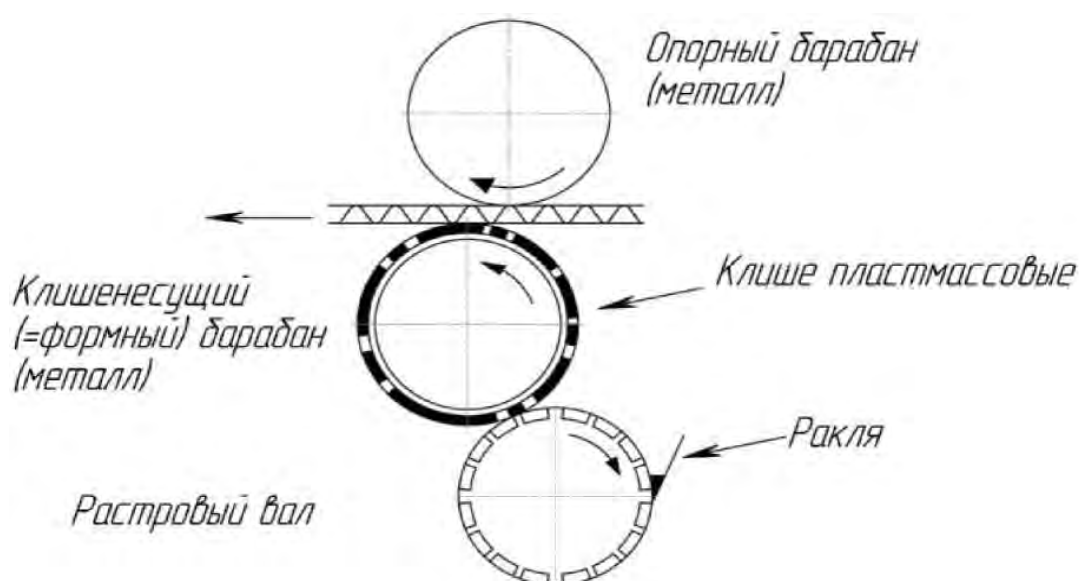


Рис. 2.21. Схема флексографической печати с rakelным устройством

Все чаще используются закрытые rakelные системы. При таких системах краска черпается не обрезиненным валом из ванны, а направляется напрямую в rakelное устройство, примыкающее к растровому валу.

2.5.3. Рилевочно-просекательное устройство

Рилевочно-просекательное устройство, называемое также слоттер. В рилевочной секции с помощью вращающихся рилевочных муфт наносятся рилевки (продавливают линии сгиба) вдоль направления гофра гофрокартона), которые определяют соотношение сторон будущего гофроящика (длину и ширину). Рилевочные муфты (рис. 2.22) имеют обычно профиль *V*-образной формы.

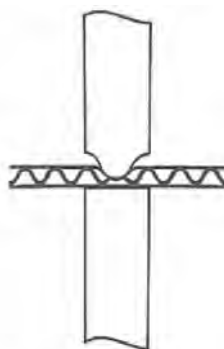


Рис. 2.22. Схема *V*-образного профиля рилевочной муфты

Они располагаются над гофролистом и двигаются навстречу нижнему элементу из стали, резины или пластмассы, просекая клапаны дна

и крышки будущего гофроящика. Прорезание канавки в удлинении линий рилевания называется «шлицевание» (просечка, высечка).

2.5.4. Рилеочно-просекательный станок

Вращающиеся высекательные матрицы (штанц-формы) установлены на одном или чаще на двух валах (рис. 2.23). Рилеочно-режущие элементы позиционируются по отдельности или совместно в автоматическом режиме.

Ширина просечки (высечки) обычно составляет 8 мм. Применяются также и другие размеры. Переналадка оборудования на другую ширину просечки требует большой затраты времени и поэтому практически не применяется. Линии шлицевания просекаются ротационными ножами, закрепленными на металлических валах. Для нанесения просечки задействуют верхний и нижний ножи (рис. 2.24).

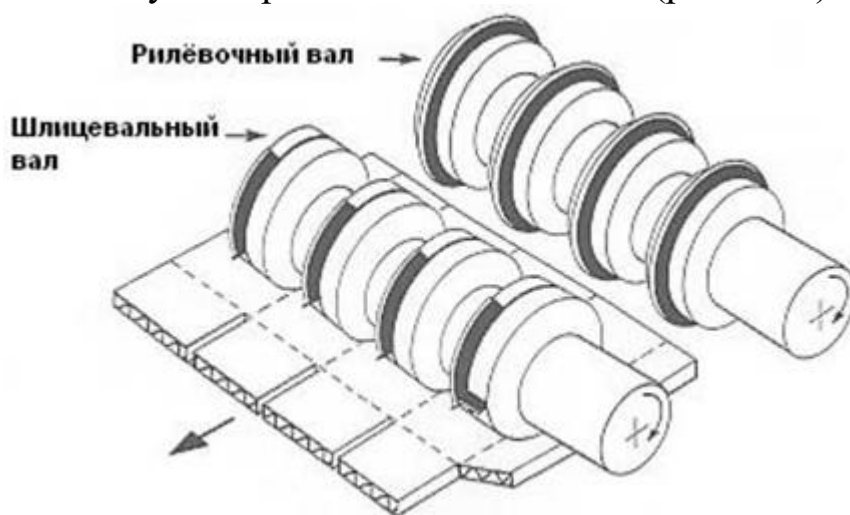


Рис. 2.23. Схема рилеочно-просекательного станка

Верхний нож при каждом вращении «ныряет» между двумя нижними ножами и режет по принципу ножниц одновременно с обеих сторон. У остро заточенных ножей получается чистый срез.

Принцип шлицевания. Ножи на валу можно смещать по оси координат и вокруг своей оси. За счет этого можно регулировать глубину просечки (высечки) и расстояние между просечками. Штанц-формы (высекательные элементы) имеют в соответствии с конструкцией определенную ширину. Поэтому для расстояния между высечками заданы конкретные минимальные размеры, которые влияют на ширину и длину будущего гофроящика.

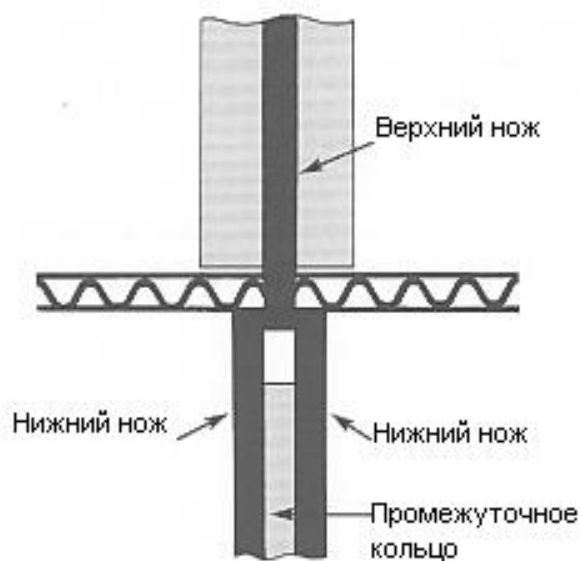


Рис. 2.24. Схема нанесения просечки ротационными ножами

Для производства гофроупаковки с очень длинными клапанами можно использовать дополнительные ножи, при очень коротких клапанах ножи можно удалять.

Первая штанц-форма шире, чем другие высекательные элементы. Она оборудована двумя маленькими поперечными ножами, которые отсекают от соединительного клапана лишние части.

2.5.5. Способы закрывания (соединения) стенок

Способы закрывания гофроящиков подразумевают соединение стенок с помощью соединительного клапана. За счет клапанов из плоского развернутого раскроя получается плоский гофроящик с соединенными стенками (рис. 2.25). В настоящее время для закрывания используют способ склейки и способ сшивания металлическими скобами.

При использовании склейки клей на гофрозаготовку наносится при фальцевании. Гофроупаковка закрывается (склеивается) под прессом (рис. 2.26).

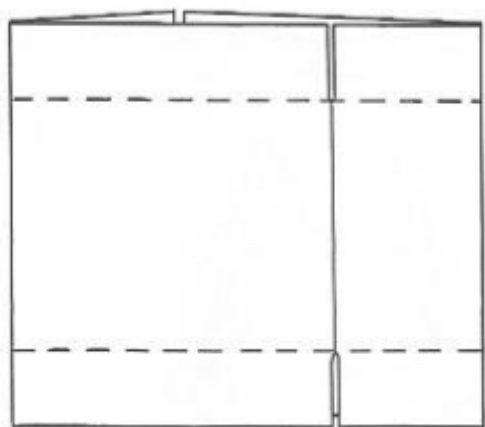


Рис. 2.25. Схема соединения боковых стенок гофроящика

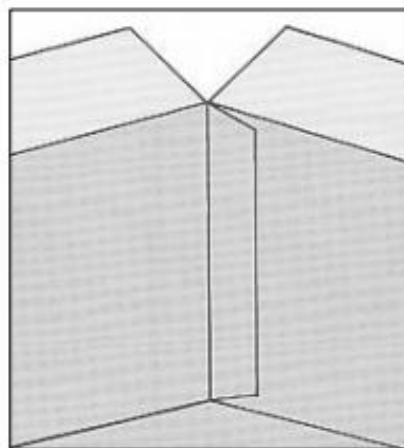


Рис. 2.26. Схема соединения стенок гофроящика приклеиванием клапана (вид изнутри)

Второй способ соединения стенок гофроящика – сшивание металлическими скобками (рис. 2.27).

При сборке соединительный клапан прикрепляется к канту соседней стенки гофроящика скобками из проволоки.

В автоматической линии для производства гофротары за модулем склеивания (сшивания) следует счетно-штабелирующее устройство.

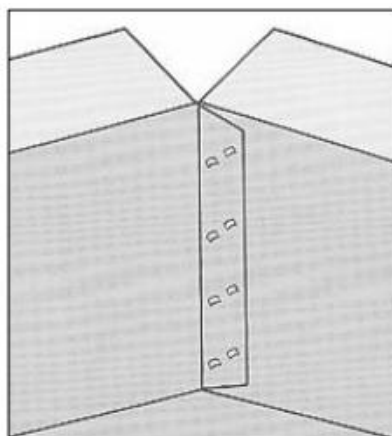


Рис. 2.27. Схема соединения стенок гофроящика сшиванием металлическими скобками (вид изнутри)

Здесь выпускаются складные гофроящики в плоском сложенном виде, собранные в пачки в зависимости от желаний заказчика (например, по 15, 20 или 25 шт.).

2.5.6. Плосковысекательный и высекательно-ротационный станки

Потребность в штанц-упаковках (высеченных) постоянно возрастает. Это обусловлено внедрением упаковочных автоматов и ростом потребительской торговой упаковки (*displays*).

Чтобы упаковки беспрепятственно проходили по упаковочным аппаратам, необходимы точно раскроенные заготовки. Эта точность достигается обработкой заготовок на высекательных станках, позволяющих делать высечки любой сложности. А для одновременного нанесения точной печати высекательные автоматы часто дополняются печатными устройствами для одно- и многоцветной печати.

Различают плоскую и ротационную высечку.

Плосковысекательный станок. Работа плосковысекательного станка начинается с подачи заготовок гофрокартона в рабочую зону станка, где упаковочное изделие приобретает свои контуры (просечки и рилевки), соприкасаясь с плоской матрицей под давлением вала. Затем обрезки отделяются от полученных заготовок, а заготовки упаковывают в пачки.

Высекательно-ротационный станок. Аналогично происходит процесс изготовления упаковочного изделия на высекательно-ротационном станке. Отличаются форма высекательных элементов и техника высечки. Если на плосковысекательных станках плоская высекательная форма прижимается к встречной плоской пластине, то при ротационной высечке круглая высекательная матрица, вращаясь, прижимается к встречному ротационному валу (рис. 2.28).

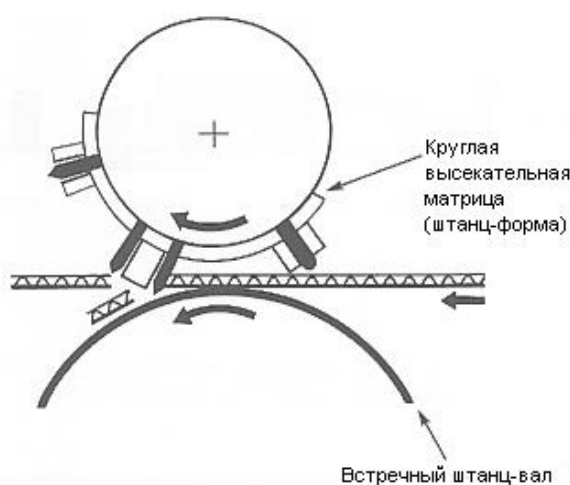


Рис. 2.28. Схема высекательно-ротационного станка

Для обоих способов штанцевания штанц-формы делаются из специальной фанеры. Контуры высечек и рилевок сначала намечаются тонкой пилой или лазерным лучом. Линиям рилевания и резания придается соответствующая форма холодным способом бигования. Чтобы лист гофрокартона не застревал между ножами, на рабочие элементы станка приклеивается резиновый амортизатор. Преимущества плоской высечки: точное соблюдение размеров, эффективность нанесенных рилевок. Преимущества ротационной высечки: возможность высокой скорости выпуска продукции, обработка больших форматов гофрокартона, более простая конструкция станка за счет меньшего давления при штанцевании.

2.6. Контроль качества

Контролю подвергаются: картон и бумага для производства картона гофрированного; картон гофрированный; ящики и упаковка, комплектующие изделия [9]. Классификация несоответствий гофрокартона, заготовок для гофроящиков и гофроящиков приведена в табл. 2.3...2.5.

Таблица 2.3

Классификация несоответствия картона гофрированного
нормативным требованиям

Термин	Характер дефекта	Требования ГОСТ Р 52901–2007
Расклеивание гофрированного картона	Отклеивание плоских и гофрированных слоев картона при незначительном усилии	Допускаются расклеенные участки площадью не более 20 см ² каждый. Сумма площадей расклеенных участков должна быть не более 50 см ² на 1 м ² гофрированного картона
Неравномерность гофров	Неодинаковая высота гофров	Не допускается
Падающий гофр	Несимметричные профили гофров	Не допускается. Допускается смятие гофров по кромке листа
Разрыв гофров	—	Не допускается
Коробление	Искривление листов (полотна) картона с образованием вогнутого или выпуклого участка	Допускается изготовление гофрированного картона с короблением листа в направлении вдоль гофров не более 20 мм на листа картона
Неровный обрез кромки	Ворсистость по кромкам листа картона, возникающая при разрезании его тупыми ножами	Не допускается
Влажный Картон	—	6...12 %
Вмятины	Наличие на поверхности картона вогнутых мест	Размером более 15 мм не допускаются
Пятна	Наличие на поверхности картона загрязненных мест	Размером более 15 мм не допускаются
Складки	Наличие на поверхности утолщения из-за перегибов и сдавливания в месте его слоев	Длиной более 50 мм не допускаются

Окончание табл. 2.3

Термин	Характер дефекта	Требования ГОСТ Р 52901–2007
Морщины	Наличие смятых мест	Длиной более 50 мм не допускаются
Повреждения кромки листа	Разрыв или разрез слоев картона по продольному или поперечному краю листа картона	Более 10 мм не допускается
Задиры	Нарушение целостности поверхности картона	Площадью более 80 см ² не допускаются
Трещины на поверхности картона с обнажением гофрированного слоя	Поверхностный разрыв плоских слоев гофрированного картона	Сумма длин трещин одного образца без обнажения гофрированного слоя не должна превышать 25 мм

Таблица 2.4

Несоответствия заготовки для ящиков из картона гофрированного
нормативной документации

Термин	Определение дефекта	Требования ГОСТ Р 54463–2011
Несоответствие размеров по клапану	Наличие заготовки, не соответствующей требованиям нормативной документации по размерам	Не допускается
Отсутствие или смещение линий рилевки (сгиба)	Наличие заготовки, не соответствующей требованиям нормативной документации по размерам	Не допускается

Таблица 2.5

Дефекты изделий из гофрированного картона

Термин	Определение дефекта	Требования ГОСТ Р 54463–2011
Отклонение от внутренних размеров	Не соответствие размеров требованиям нормативной документации	Допускаемые отклонения внутренних размеров ящика не должны превышать: 3 мм – для ящиков изготовленных из картона типа Т; 5 мм – для ящиков изготовленных из картона типа П
Непроклей по соединительному клапану	Не соответствие размеров требованиям нормативной документации	Не допускается
Смещение высечки клапанов по высоте ящика	Не соответствие размеров требованиям нормативной документации	Не допускается более 10 мм
Неровный обрез кромки	Дефект в виде ворсистости по кромкам листа картона, возникающий при разрезании его тупыми ножами	Не допускается
Геометрия ящика (слабая рилевка)	Нанесением линий рилевки неравномерно и не четко по всей длине	Линии рилевки должны быть взаимно перпендикулярными и обеспечивать формирование ящиков с заданными внутренними размерами
Качество нанесения маркировки или художественного оформления	Наличие муара, тенение, непропечатка, механические повреждения бумаги, выщипывание мелованного слоя	Не допускается
Трещины	Поверхностный разрыв плоских слоев гофрированного картона	Допускаются трещины длиной не более 25 мм с внутренней стороны поверхности ящика без обнажения гофрированного слоя по линии сгиба клапана

Окончание табл. 2.5

Термин	Определение дефекта	Требования ГОСТ Р 54463–2011
Зазор в стыке наружных и внутренних клапанов при сборке ящика	Изменение ширины зазора	Зазор при сборке ящиков, изготовленных из картона типа Т, должен быть не более 5 мм; для ящиков, изготовленных из картона типа П, – не более 10 мм; для ящиков с продукцией, упакованной в потребительскую тару, – до 20 мм
Задиры	Нарушение целостности поверхности картона с наружной стороны ящика	Площадью более 80 см ² на 1 м ² площади не допускаются
Расклейка картона	Отклеивание плоских и гофрированных слоев картона при незначительном усилии	Более 50 см ² на 1 м ² площади не допускается
Разрывы, разрезы, расслоение кромок клапана	Разрыв или разрез слоев картона по продольному или поперечному краю клапана	Более 10 мм от края кромки не допускаются
Пятна клея, масла, грязной воды, красителя	Наличие на поверхности ящика загрязненных мест	Не допускается
Вмятины	Наличие на поверхности ящика вогнутых мест	Допускаются вмятины, образующиеся от транспортных ремней (строп), используемых при упаковывании ящиков

Выполнение требований нормативной документации к гофрокартону, заготовкам для гофроящиков и изделий из гофрокартона обеспечивает надлежащую защиту содержимого гофротары, сохранность гофроящиков при транспортировке и хранении товарной продукции.

3. ГОФРОДЕЛАТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ

По сравнению с традиционными материалами гофрированный картон обладает многочисленными преимуществами при производстве тары: экономит лес и металл, снижает себестоимость продукции, удешевляет процессы упаковки и транспортировку складных заготовок ящиков, выгодно используется в комбинации с полимерными материалами и многоцветной печатью.

Важным условием технического прогресса при производстве гофрированного картона и складных заготовок ящиков из него является поточность производства с максимальной механизацией технологического процесса. Поточность работы гофроделательных агрегатов обеспечивает устойчивое качество готовой продукции. Автоматизированные высокопроизводительные машины и станки современных гофроделательных агрегатов, оснащенные дистанционным управлением с помощью ЭВМ, уменьшают процент брака, улучшают качество гофрированного картона и условия работы обслуживающего персонала, исключают тяжелый ручной труд.

3.1. Технологические процессы и конструкция гофроагрегата

Гофроделательные агрегаты относятся к отделочному оборудованию. Отделочное оборудование необходимо останавливать на время установки и разматывания рулонов, заправки бумаги, ликвидации обрывов. Массная часовая производительность (кг/ч) гофроделательного агрегата определяется по формуле:

$$Q = 0,06 \, b v \sum_{i=1}^m q_i \cdot k, \quad (3.1)$$

где b – ширина бумаги, м;

v – рабочая скорость гофроагрегата, м/мин;

m – число одновременно разматываемых рулонов;

q_i – масса 1 м² бумаги i -го листа бумаги (картона), г;

k – коэффициент использования рабочего времени.

Величина коэффициента k зависит от качества бумаги, картона, т. е. от числа обрывов в разматываемом рулоне и на самой отделочной машине, и от времени, затрачиваемого на установку и съем рулонов. В среднем коэффициент использования рабочего времени составляет 0,4...0,8.

Для изготовления гофрированного картона и плоских заготовок для ящиков применяются гофроделательные агрегаты [11]. Они представляют собой поточные линии отдельных машин, узлов и механизмов, на которых производится изготовление многослойного гофрированного картона на форматы для ящичной тары и нанесение продольных линий рилевки на плоские заготовки ящиков.

Картон и бумага-основа, разматываемые с рулонов на раскате, подогреваются и увлажняются на подогревателях, гофрируются на гофрировальной машине. Затем через накопительный мост полотно гофрированного картона подается к клеильной машине, где происходит подклейка слоя картона. Полученный трехслойный гофрированный картон проходит сушильную часть агрегата, потом охлаждается. Затем он поступает на узел продольной резки и узел продольной рилевки для образования линий сгиба в местах соединения и ребер ящиков требуемого формата. Заготовки укладываются в штабеля, которые транспортируются на отлежку для схватывания клея (рис. 3.1).

Производство и переработка многослойного (пяти-, семи-, девяти-слойного) гофрированного картона осуществляется аналогичным способом. При производстве пяти- или семислойного гофрированного картона на установленных в начальной части агрегата второй и третьей гофрирующих машинах изготавливается двуслойный гофрированный картон, причем два или три полотна поступают к сдвоенному или строенному накопительному мосту, затем к подогревателю и после нанесения клея на гофры и присоединения нижнего плоского слоя склеиваются в пяти- или семислойный гофрированный картон. После сушки и охлаждения приступают к разрезанию по требуемому формату заготовок ящиков на продольно-резательной, рилеющей и поперечно-резательной машинах (таких же, что и для трехслойного картона).

Гофроделательные агрегаты имеют различную ширину – 1200 мм или 2100 мм. Рабочая ширина 2100 мм (ширина на проход 2200 мм) кратна обрезной ширине бумагоделательных и картоноделательных машин шириной 6300 мм, что дает возможность более экономичного использования бумаги или картона. Такую же ширину имеет гофроделательный агрегат АГ-2 отечественного производства.

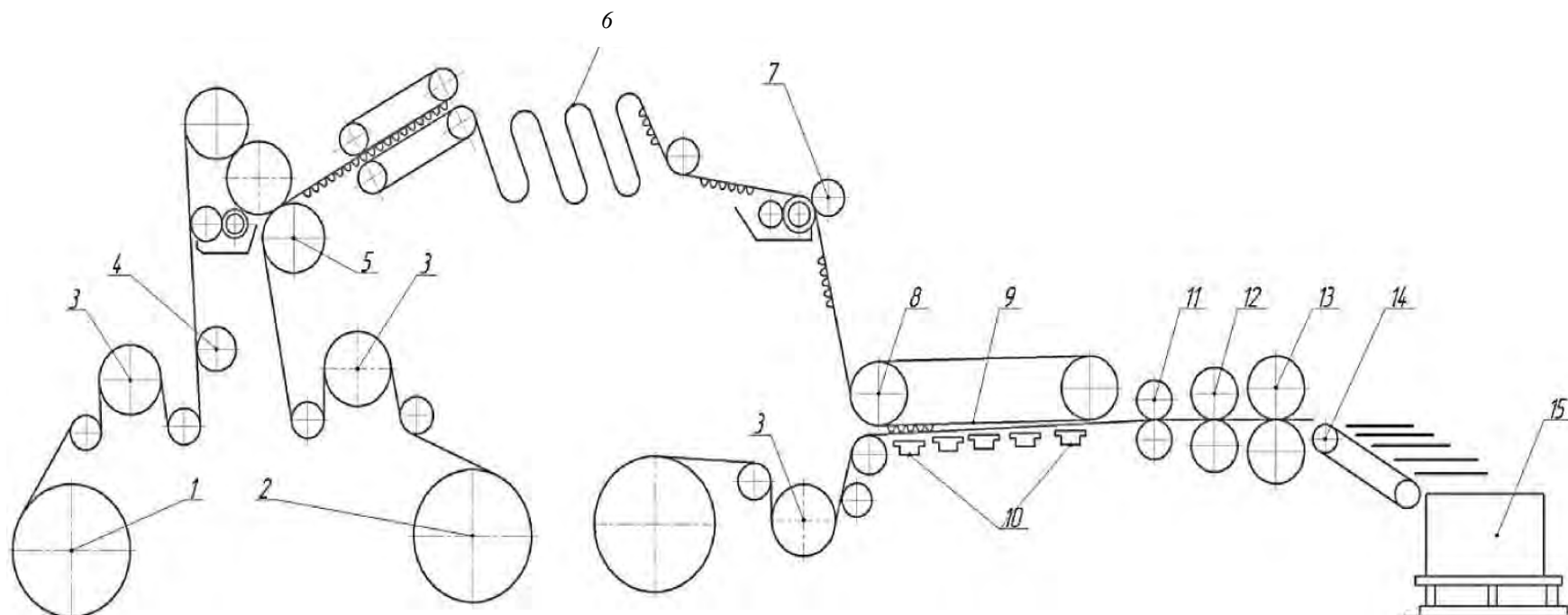


Рис. 3.1. Схема гофроделательного агрегата:

- 1 – раскат для размотки картона; 2 – раскат для размотки бумаги; 3 – подогреватели для картона и бумаги;
4 – увлажнители; 5 – гофрировальная машина; 6 – накопительный мост; 7 – клеильная машина для
склейки слоев гофрокартона; 8 – прижимной транспортер; 9 – сушильно-охлаждающая часть;
10 – сушильные плиты; 11 – узел продольной резки;
12 – узел продольной рилевки; 13 – узел поперечного отруба; 14 – приемный конвейер-укладчик;
15 – штабель готовых заготовок на поддоне

3.2. Раскат и система натяжения бумаги

Раскат для разматывания бумаги и картона представляет собой размоточный станок. Для установки рулонов для разматывания агрегат имеет по два размоточных станка на каждую гофрирующую машину и один – на клеенаносящую машину.

Размоточные станки подразделяют на штанговые и бесштанговые. Штанговые станки устанавливались у старых конструкций гофроделательных агрегатов. Бесштанговые станки делятся на выкатные и стационарные.

На размоточном станке обычно предусматривается одновременная установка двух рулонов: один находится в работе, второй подготовлен к переводу в рабочее положение. Выкатной перемоточный станок предназначен для одного рулона, поэтому для каждого слоя гофрированного картона необходимо иметь два выкатных станка (после пуска в работу одного рулона второй станок выкатывается для зарядки следующего рулона).

Выкатной станок состоит из тележки с электромоторным приводом и передвигается по рельсам, вмонтированным в пол. На тележке установлены две бабки со свободно вращающимися конусами для зажима рулонов. Одна из них неподвижна, другая перемещается вдоль тележки для соприкосновения с рулоном и его зажимом на расстояние, зависящее от ширины рулона. Привод осуществляется от электродвигателя. Натяжение полотна бумаги или картона в процессе разматывания рулона регулируется и поддерживается постоянным электромагнитным тормозом; на некоторых агрегатах устанавливают колодочные тормоза с гидравлическим приводом.

Процесс загрузки станка механизирован: рулон укладывается автопогрузчиком или тельфером на подъемную центрирующую платформу, поднимающую его до совпадения с центрами конусов и внутренним диаметром гильзы рулона. Подвижная бабка подводится к рулону, подхватывает его конус. Рулон закрепляют и плотно зажимают на двух конусах. Центрирующая платформа опускается, и рулон можно вводить в рабочее состояние.

Стационарные раскатные станки рассчитаны на прием двух полномерных рулонов диаметром до 1500 мм, механизированную установку их в конусах, подъем в промежуточное положение и перевод в рабочее. Для прижима и закрепления рулонов станок оснащен двумя парами кронштейнов (качающихся или вращающихся) с установленными на них вращающимися конусами.

Потребляемая раскатом мощность (кВт) может быть ориентировочно определена по формуле [12]:

$$N = \frac{Pbv}{60 \cdot 102 \cdot \eta}$$

где P – натяжение бумаги, Н/см;

b – ширина полотна бумаги, см;

v – скорость раската, м/мин;

η – коэффициент, учитывающий, какая часть мощности расходуется на создание натяжения полотна бумаги ($\eta = 0,6 \dots 0,8$).

Величина P – натяжение бумаги является важным технологическим фактором, во многом определяющим режим работы раската. При завышенном натяжении бумаги возрастает обрывность полотна. Для обеспечения стабильности движения полотна бумаги на участках свободного провисания необходимо, чтобы натяжение в любой точке по ширине полотна было выше вполне определенной для каждого вида бумаги минимальной величины. Неоднородность физико-механических свойств бумаги по ширине полотна приводит к неравномерному ее натяжению. По этой причине для обеспечения равномерного натяжения бумажного полотна приходится устанавливать довольно высокие значения минимальных рабочих натяжений, составляющих в среднем 10...15 % от максимального натяжения, при котором происходит обрыв бумажного полотна.

Фактическое (определенное замером) натяжение полотна бумаги на раскате в зависимости от вида перерабатываемой бумаги находится в пределах 2...11 Н/см.

3.2.1. Система загрузки рулонов

Для доставки рулонов со склада и подачи их на гофроагрегат используют погрузчики с захватами, лотковые транспортеры, передаточные тележки и электрокары [4].

Самым используемым транспортом для подачи рулонов к раскату используют рельсовые тележки. Конструкция раската рассчитана на подачу рулона с любой стороны. Для того чтобы при установке рулон не сместился от линии оси, рычаги-захваты раскрывают с большим запасом во избежание повреждения рулона и захватов. Рычаги-захваты опускают на уровень гильзы и защелкивают таким образом, чтобы зажимные патроны захватили гильзу с обеих сторон. Для того чтобы не было перекоса при укладке рулона на тележку, платформу тележки делают вогнутой с приподнятыми по двум сторонам краями. Такая конструкция платформы не дает рулону скатиться, обеспечивая его параллельность, исключает перекос рулона на тележке.

Рычаги-захваты вращаются вокруг неподвижного центра и на традиционных раскатах описывают дугу (рис. 3.2).

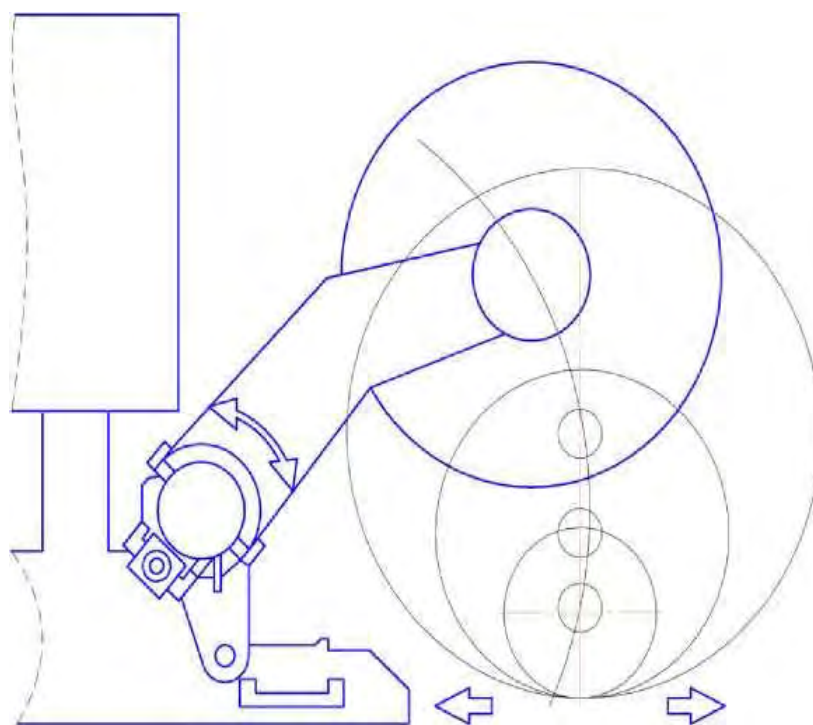


Рис. 3.2. Рычаги-захваты с дуговым перемещением рулона

Диаметр рулона можно варьировать в пределах от минимального (130 мм) до максимального (1500 мм). Для регулирования положения рулона вдоль продольной горизонтальной оси рулон перемещают относительно зажимных патронов, сохраняя горизонтальное положение оси. Дуга поворота, зафиксированного на оси подъемного рычага, рассчитана для рулонов разного диаметра. Для обеспечения линейного натяжения бумаги применяют натяжной тормоз, который располагается соосно с зажимными патронами. Диаметры загружаемых рулонов должны быть больше диаметра тормозной системы. При несоблюдении данного условия рычаги-захваты не обеспечат загрузку таких рулонов. Во избежание простоев (по установке и последующему удалению невыработанных рулонов малого диаметра) необходимо контролировать их диаметр.

Современные раскатные механизмы оснащены подъемными рычагами с подшипниками с двумя точками опоры, что позволяет определять местоположение гильзы на обоих торцах рулона (рис. 3.3).

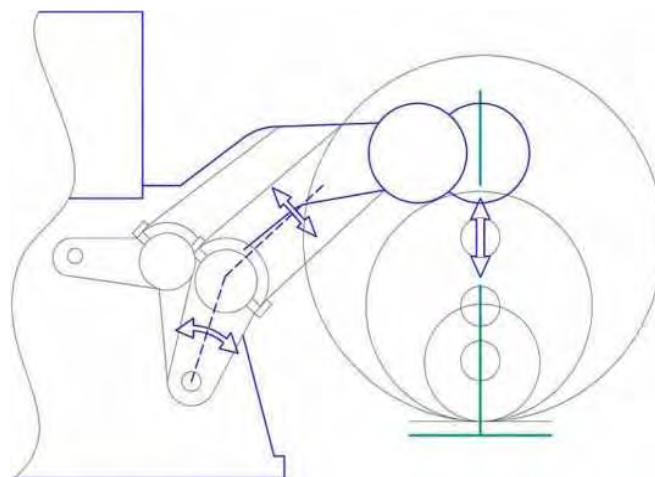


Рис. 3.3. Подъемные рычаги с вертикальным перемещением рулона

На усовершенствованных раскатах можно корректировать конусообразную или несимметричную намотку рулонов, а также при вертикальном перемещении самосъемного шарнирного рычага возможно позиционирование рулона относительно его оси с различным диаметром. Такая конструкция позволяет устанавливать и перерабатывать даже деформированные рулоны.

3.2.2. Система захвата рулона

В настоящее время на современных машинах на раскатах стандартно используют разжимные патроны. Конструктивно разжимные патроны бывают: с разжимными шлицами и открывающимися цанговыми «листочками» или сегментами по диаметру. Конструкции с разжимными шлицами захватывают гильзу рулона глубоко по краям изнутри и практически исключают износ и разрыв гильзы по краям.

Для снижения износа гильзы внутренние ее слои должны быть изготовлены из крафт-бумаги с высокой прочностью, о чем должно быть указано в спецификации. Не желательно использовать гильзы из низкосортного или макулатурного картона, т. к. они быстро изнашиваются и рвутся. Важен внутренний диаметр гильзы. Разница между диаметром гильзы и диаметром разжимного патрона должна быть не более ± 2 мм.

Конструкция цанговых патронов дает возможность пневматического позиционирования, при этом мощные пружины расширяют объем патрона для захвата гильзы. Преимущество цанговой системы в том, что отработанные рулоны или гильзы легко извлекаются. Боковой захват манжеты зажимного патрона должен иметь наружный диаметр равным или незначительно меньшим наружного диаметра гильзы, чтобы избежать повреждения внутренних слоев бумаги в тот момент, когда заканчивается рулон.

3.2.3. Система контроля натяжения бумажного полотна в процессе работы и при прохождении через сплайсер

Система контроля натяжения полотна бумаги установлена на узле склейки полотна бумаги (сплайсере). Эта система контролирует тормозной крутящий момент [4]. Прибор, измеряющий натяжение, передает электрический сигнал, который преобразуется в пневматическое изменение давления на тормозах раската. Максимальный крутящий момент характерен для максимального диаметра рулона бумаги. При уменьшении диаметра рулона бумаги в процессе перемотки происходит снижение тормозного крутящего момента.

Контроль фактического натяжения полотна бумаги производят в месте передачи бумаги в гофропресс или клеильную машину. Для натяжения полотна бумаги применяют пневматические или электрические дисковые тормоза [4]. При уменьшении диаметра рулона разматываемой бумаги на раскате уменьшают тормозной крутящий момент по показаниям прибора, измеряющего фактическое натяжение полотна бумаги. В приборе происходит преобразование линейного натяжения в электрический сигнал. Электрический сигнал воздействует на уменьшение крутящего момента в электрических дисковых тормозах или преобразуется в пневматический сигнал в пневматических дисковых тормозах для уменьшения крутящего момента.

3.2.4. Механизм поддержания рулона в горизонтальном положении в процессе работы

Применяют два варианта механизмов обеспечения горизонтального положения рулона в процессе работы. По первому варианту в раскате обеспечивается равномерное распределение веса и горизонтальное положение оси разматываемого рулона при помощи рычагов-захватов, установленных с обеих сторон. По второму варианту механизм подъема опускания разматываемого рулона бумаги расположен только с одной стороны опорной конструкции. По этому варианту рычаги-захваты должны иметь достаточно прочную соединительную траверсу, предотвращающую скручивание или работающую при скручивании при подъеме рулона максимального веса. Прочная траверса обеспечивает равномерный уровень натяжения по ширине бумажного полотна, разматываемого с рулона.

3.2.5. Механизм бокового выравнивания полотен флютинга и лайнера

Продольные оси рулонов бумаги флютинга и лайнера выверяют относительно продольной оси пресса для изготовления двухслойного картона. Нижний оклеечный лайнер трехслойного картона выверяют относительно гофрированного двухслойного картона на клейильном узле. На раскате рулона нижнего оклеечного лайнера устанавливают устройство для контроля и корректировки бокового смещения полотна лайнера. В устройствах ручного режима регулировки бокового смещения при смене рулона выполняются дополнительные операции переналадки вновь установленного рулона на заданный режим работы. Современные гофроагрегаты имеют системы автоматического регулирования бокового выравнивания бумажного полотна.

3.2.6. Механизмы вывода частично использованного рулона или гильзы

На многих раскатах применяют ручное удаление отработанных гильз или частично использованных рулонов разжимного патрона. Этот процесс занимает много времени. Современные раскаты гофроделательных машин оборудованы толкателями колец и установками автоматизированных систем смены рулонов, что значительно сокращает продолжительность операции смены рулонов и исключают ручной труд.

3.2.7. Механизм для склейки полотен бумаги

Склежку стыков бумажных полотен производят при смене отработанного и нового рулонов в механизмах – сплайсерах [4]. В современных сплайсерах склейка полотен бумаги автоматизирована. Автоматизированная система управляет двумя тормозными группами. Одна тормозная группа регулирует полотно бумаги на отработанном рулоне бумаги, а вторая – на вновь установленном рулоне. Последовательность технологических операций при склейке приведена на рис. 3.4. Важно обеспечить высокую точность регулировки и высокий уровень обслуживания всех рабочих узлов. Для сокращения времени склейки полотен бумаги необходимо обеспечивать работоспособное состояние тормозных дисков, ножей, контрножей, обеспечивать параллельность валов и режим смазки цепей и подшипников [4].

3.3. Устройства для подогрева картона

С размоточного станка полотно картона подается к устройству для его подогрева и при необходимости уменьшения влажности. При повышенной влажности полотна склеивание картона с гофрированным полотном ухудшается, а скорость снижается.

Подогреватель для картона представляет собой стальной вращающийся барабан длиной, равной рабочей ширине гофроделательного агрегата плюс 50...100 мм, и диаметром 900...930 мм. Барабан подогревателя нагревается насыщенным водяным паром при давлении 0,15 МПа.

Для обеспечения большего охвата поверхности барабана полотном картона установлены два вращающихся вала диаметром 120...130 мм; ось одного из них неподвижна, второй вал перемещается по поверхности барабана, регулируя тем самым степень охвата. Угол охвата регулируют в зависимости от влажности поступающего картона: минимальный охват картоном окружности цилиндра – 90°, максимальный – 270°. Существуют конструкции барабанов подогревателя с двумя перемещаемыми валиками. Регулируемый с пульта управления гофрирующей машины привод подогревателя работает от двигателя постоянного тока и обеспечивает синхронность скоростей барабана и гофрирующей машины. Подогреватель-увлажнитель для бумаги аналогичен подогревателю для картона и представляет собой стальной барабан, но с меньшим наружным диаметром (в пределах 600 мм), и имеет увлажняющее устройство, работающее по всей ширине полотна бумаги на подогревателе. Конструкция увлажнителя может быть трубчатой или камерной, представляющей собой ряд распылителей, установленных по всей ширине подогревателя и разделенных между собой перегородками.

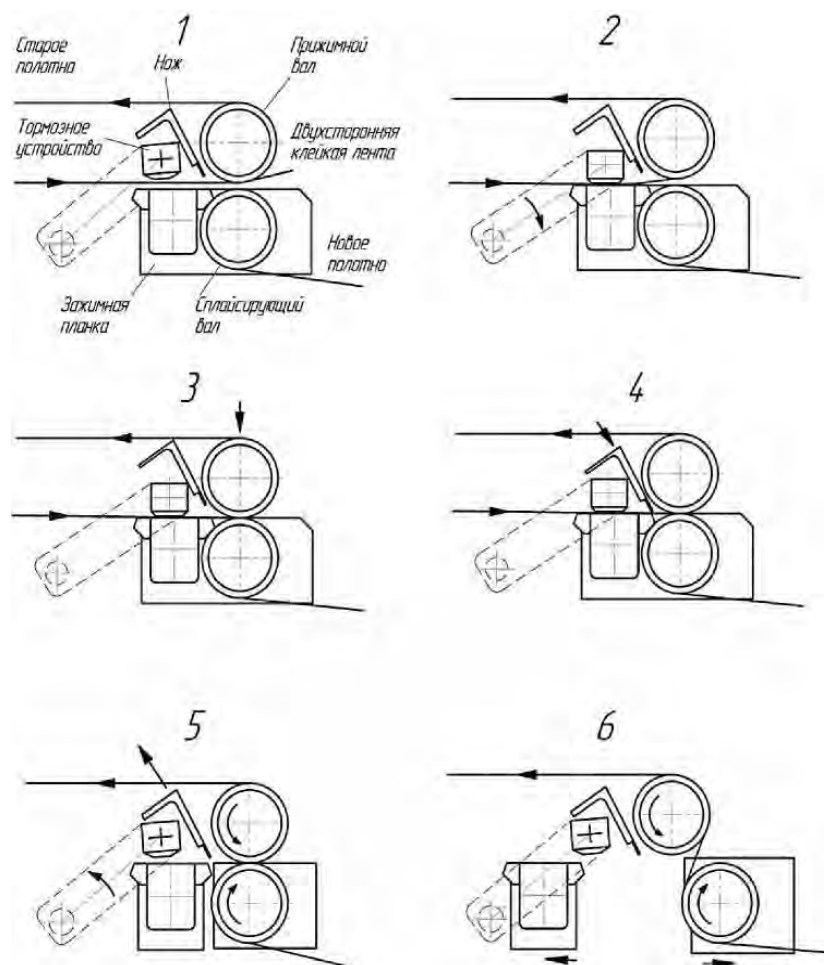


Рис. 3.4. Последовательность операций при склейке полотна бумаги:

1 – сначала оператор отрезает переднюю кромку под прямым углом поперек нового рулона, приклеивает двухстороннюю клейкую ленту, убирает тормоз и позиционирует рулон таким образом, чтобы сплайсирование было выполнено ровно, без хвостов; 2 – начало технологической операции сплайсирования могут задавать предварительно по диаметру гильзы или автоматически, используя систему синхронизации сплайсирования, либо в ручном режиме оператор нажимает соответствующую кнопку; 3 – отработанный рулон тормозят, подводят к новому рулону с подготовленным краем и прижимают для склейки; 4 – отработанную бумагу отрезают по склеенному краю; 5 – во время проведения процедуры сплайсирования машина работает с нормальной скоростью, так как используют бумагу с накопительного мостика; 6 – новый рулон приводят во вращение в направлении, противоположном направлению места соединения. Скорость вращения рулона должна равняться скорости гофроагрегата. Операция проходит мягко благодаря подаче бумаги, оставшейся на накопительном мосту

Такая конструкция создает увлажнение не по всей ширине полотна бумаги, а только в той его части, где это нужно. Увлажнение осуществляется насыщенным водяным паром, регулируемым редуктором. Увлажнение с подогревом гофрируемой бумаги способствует проникновению клея в толщу бумаги при ее склеивании.

В противном случае клей проникает в бумагу медленно, бумага становится ломкой, не выдерживает усилий в процессе гофрирования. Применяются и многоярусные подогреватели из трех – четырех подогреваемых цилиндров.

3.3.1. Подогреватели и системы предварительного нагрева паром

Изготовление гофров и склейка гофрокартона относятся к медленным процессам из-за схватывания и просушки клеевых соединений. Процесс можно ускорить, если использовать предварительно прогретую бумагу. При высокой температуре открываются поверхностные поры на бумаге, поверхность бумаги лучше пропитывается крахмальным клеем и, следовательно, сцепление между слоями бумаги становится более прочным, что сокращает период сушки бумаги и позволяет увеличить скорость гофроагрегата [4]. Агрегаты узлов просушки склеенных полотен бумаги для экономии тепловой энергии закрывают теплоизоляционными вентилируемыми колпаками.

Подогреватели. Их устанавливают встроенными в гофропресс для производства двухслойного гофрированного картона, в клеильный узел, на входе в пресс для изготовления трехслойного картона, а также располагают автономно.

Автономные подогреватели работают по принципу контактной сушки, представляют собой барабаны диаметром 900...1100 мм с углом охвата 230...270°. Температура нагрева подогревателей зависит от массы бумаги и рабочей скорости гофрировального агрегата. Подогреватели перед пуском машины в работу предварительно нагревают до заданной температуры.

На современных гофроагрегатах барабаны подогревателей вращаются с линейной машинной скоростью, при этом система выравнивания работает с несколько меньшей или несколько большей скоростью в зависимости от того, что нужно сделать – натянуть или ослабить натяжение бумажного полотна. Скорость подогревателей обычно несколько меньше машинной скорости. Подогреватель с приводом способствует снижению коробления бумажного полотна благодаря тому, что увеличивается количество управляемых элементов в технологическом процессе [4].

Регулирование угла охвата подогревателей бумаги производят при изменении скорости машины, например, при увеличении скорости – угол охвата увеличивают. Применение сдвоенных барабанных подогревателей предусматривает регулировку углов охвата до 270°.

Другой конструктивной особенностью, на которую нужно обратить внимание, является возможность замены подшипников барабана без демонтажа самого наборного нагревателя. На современных гофроагрегатах установлены рычаги охвата, угол которых согласован со скоростью бумажного полотна. После того как для определенной марки бумаги подобрали соответствующий угол охвата, можно перейти на режим «автомат», тем самым обеспечив постоянную продолжительность контакта бумажного полотна с барабаном при условии сохранения допустимых физических характеристик охвата на узле. Теплоизоляционные колпаки имеют приточно-вытяжную вентиляцию для удаления влагонасыщенного воздуха из зоны просушки. Удаляемое тепло от влагонасыщенного воздуха используется для подогревания сухого воздуха, поступающего в теплоизоляционный колпак.

Система предварительного нагрева паром. На современных гофроагрегатах предварительный нагрев паром применяют только для флутинга, выработанного на бумагоделательных машинах с расширенной зоной прессования, а также для макулатурного флутинга, который для обеспечения характеристик, близких к характеристикам целлюлозы высокого выхода или полуцеллюлозы, изготовлен с повышенным расходом крахмального клея. Установлено, что пар и тепло способствуют лучшему проникновению клея через поверхность внутрь бумаги, так она лучше склеивается [4]. Применение подогревателей и систем предварительного нагрева паром способствует устранению коробления.

3.4. Гофрировальная машина

Гофрировальная машина является основной частью гофроделательного агрегата [11]. Она выполняет гофрирование подготовленного полотна бумаги и склеивает его с плоским слоем картона. Гофрирование происходит при определенной влажности бумажного полотна и воздействии тепла от нагретых рифленых (гофрирующих) валов, благодаря чему гофры получаются жесткими, способными воспринимать большие нагрузки. При нарушении процесса гофрирования из-за некачественных или неприкатанных гофрирующих валов, некачественной, плохо подготовленной к гофрированию бумаги или неправильно установленных, не отрегулированных валов может произойти разрыв волокон и нарушение структуры бумаги.

Рифленые гофровалы являются основными частями гофрировальной машины и поставляются обязательно парами с обозначением но-

мера пары на одном из концов валов. В процессе гофрирования в зацеплении находится только три рифля от каждого вала, причем в максимальном зацеплении один рифль одного вала и два рифля другого. Это обстоятельство является определяющим для выбора диаметра рифленых валов и ограничивает размер диаметра. При больших диаметрах будет больше рифлей в зацеплении, увеличатся усилия на преодоление трения в зазорах рифлей между валами, что может привести к разрыву бумаги между гофрирующими валами. Рифли валов не соприкасаются между собой и имеют зазор на толщину бумаги (обычно на 0,23 мм). Диаметр валов принимается в пределах 300...350 мм, например, у валов агрегата фирмы «Мариус Мартин» диаметр для гофров *A* и *B* равен 315 мм, для гофра *E* для уменьшения числа рифлей, находящихся в зацеплении, диаметр верхнего вала принят 275 мм.

3.4.1. Устройство и технологический процесс машины

Типовая гофрировальная машина имеет три комплекта стальных рифленых валов, изготовленных из хромомолибденовой стали, обладающей высокой твердостью и износостойкостью (комплекты применяются в зависимости от вида вырабатываемого гофра). В каждый комплект входят два рифленых вала и один гладкий. Для получения качественного гофра валы должны быть всегда чистыми без накипи и остатков клея и бумаги. Валы гофрировальных машин расположены в одной плоскости, наклоненной для удобства обслуживания под углом 45° к горизонту (рис. 3.5).

Бумага подается в машину сверху, огибая расправочную дугу и увлажнитель. Попадая в зазор рифленых валов, она придерживается на поверхности среднего рифленого вала специальными гребнями при подходе к клеенаносящему валику, где вершины гофра смазываются клеем. Гребни содействуют выходу гофрированного полотна бумаги из рифлей верхнего вала. В противном случае бумага будет задерживаться между рифлями, рваться и обертываться вокруг верхнего рифленого вала. Нижней частью гребни не допускают выхода полотна бумаги (флутинга) из рифлей нижнего вала до момента соединения гофрированной бумаги с плоским слоем картона (лайнера). Гребни, принимая гофрированное полотно с верхнего вала, сопровождают его по части поверхности нижнего гофрированного вала до прижимного вала. Гребни входят в протачиваемые на расстоянии 50...100 мм друг от друга радиальные пазы верхнего вала и нижней частью — в такие же пазы клеенаносящего валика.

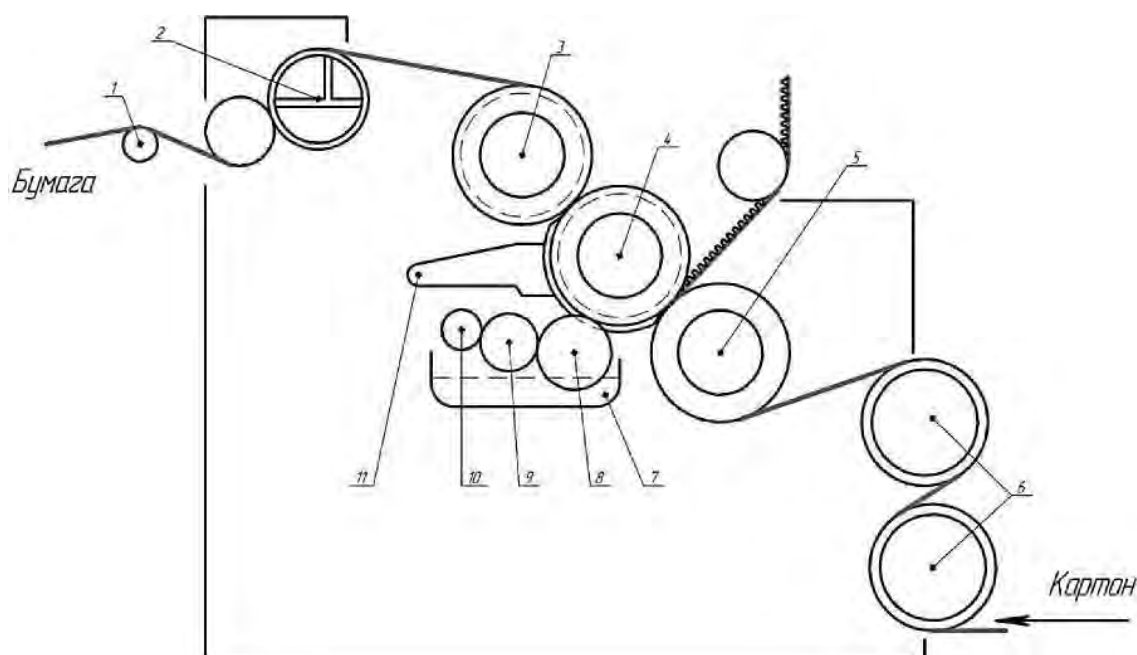


Рис. 3.5. Гофрировальная машина: 1 – расправочная дуга; 2 – паровой увлажнитель; 3, 4 – рифленые (гофрирующие) валы; 5 – гладкий прижимной вал; 6 – подогреватели; 7 – клеевая ванна; 8 – клеенаносящий валик; 9 – валик, регулирующий толщину слоя клея на клеенаносящем валике; 10 – шаберный валик, снимающий излишки клея с регулирующего валика; 11 – гребни, поддерживающие гофрированную бумагу на поверхности вала 4

Затем бумага попадает в зазор между рифленым и прижимным валами, где склеивается с картоном, поступающим снизу от подогревателя. Угол охвата картоном вала подогревателя регулируется изменением положения картоноведущего валика. Величина рабочего давления между гофрировальными валами находится в пределах 10...40 кН/м и создается гидравлическими цилиндрами. Валы подогреваются паром под давлением 15 МПа.

Привод валов машины осуществлен от нижнего рифленого вала. Верхний рифленый вал, установленный в специальных качающихся рычагах, приводится во вращение зацеплением его рифлей с рифлями нижнего вала. Для регулировки зазора между рифлеными валами предусмотрены специальные упоры.

Прижимной вал также установлен на рычагах и может быть прижат с помощью гидроцилиндров к нижнему гофрировальному валу. Давление и температура валов подбираются такими, чтобы обеспечить схватывание клеем бумаги и картона. Важным звеном гофрирующей машины является клеенаносящая система, смонтированная на каретке, перемещающейся по направляющим станины в горизонтальной плоскости машины. Она состоит из клеенаносящего валика диаметром

240 мм, регулирующего и шаберного валиков меньших диаметров. Величина рабочего зазора между клеильным валиком и рифленным валом устанавливается в $\sim 0,7$ мм. Отвод каретки в нерабочее положение осуществляется гидроцилиндром. Количество наносимого клея регулируется изменением зазора между клеенаносящим и регулирующим (подхватывающим) валиками и обычно находится в пределах $0,1 \dots 0,3$ мм. Регулирующий (подхватывающий) валик приводится во вращение от клеильного валика и может менять направление вращения при переходе на другой вид клея с помощью системы шестерен (при использовании крахмального клея оба валика вращаются в одну сторону, при применении силикатного – в разные). Шаберный валик привода не имеет и устанавливается только при работе на крахмальном клее. В современных литературных источниках основной агрегат гофрировальной машины, состоящей из рифленных валов (гофровалов) 3, 4, прижимного вала 5, клеенаносящего вала 8, регулировочного 9 и шаберного 10 валов называют гофропрессом.

Гофрировальные машины имеют привод от электродвигателя постоянного тока с регулируемым числом оборотов через клиноременную передачу и редуктор с двумя выходными валами, от которых при помощи карданных валов приводится в движение нижний рифленный вал и клеенаносящий валик. Машина укомплектована установкой гидропривода, включающей насосную станцию с лопастным насосом и баком для масла, систему трубопроводов. Также она имеет и другое гидравлическое оборудование, необходимое для гидропривода механизмов прижима валов, перемещения каретки клеенаносящего устройства, поворота картоноведущего валика нижнего подогревателя и автоматического отвода каретки в случае остановки машины.

3.4.2. Гофропресс для производства двухслойного гофрированного картона

Технологические процессы, происходящие в гофропрессе, определяют конечное качество выпускаемого картона.

Принципиальная функция гофропресса состоит в том, чтобы из двух полотен бумаги получить непрерывное полотно двухслойного гофрокартона. Это первый этап производства гофрокартона. Одно из этих полотен – флютинг – гофрируют по заданной форме гофров, а затем приклеивают к другому полотну – лайнеру.

Пресс для изготовления двухслойного гофрированного картона оснащен пятью валами (рис. 3.6).

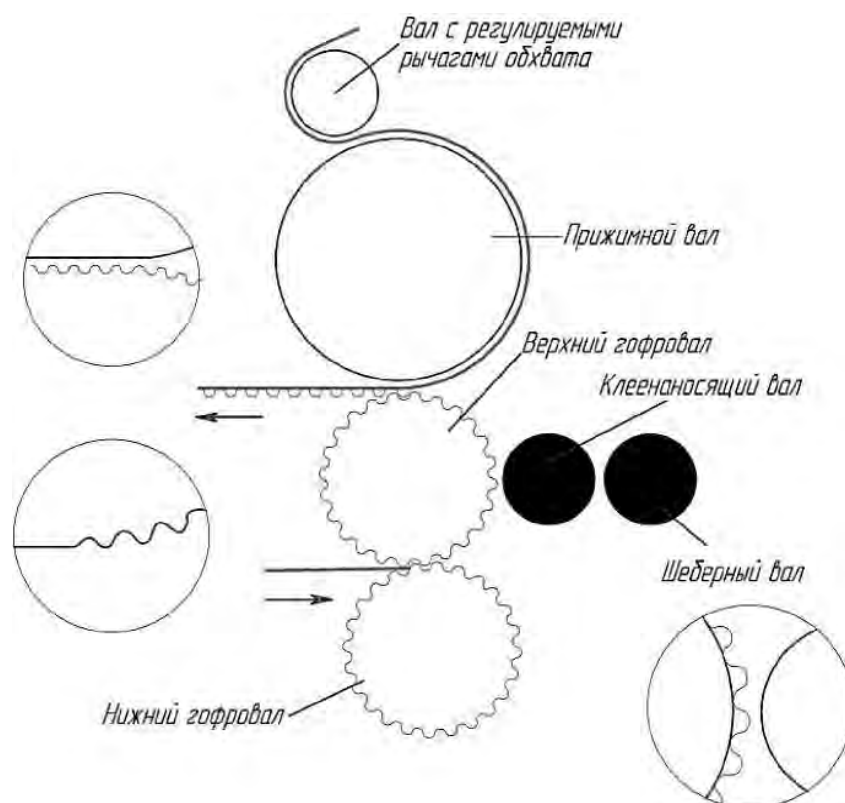


Рис. 3.6. Гофропресс для производства двухслойного картона

Рассмотрим их подробнее:

- два нагреваемых гофровала, через которые под давлением проходит флютинг и образуются гофры;
- нагреваемый прижимной вал, который также может выступать в качестве подогревателя; его основная функция состоит в том, чтобы прижимать верхний слой или лайнер к вершинам гофров, на которые нанесен клей;
- клеенаносящий вал, который наносит клей на вершины гофров;
- шаберный вал, который удаляет избыток клея с клеенаносящего вала, оставляя на нем пленку точно заданной толщины.

Работа гофропресса. Вал с регулируемыми углами обхвата приводится во вращение движущимся полотном лайнер – картона, перемещаемого нагреваемым прижимным валом. Рычаги, регулирующие угол обхвата вала, создают равномерное натяжение, изменяют проскальзывание лайнера и расправляют его перед поступлением в гофропресс. Гофровалы – это высокоточные единицы оборудования, которые подвержены износу из-за трения с бумагой. Их поверхность нагревают паром примерно до 180 °С, чтобы равномерно и надолго прогладить или закрепить на флютинге нужную форму гофры. Для данной технологической операции отведено немного времени. Например, при диаметре

валов 375 мм и скорости 300 м/мин время от момента формирования гофры до момента контакта с прижимным валом составляет около 118 мс. Флютинг с сформированной гофрой плотно прижимают к верхнему гофровалу для предотвращения провисания от действия центробежных сил, используя вакуумную или пневматическую систему, которая оказывает воздействие на бумажное полотно выше и ниже клеенаносящих валиков (рис. 3.7).

Большое значение имеет точка сцепления на линии контакта прижимного вала и верхнего гофровала. Давление контакта должно быть равномерным, а линия контакта – прямой и горизонтальной, иначе не получить ровного картона. Поэтому нижний гофровал обычно имеет небольшую бомбировку. Чтобы добиться ровной линии контакта по фактической ширине, подаваемой на гофроагрегат бумаги, по краям прижимного вала и нижнего гофровала создают высокое давление. При проектировании гофроагрегата нужно обратить внимание на то, чтобы верхний гофровал не был деформирован на линии контакта с клеенаносящим валом, т. к. эта линия тоже должна быть абсолютно ровной, чтобы обеспечить равномерное нанесение клея по всей ширине бумажного полотна.

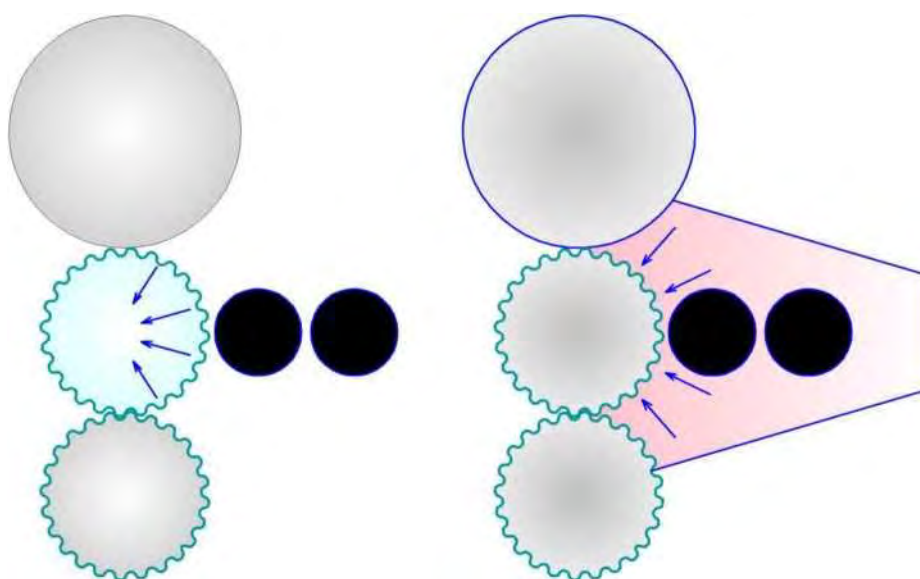


Рис. 3.7. Схемы прижима флютинга к верхнему гофровалу

Три вала (два гофровала и прижимной вал) нагружают сверху и снизу, используя гидравлические цилиндры. В гидравлической цепи обязательно используют накопитель (буфер) инертного газа (например, азота), чтобы создать «мягкую подушку» для любых инородных

предметов, которые случайно попадают на валы, и таким образом предотвратить или минимизировать возможные повреждения.

Отрицательной характеристикой всех гофропрессов с прижимными валами является вибрация на резонансной частоте. Она возникает, когда частота периодических ударов, вызванных контактом прижимного вала и гофровала, совпадает с собственной частотой конструкции гофровала или прижимного вала. Частота первого тона собственных колебаний гофровала совпадает с частотой периодических ударов прижимного вала по вершинам рифлей гофровала при скоростях от 100 до 130 м/мин, а частота второго и третьего тона при скоростях в два-три раза выше минимальной – примерно 230 и 350 м/мин. Гофроагрегат должен работать со скоростью немного ниже или выше диапазона резонансных скоростей. Если собственная скорость данного гофроагрегата попадает в резонанс, то могут возникнуть колебания, которые создадут опасные условия эксплуатации гофроагрегата, а на картоне могут образоваться дефекты.

3.4.3. Гофропресс с прижимным сукном

Разработана конструкция гофропресса, в которой вместо прижимного вала используется прижимное сукно (рис. 3.8).

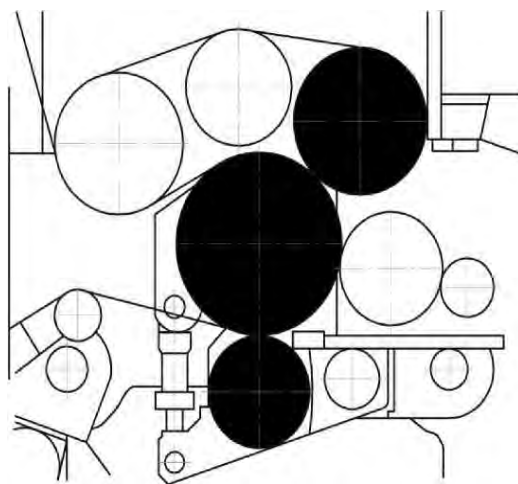


Рис. 3.8. Схема гофропресса с прижимным сукном вместо прижимного вала

Современные гофроагрегаты без прижимных валов имеют следующие преимущества:

- вершины гофров более длительное время находятся в контакте с лайнером и тепловым элементом, чем при мгновенном контакте под прижимным валом;

- не повреждается структура бумаги по линии контакта высокого давления между прижимным валом и вершинами гофров гофровала, следовательно, улучшаются эксплуатационные характеристики картона и гофротары;
- в точке контакта уровень вибрации становится ниже, следовательно, машина работает с малыми динамическими нагрузками, не вызывающими разрыва бумаги;
- уровень износа гофровалов уменьшается и становится менее критичным, поэтому срок службы валов увеличивается;
- на накопительный мост поступает более сухой, лучше проклеенный двухслойный гофрокартон;
- более точно выдерживается технологическая (заданная) толщина картона;
- снижается эффект «стиральной доски»;
- поверхность лайнера имеет идеальную печатную поверхность.

3.4.4. Двухпрофильные и многопрофильные гофропрессы для изготовления двухслойного гофрированного картона

Быстрое распространение различных профилей гофрокартона и необходимость быстрой смены профилей привели к появлению гофропрессов описанных ниже типов.

В кассетном гофроагрегате гофровалы вмонтированы в съемный вспомогательный блок (кассету), который можно быстро снять, заменить и установить в рабочее положение. Чтобы отсоединить и переместить одну кассету на место хранения, а затем привезти, вставить, ввести в работу новую кассету и заправить бумагу, требуется как минимум один, а обычно – два оператора.

Гофровалы прогревают паром в зоне хранения. Чтобы качество выпускаемого полотна было хорошим, рекомендуют провести стабилизацию гофровалов, т. е. пропарить их какое-то время в гофроагрегате. В среднем 15...20 мин уходит на переход с одного профиля на другой, т. е. от начала перехода до достижения рабочей скорости на новом профиле. На кассетном гофроагрегате можно производить столько профилей, сколько кассет имеется в наличии. Такие гофроагрегаты называют многопрофильными.

Двухпрофильный гофропресс для производства двухслойного гофрированного картона оснащен двумя комплектами гофровалов. Переход с одного профиля на другой происходит нажатием кнопки. При

переходе иногда выполняют незначительные операции в ручном режиме. Износ на гофроагрегатах данного типа значительно меньше, чем на агрегатах кассетного типа. Время перехода на другой заказ на двухпрофильных гофроагрегатах составляет менее пяти мин.

Запуск и подогрев нерабочего вала проводят до начала технологической операции по смене профиля.

Комбинированный многопрофильный гофропресс для производства двухслойного гофрированного картона представляет собой гофропресс (рис. 3.9), в котором двухпрофильная система скомбинирована с кассетной, т. е. можно менять кассеты и работать на любом из установленных комплектов гофровалов. Отметим, что прижимной вал при смене кассет не изменяет положение.

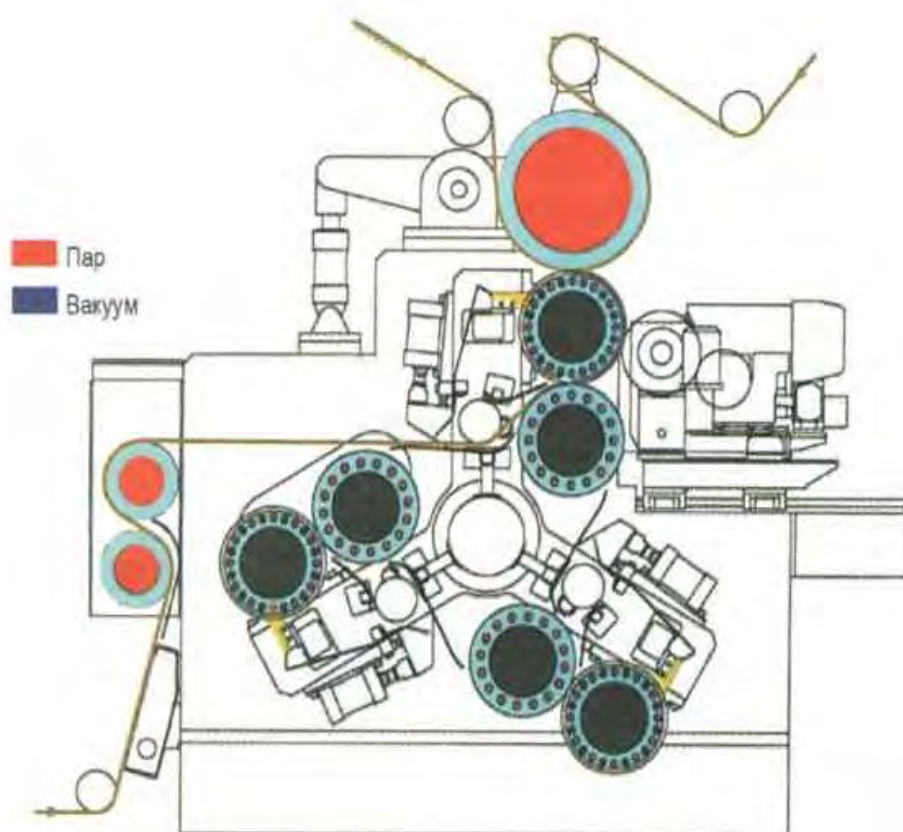


Рис. 3.9. Схема комбинированного многопрофильного гофропресса

Данная система сочетает в себе преимущества быстрой смены двух наиболее часто используемых профилей и многопрофильности.

Существуют другие системы, например фирма «Тердека» (*Terdeca*) производит трехпрофильные машины *MRF-Evolution* с быстрой сменой любого из трех установленных профилей.

Гофровалы, клеевой узел и паровая система – самые важные технологические единицы оборудования на гофропрессе для выпуска двухслойного гофрированного картона.

3.5. Устройство и технологические процессы изготовления и эксплуатации гофровалов [4]

Технологическое назначение гофровалов любой конфигурации заключается в формировании флютинга определенного профиля и удерживании профиля до момента нанесения клея и приклеивания к лайнеру.

3.5.1. Проектирование и изготовление гофровалов

Гофровалы – самая важная сборочная единица гофрировальной машины. Технологии, используемые для их производства, и применяемые материалы, а также модель профиля оказывают значительное влияние на стоимость и рабочие характеристики валов в процессе эксплуатации. Цилиндрические заготовки для гофровалов отливают из композиции металлов для ковочных сплавов. После отливки и охлаждения от цилиндрических заготовок отделяют литейную прибыль. Затем цилиндрические заготовки подвергают ковке, при этом уменьшают диаметр заготовки до размера, принятого для начальной обработки на токарном станке.

Полученная при ковке сталь с мелкой и плотной зернистой структурой считается наилучшей для производства гофровалов.

3.5.2. Механическая обработка валов

Литую и обработанную ковкой цилиндрическую заготовку помещают на токарный станок для грубой обработки наружного диаметра и торцевых поверхностей. После механической обработки заготовку устанавливают на станок для удаления сердцевины. Цилиндр закрепляют консольно и поддерживают роликами по длине. Сердцевину вырезают одним куском вместе с примесями первичной отливки. На данной стадии многие поставщики дают заготовке вылежаться несколько недель для релаксации внутренних напряжений в металле.

Следующей операцией является чистовая токарная обработка наружного диаметра и торцевых поверхностей. Толщина стенки вала влияет на коэффициент теплоотдачи. Она также влияет на вес и коэффициент жесткости вала, что в свою очередь отражается на собственной частоте или чувствительности вала к вибрации.

На торцах валов просверливают отверстия для цапф валов. Цапфы валов (также изготовленные из поковок) подвергают механической и термической обработке.

Цапфы запрессовывают в цилиндрическую заготовку вала. Торцы заготовок вала нагревают, чтобы они расширились, или цапфы на короткое время погружают в жидкий азот перед вводом в отверстия вала. После того как детали соединили вместе и охладили до нормальной температуры, связи между ними стали более прочными. Сборку завершают сваркой или соединением болтами стыковочных деталей. Валы будут работать при повышенных температурах и внутреннем давлении пара, поэтому их классифицируют как сосуды под давлением. Точки соединения цапф и вала должны пройти испытания под давлением и быть сертифицированы соответствующими государственными органами как пригодное и безопасное для работы оборудование. Собранный вал снова устанавливают на токарный станок, все диаметры подвергают повторной обработке, оставляя лишь небольшой допуск. На этом этапе проверяют соосность диаметров цапф между собой, и с наружным диаметром вала. Затем валы снова испытывают под давлением, а также проводят магнитно-порошковую дефектоскопию для обнаружения трещин.

На следующем этапе валы устанавливают на зубофрезерный станок. При фрезеровании зубов канавки протачивают сразу по всей окружности вала. Этого удастся достичь благодаря комбинированным действиям червячной фрезы, которая проходит параллельно оси вала во время вращения самого вала. Это технологическая операция грубой обработки, в процессе которой протачивают канавки. Канавки рифлей имеют только приблизительную форму. Чистовой формы добиваются в процессе шлифовки или фрезерования.

Вал готов к закаливанию, которое проводят в несколько этапов. Поверхность вала после закаливания становится износостойкой и долговечной [4].

После процедуры закаливания по окружности вала вырезают пазы для прижимных вакуумных систем или гребенок. Интервалы между пазами соответствуют формату бумаги и (или) форме гофров, используемых заказчиком, или стандартной конструкции изготовителя. Расстояние между пазами по краям вала меньше, что помогает создать лучшую опору для бумаги (вакуумом или давлением) по краям формата. Пазы на валах лучше вытачивать, используя алмазный диск.

Процесс изготовления вала практически завершен. После термообработки его устанавливают на шлифовальный станок, где завершают

обработку канавок. Заданный тип профиля рифлей вырезают в шлифовальном круге, используя алмазный инструмент для правки. Чтобы сохранить точность профиля, шлифовальный круг зачищают, после того как он прошел определенное количество раз по длине вала. Технологический процесс напыления имеет два ограничения. Первое – алмазные инструменты для правки очень дорогие, и поставщик предлагает только те профили, которые соответствуют алмазному инструменту для правки, имеющемуся в наличии. Второе – каждый алмазный инструмент для правки профилирован в соответствии с точным диаметром вала и последующим шагом (в соответствии с технической спецификацией поставщика гофропресса на диаметр вала). Переделка валов, включая перешлифовку до меньшего диаметра, означает модификацию профиля гофров и повышение коэффициента гофрирования. В альтернативной системе профилирования шлифовального колеса, где нет этих ограничений, используют алмазный резец с числовым программным управлением, который профилирует шлифовальное колесо на бесконечное количество вариантов профилей. Используя эту систему, можно модифицировать радиус вершины гофра, чтобы уменьшить или исключить вредное воздействие коэффициента гофрирования на перешлифованные валы.

Поверхность валов подвергают дальнейшей обработке, например, хромированию, или наносят карбидвольфрамовое покрытие. Разные поставщики используют разные способы тестирования валов перед отгрузкой. Проверка соответствия размеров должна сочетаться с тестом на прочность.

С валами заказчику отправляют полный комплект документов на них, предназначенный для пользователя и для изготовителя, если вал вернут на перешлифовку.

3.5.3. Износ гофровалов

В процессе изготовления, закаливания или при нанесении покровного слоя поверхность гофровалов становится стойкой к абразивному износу. Однако в процессе работы гофровалы изнашиваются из-за контакта с бумагой.

Установлено, что скорость лайнера равна линейной скорости гофропресса, а скорость флютинга – линейной скорости гофропресса, умноженной на коэффициент гофрирования на гофровалах [4].

Из-за разницы относительных скоростей флютинг фактически скользит по вершинам гофров рифлей гофровала. В процессе скольже-

ния твердыми частицами наполнителя в бумаге с вершин гофров стираются металлические частицы профиля. Этот процесс называют абразивным, он является основной причиной износа гофровалов. Для prolongation срока службы гофровала необходимо снизить проскальзывание полотна бумаги по вершинам рифлей гофровала, а также применять флютинг с пониженным содержанием абразивных частиц. Следует учитывать, что мелкие рифли меньше устойчивы к абразивному износу, чем крупные с высоким коэффициентом гофрирования.

На износ рифлей также влияют:

- натяжение бумаги при подаче на валы и уровень натяжения бумаги при прохождении ее между валами (уровень натяжения влияет на абразивное воздействие бумаги при протяжке по вершинам рифлей);
- степень предварительной обработки бумаги паром. Чем лучше проведена обработка бумаги паром, тем выше ее пластичность и ниже коэффициент трения между рифлями и бумагой, что увеличивает срок службы гофровалов;
- наличие крупных включений в бумаге, размер которых превышает толщину флютинга после прессования (0,5 мм или больше) является самым вредным из всех перечисленных факторов. Крупные включения попадают в зазор между впадиной и рифлем, деформируют бумагу и сопряженные поверхности рифлей.

Для исключения подобного вида износов необходим выборочный контроль закупаемых партий бумаги для гофрирования, особенно для бумаги с повышенным содержанием макулатуры.

3.5.4. Повышение износостойкости

Поверхность валов должна быть твердой и прочной, чтобы валы были более износостойкими. Твердость без прочности приведет к механическим повреждениям (сколам или отслаиваниям) на поверхности вала [4]. Повреждения такого рода увеличивают степень износа валов. К факторам, которые могут повлиять на увеличение срока службы валов, относят оптимизацию радиуса вершин гофров, чтобы предложить лучший практический компромисс между износом и коэффициентом гофрирования, и улучшение поверхностной обработки, чтобы минимизировать коэффициент трения и степень побочного натяжения бумаги между валами. Вибрирующие или неточно выставленные валы увеличивают эффект расплющивания вершин гофров и приводят к преждевременному разрушению поверхности валов и значительному сокращению срока их службы [4].

3.5.5. Вибрация гофровалов

В процессе изготовления вала из-за отклонений оси вращения от геометрической оси его центров масс образуется эксцентриситет. Произведение массы вала на эксцентриситет и угловую скорость вращения вала во второй степени создает силу неуравновешенности вала. Силы неуравновешенности при вращении гофровалов вызывают вибрацию как валов, так и опорных конструкций. Для снижения вибрации конструкций от действия сил неуравновешенности необходимо производить динамическую балансировку валов на максимальной рабочей скорости их вращения.

Станины, валы и другие конструкции гофропресса имеют частоты собственных вибраций. При совпадении частоты собственных вибраций станин (валов) с частотой вынуждающих сил от периодических ударов в гофропрессе от перемещения прижимного вала по каждой вершине гофровала эта станина (вал) будет вибрировать на своей собственной частотой в резонансе. Амплитуды резонансных вибраций значительно выше амплитуд вне зоны резонанса.

Скорости, при которых проявляется эффект резонанса, называют критическими скоростями, они разные для разных машин и разных профилей. Работа оборудования на критических скоростях происходит с повышенными динамическими нагрузками. Для обеспечения работы гофропрессов без повышенных вибраций из диапазона технологических скоростей критические скорости исключают.

В типовых спецификациях к гофровалам указываются основные факторы, связанные с вибрацией. К ним относят собственную частоту вибрации и амплитуду вибрации. Собственная частота вибрации зависит от массы и жесткости конструкции.

При конструировании вала следует учитывать факторы, максимально снижающие эффект вибрации при выборе жесткости вала, подборе соответствующей модели профиля и расчете бомбировки. Компенсирующим фактором является оптимизация собственной частоты валов таким образом, чтобы она не вступала в резонанс с частотой вибрации станины машины и фундамента, на которых они будут установлены. Особенно это важно для старых гофропрессов, которые имеют менее жесткую конструкцию; неправильный подбор характеристик по жесткости может плохо отразиться на чувствительности к вибрации из-за высокого резонансного эффекта конструкции. И наоборот, новые машины, которые имеют более жесткую и массивную конструкцию, эффективнее поглощают и рассеивают энергию от вибрации валов без вредного воздействия на технологическое и техническое состояние

гофропресса. При повышении жесткости валов за счет увеличения толщины стенки возникает отрицательный побочный эффект – увеличивается вес вала, что нежелательно, и уменьшается паровое пространство внутри вала, а следовательно, уменьшается теплоотдача через стенки вала на бумагу.

Другие факторы, влияющие на вибрацию, связаны с конструкцией гофропресса. При увеличении диаметров прижимного вала и гофровалов повышается стабильность системы. Создается эффект снижения амплитуды колебаний прижимного вала, который проявляется в том, что прижимной вал не попадает в канавки между вершинами гофров на гофровалах, а напротив, прижимает вершины гофров. Упоры прижимного вала снижают уровень вибрации, т. к. они способствуют передаче повышенного давления на корпус вала, не оказывая вредного воздействия на качество картона. Упоры позволяют машине смягчить вибрацию прижимного вала.

К другим факторам, влияющим на вибрационные характеристики гофропресса, относят эффект затухания, вызываемый другими узлами машины, например, точками крепления валов (подшипники и их корпуса, накопительные устройства и т. д.), станинами машины, нестандартными фундаментами и любыми гасящими вибрацию системами, которые поставляют с машиной. Замена прижимного вала прижимным сукном также привела к положительному эффекту. Гофропрессы без прижимных валов работают с меньшим уровнем шума и вибрации и их срок службы значительно выше, а износ меньше.

3.5.6. Параметры гофровалов

Технические характеристики любого гофровала определяют по нескольким основным количественным характеристикам, а качество – по уровню допустимых отклонений тех или иных технических параметров, действующих при изготовлении. Любой параметр вала оказывает влияние на профиль производимого картона и на динамику гофропресса, на котором валы установлены. Первое, на что нужно обратить внимание при выборе конфигурации гофров, это соответствие валов принятым стандартным техническим характеристикам для определенной маркировки гофров. В стандарте BS 1133, подраздел 7.5, указано следующее (таблица).

Диапазоны допустимых технических характеристик для профилей гофров

Тип профиля	Приблизительное количество гофров (рифлей) на метр	Приблизительная высота гофров (рифлей), мм	Типичный коэффициент гофрирования
<i>A</i>	105...125	4,5...4,7	$(1,55 \pm 5) \%$
<i>B</i>	150...185	2,1...2,9	$(1,33 \pm 5) \%$
<i>C</i>	120...145	3,5...3,7	$(1,44 \pm 5) \%$
<i>E</i>	290...320	1,1...1,2	$(1,27 \pm 5) \%$

В таблице выше приведен широкий диапазон допустимых технических характеристик для каждого профиля гофров. Решение об использовании определенного профиля для работы на гофроагрегате остается за гофрозаводом. Технические условия для каждой определенной технологической операции можно подобрать в соответствии с техническими характеристиками вала и с потребностями завода.

Основные параметры, которые обычно используют для определения технических характеристик гофровалов и других характеристик, связанных с каждым параметром, описаны ниже.

Шаг гофров – это расстояние между вершинами соседних гофров, его иногда определяют как количество гофров на линейный метр. Уменьшение шага гофров (без изменения других параметров) приводит к улучшению показателей картона по *ECT* (испытание на торцевое сжатие) и *FCT* (испытание на плоскостное сжатие), а также к улучшению качества поверхности картона для печати. При этом увеличивается коэффициент гофрирования, а также уровень износа валов. Вибрация и механический шум, как правило, уменьшаются.

Высота гофров – это расстояние от вершины двух соседних гофров до нижней точки впадины между ними. Уменьшение высоты гофров (без изменения других параметров) приводит к понижению показателей *ECT*, коэффициента гофрирования и уровня износа валов [4].

Радиусы вершины и впадины гофров рассчитаны на совместную работу, при которой они объединяются для формирования бумаги заданного профиля. Для оптимизации теоретические показатели радиуса вершины гофрокартона должны быть небольшими. На практике фактический радиус большей частью зависит от веса и толщины бумаги, используемой для гофрирования. При снижении радиуса вершины уменьшаются коэффициент гофрирования и уровень вибрации.

Боковой зазор. Чтобы избежать контакта между флютингом и боковой поверхностью профиля гофра, создают зазор, уменьшая размер профиля.

Бомбировка вала. Чтобы гарантировать равномерное распределение давления между тремя валами по всей ширине, один гофровал и прижимной вал бомбируют, т. е. делают диаметр в центре вала отличным (обычно он больше) от диаметра на краях вала. Вал, по которому проходит флютинг, обычно изготавливают цилиндрическим. По мере распространения использования микрогофры и высокоскоростных гофропрессов для производства двухслойного гофрированного картона повысились требования к точности машинной обработки гофропрофилей. Кроме того, на более широких гофроагрегатах, а соответственно, при более высокой бомбировке, нужно было компенсировать увеличенный диаметр по центру вала (относительно краев), уменьшая коэффициент гофрирования, чтобы уйти от образования неровностей и заломов на бумаге и обеспечить ее равномерную подачу в зону формирования на прижимном прессе.

Диаметры валов обычно специально разрабатывают под определенный гофропресс. Диаметр сильно влияет на технические характеристики гофропресса. Валы большего диаметра – более жесткие и имеют меньшую высоту бомбировки. Они оснащены большой паровой камерой, имеют лучшие вибрационные характеристики и в целом более стабильны в эксплуатации. Валы дольше контактируют с флютингом, т. к. имеют больший диаметр окружности, что гарантирует более длительное время проникновения тепла на высоких рабочих скоростях. Отрицательная сторона валов большего диаметра – увеличение длины лабиринта. При прохождении флютинга через гофры натяжение растет. Если натяжение превысит предел прочности бумаги, то полотно порвется. Эффект можно уменьшить, улучшив качество поверхностной обработки валов или покрыв валы материалом, который имеет более низкий коэффициент трения с бумагой (например, хром), и таким образом уменьшить уровень натяжения полотна [4].

3.5.7. Поверхностная обработка и покрытие поверхности валов

Закаливание валов. Закаливание поверхности осуществляют различными способами. Процессы закаливания поверхности валов основаны на преобразовании структуры поверхностного слоя стали. Свойства обработанной поверхности зависят от характеристик используемой стали.

Известно, что чем тверже становятся традиционные стальные валы в процессе закаливания, тем они более хрупкие. Хрупкие валы предрасположены к скалыванию и трещинообразованию в процессе эксплуатации. Оптимальный показатель твердости поверхности составляет 61–68 ед. по Роквеллу. Валы изнашиваются с разной скоростью в процессе срока эксплуатации из-за наличия абразивных частиц в бумаге, перешлифовки и других факторов. Чтобы снизить износ и увеличить срок службы валов, применяют покровные материалы. *Покровный слой* – это тонкий пограничный слой более твердого и износостойкого материала на поверхности вала, который действует как барьер между бумагой и валом.

Индукционное закаливание. В основу технологического процесса закаливания положено изменение структуры металла при его нагревании и последующем охлаждении. Индукционное закаливание проводят при вертикальном положении вала, индуцируя мощное магнитное поле на поверхность вала. Электрическая катушка под напряжением охватывает вал по диаметру и медленно проходит по всей его длине. Поверхность вала быстро нагревается до нужной температуры. Затем поверхность мгновенно закаляют маслом для охлаждения. Структурные изменения, которые произошли в стали во время нагревания-охлаждения, блокируются внутри, при этом образуется более твердый (около 68 ед. по Роквеллу) поверхностный слой глубиной 4...5 мм.

После индукционного закаливания валы подвергают следующему процессу обработки под названием «отпуск». В процессе отпуска валы повторно нагревают в печи до температуры, намного ниже температуры закаливания, и дают им медленно остыть. При сочетании этих технологических процессов получают износостойкую поверхность с показателем твердости по Роквеллу более 63 ед.

Индукционное закаливание – это быстрый, относительно дешевый и контролируемый технологический процесс, при котором получают закаленную поверхность, обладающую необходимыми характеристиками и ограничениями. Индукционное закаливание замедляет процесс износа между флютингом и закаленными поверхностями рифлей валов.

Азотирование. При азотировании валы нагревают в специальной печи с высоким содержанием азота внутри. На поверхности вала образуется твердая пленка глубиной около 0,75 мм. К преимуществам азотированных валов относят превосходные износостойкие характеристики, приобретенные благодаря структурным изменениям, произошедшим во время процесса закаливания. Однако, если валы были деформированы в процессе закаливания, могут возникнуть проблемы при шлифовке, т. к. пленка, покрывающая вал, очень тонкая. Чтобы продлить срок службы валов, бывших в употреблении, их повторно шлифуют и проводят процедуру закаливания. В процессе эксплуатации валы, подвергшиеся азотированию, мало изнашиваются.

Суперзакаливание ионным азотированием. Для улучшения характеристик износостойкости и увеличения глубины поверхностной пленки, полученной при традиционном азотировании, применяют методику ионного азотирования и индукционного закаливания. Показатель твердости составляет 63...64 ед. по Роквеллу, а толщина поверхностной пленки увеличивается на 1,2...1,4 мм.

Хромирование. При хромировании получают твердый, износостойкий пограничный слой на закаленной стальной поверхности вала. В процессе электролитического осаждения (гальванизации), который используют для нанесения хрома, наблюдается осаждение более толстого слоя материала на участках, расположенных ближе к электроду. Следовательно, на вершинах рифлей слой хрома будет больше, чем сбоку или на впадинах. Считают, что это полезное свойство, т. к. вершины рифлей в гофрвалах наиболее подвержены естественному износу. Обычно на вершинах рифлей толщина закаленного слоя составляет около 0,1 мм. Дополнительное преимущество хромирования – низкий коэффициент трения между поверхностью хрома и флютингом. Уровень натяжения в зацеплении рифлей снижается. Валы с тонким хромированным слоем поверхностного покрытия не пригодны для высокоабразивных марок бумаги. Для бумаг с высоким содержанием абразивных частиц применяют закаленные валы. Хромированный слой отслаивается, если в бумаге есть крупные (более 0,5 мм) включения. Отслоившиеся куски цепляют флютинг, и гофры деформируются. Хромированные валы лучше подходят для чистого флютинга из первичного волокна.

Если использовать бумагу соответствующего качества, то срок службы хромированных валов будет больше срока службы валов из закаленной стали. Однако их первоначальная закупочная стоимость выше.

Пока целостность хромированного пограничного слоя не нарушена, износ идет очень медленно и его трудно измерить. После того как изнашивался слой хромового покрытия, вал изнашивается быстрее.

Состояние хромового покрытия проверяют, нанося на поверхность вала раствор медного купороса через определенные интервалы в процессе эксплуатации (скажем, через каждые три месяца). Покрытие изнашивалось на участках, где под действием медного купороса поверхность вала стала коричневой. Наиболее чувствительные участки находятся в центре вала по краям пазов.

Решение о замене валов принимают на заводе. На практике валы используют, пока хромированный слой не сработается до основного материала и не будет достигнута минимальная толщина. Как вариант, экономически выгодно менять валы, как только при проведении теста с медным купоросом будут выявлены первые признаки износа покровного слоя. Преимущество данного варианта в том, что для восстановления изношенных валов не требуется другой дополнительной обработки, кроме зачистки, шлифовки и нанесения нового покровного слоя.

Покрытие V-хромом, или твердым хромом. V-хром – относительно новая технология. При данной технологии получают износостойкий пограничный слой хорошего качества, который имеет более долгий срок службы по сравнению с традиционным хромированием. Считают, что срок службы вала, подверженного данной обработке, приближается к сроку службы валов с покрытием из карбида вольфрама, но стоимость технологического процесса значительно ниже. Материал, используемый в процессе гальванизации, не отличается от материала, используемого при традиционном хромировании, изменения внесены непосредственно в процесс гальванизации. Используя v-хром, получают более плотное покрытие с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Валы эксплуатируют, обслуживают и тестируют как традиционные хромированные валы. Толщина покрытия v-хрома на вершинах гофров обычно составляет около 0,15 мм.

Покрытие карбидом вольфрама. Покровный слой состоит из твердых частиц карбида вольфрама, которые связаны между собой, а также с поверхностью вала матрицей (обычно кобальтовой). Чтобы покровный слой имел дополнительные характеристики, такие как коррозионная стойкость, добавляют никель или хром.

Покровный слой наносят на вал несколькими способами. Один из способов – высокоскоростное газопламенное напыление (ВГПН). Материал для покровного слоя в форме порошка вводят в поток газов,

нагретых до температуры, превышающей температуру плавления порошкового металла, и распыляют на поверхность вала. По характеру процесс ВГПН лучше подходит для случаев, где материал покрытия наносят на поверхность под углом 90° (плохо покрывает боковые поверхности гофров на валу). Покрытие можно успешно наносить под углом не менее 60° .

Другие распространенные способы нанесения покрытия – это детонационная пушка (*D-Gun*) и вариант детонационной пушки – супердетонационная (*Super D-Gun*). В обоих процессах крошечные частички материала для покровного слоя выстреливают на поверхность вала с высокой скоростью (*D-Gun* – 760 м/сек, *Super D-Gun* – 900 м/сек).

При тщательном контроле технологического процесса частицы образуют очень плотное и стабильное покрытие поверхности вала с высокими рабочими характеристиками. Главное преимущество процессов – нанесение под углом до 45° покровного слоя, который обладает характеристиками, близкими к оптимальным. При этом имеют хорошие свойства плотного слоя материала покрытия и (при надлежащем контроле) равномерное распределение частиц и равную толщину покрытия на поверхности вала. К недостаткам относят необходимость полировать или обрабатывать шершавую поверхность вала после нанесения покровного слоя и высокую стоимость процесса по сравнению с другими способами обработки поверхности.

При нанесении покровного слоя, в том числе и карбида вольфрама, следует обеспечить хорошую адгезию и равномерное нанесение покрытия на поверхность. Поверхность валов при окончательной обработке шлифуют, чтобы флютинг проходил через лабиринт между валами с минимальным трением.

Преимущества данного способа – тонкая, прочная, долговечная поверхность с высокой степенью износостойкости. К основным преимуществам относят увеличившийся срок службы валов и постоянные эксплуатационные характеристики в течение всего периода эксплуатации вала. Если валы с карбидом вольфрама используют как часть программы по гофровалам, то их обычно снимают с машины, как только покрытие изнашивается. Следовательно, изменение толщины картона в течение всего срока службы валов будет незначительным. В спецификации на валы с карбидом вольфрама указывают только минимальный допуск на износ валов в процессе эксплуатации.

При обслуживании проверяют целостность покрытия из карбида вольфрама. Для этого проводят такой же тест, как для хромированных валов, с медным купоросом. Покровный слой на поверхности – тонкий

(минимально – 0,04 мм; максимально – 0,14 мм в зависимости от поставщика и метода нанесения).

При восстановлении валов с покрытием из карбида вольфрама снимают очень тонкий остаточный покровный слой, затем перешлифовывают профиль, повторно наносят покровный слой и проводят окончательную обработку. Технические характеристики восстановленного вала будут такими же, как и характеристики нового вала, без каких-либо отличий в геометрии, окончательной обработке или сроке службы. Комплект валов может прослужить несколько сроков. Нанесение покрытия из карбида вольфрама позволяет получить гладкие поверхности, которые по качеству похожи на шлифованную сталь.

3.5.8. Нагревание гофровалов насыщенным водяным паром

Необходимость нагрева. В технологическом процессе гофрирования на двух основных этапах используют нагрев гофровалов. Во-первых, нагрев необходим для повышения температуры клея до температуры его желатинирования. Во-вторых, нагрев необходим при гофрировании флютинга.

Если технологический процесс гофрирования бумаги будет проходить при недостаточном количестве тепла, то можно получить гофры неправильной формы из-за естественного сопротивления бумаги деформации. Бумага всегда будет стремиться принять форму ровного полотна, которую она приобрела на бумагоделательной машине. Сопротивление обусловлено характером и прочностью водородных связей, которые удерживают волокна вместе и придают бумаге прочность. Чтобы качественно сформировать и сохранить профиль флютинга, нужно ослабить связи между волокнами и деформировать их. Бумага становится более гибкой после обработки ее паром из паровых сопел и нагревания на валах предварительного нагрева паром. Обработанную бумагу подают на гофровалы.

Принцип нагрева. Гофровалы, используемые в промышленности, нагревают паром. Через паровую систему на гофроагрегат подают насыщенный водяной пар под высоким давлением (обычно 1,3...1,5 МПа) и используют энергию скрытой теплоты (энергию, освобожденную при превращении пара в воду), чтобы передать пар на валы. Пар превращается в конденсат во время отдачи энергии при постоянной температуре. Чтобы интенсифицировать процесс выделения тепловой энергии в гофровалах, конденсат отводят от валов различными способами.

Обычно проблемы с тепловыми потерями пара на гофроагрегате возникают из-за «потерь на линии» от котла к гофровалам. Длинные участки труб с плохой изоляцией ведут к потере давления (и температуры), ухудшению качества пара, поэтому часть энергии скрытой теплоты теряется через стенки труб.

Другим видом тепловых потерь является подача пара более высокого давления, чем нужно для процесса гофрирования, и понижение давления на гофроагрегате. Снижение давления вызывает искусственный перегрев пара, а перегретый пар будет охлаждаться на валах перед тем, как отдать свою скрытую теплоту, что снижает эффективность использования пара.

3.5.9. Системы отвода конденсата

Эффективное удаление конденсата и неконденсирующихся газов важно при работе любого гофропресса. Даже небольшое количество конденсата, накапливающегося в гофровалах, понижает теплопередачу, температура валов значительно падает (при теплопередаче сопротивление 1 мм воды равно сопротивлению 55 мм стали, а 1 мм воздуха – 550 мм меди). Другой побочный эффект от накопленного конденсата – деформация валов. Деформация гофровалов, особенно при пуске, снижает качество картона. Существует много систем, управляющих подачей пара и возвратом конденсата. Ниже приведена часть данного технологического процесса, обеспечивающая отвод конденсата из вала.

Сифонные трубки. Сифонная трубка – широко распространенная система отвода конденсата, она имеет простую конструкцию, низкую цену и обеспечивает отвод конденсата. Увеличение скорости гофроагрегатов и повышенные требования к качеству выпускаемой продукции выявили недостатки систем с сифонной трубкой.

Сифонная трубка всегда считалась компромиссным решением. Она работает только в том случае, если размер зазора между краем трубки и внутренней стенкой вала выставлен правильно. После установки сифонной трубки на валу этот зазор сложно регулировать и контролировать. Если зазор слишком мал, возможен контакт трубки со стенкой вала и ограничивается поток конденсата. Если зазор слишком большой внутри вали останется конденсат, температура вала понизится и вал деформируется. Следовательно, нужно постоянно проводить техническое обслуживание сифонных трубок, что увеличивает простой гофроагрегата. Поэтому сифонные трубки непригодны для использования на высокоскоростных гофроагрегатах.

Система управления конденсатом (CCS) и система *Termoroll* («термовал»). Система «термовал» – это гофровалы с прорезями, выполненными по внутреннему диаметру вала. Прорези действуют как каналы для отвода конденсата вдоль вала в зону резервуара. Используя систему CCS, воду откачивают из резервуара через короткую сифонную трубку специальной конструкции; трубка вмонтирована в графитовый подшипник и установлена внутри вала.

Преимущества данной системы в том, что конденсат стекает в прорези, а остальная часть внутренней поверхности вала подвергается воздействию пара. В данной системе достигается постоянная температура и минимальная деформации вала. При переходе от сифонной системы на систему CCS не нужно проводить модернизацию существующей паровой системы.

Система Бауманна (*Baumann*). В этой системе альтернативным решением является диск Бауманна, который встраивают в вал в процессе изготовления. Пар, как обычно, подают в вал. Вместо сифонной трубки на валу есть диск, который установлен с одной стороны вала, с небольшим зазором (1...1,5 мм) между его наружным краем и внутренней стенкой вала. Зазор позволяет обеспечить отвод определенного количества конденсата и пара от вала. Диск Бауманна позволяет быстро, непрерывно и эффективно отводить конденсат от валов благодаря тщательному контролю перепада давления между входом и боковыми сторонами конденсатной системы. Валы, оснащенные диском Бауманна и соответствующей паровой системой, оптимизируют рабочую температуру и работают с минимальной деформацией. Недостатками этой системы являются дополнительные затраты и большой объем модернизации, который нужно выполнить на любой существующей паровой системе.

Система динамического сброса. Система аналогична системе Бауманна, но для перемещения конденсата к одному из концов вала используют конусообразную воронку. Вместо диска в системе установлен ряд похожих на спицы трубок со специальными клапанами для беспрерывного выхода конденсата и пара из вала. Преимущества и недостатки этой системы аналогичны преимуществам и недостаткам системы Бауманна.

Система периферического нагрева. В ней предусмотрена подача пара в систему RVL и совместный отвод отработанного пара и конденсата из каналов в стенке гофровала (рис. 3.10).

Здесь используют ряд отверстий, просверленных в стенке гофровала ближе к наружной окружности. Отверстия для пара расположены

парами; первый канал для пара проходит через вал от входного патрубка к наружной стороне вала, по второму каналу пар возвращается обратно через вал к входному патрубку. Вакуумные радиально просверленные отверстия чередуются с паровыми отверстиями и создают вакуум для удержания бумаги через небольшие отверстия.

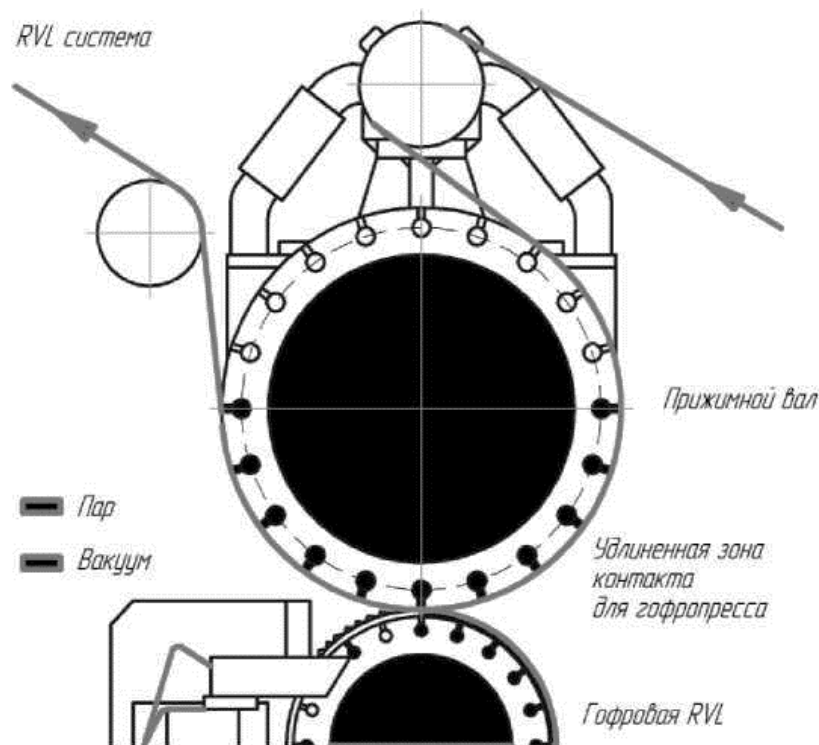


Рис. 3.10. Схема периферического нагрева

Система такова, что в ней всегда есть небольшой объем пара. Он перемещается с высокой скоростью так, что конденсат отводят и не собирают в валах. После того как пар пропустили через первый гофровал (центральный вал в системе), его направляют каскадом через второй гофровал, а затем – в другой сосуд (прижимной вал или подогреватель), чтобы извлечь остаток энергии скрытой теплоты.

Преимущества RVL:

- эффективный нагрев валов (остывшие валы нагревают всего за несколько минут);
- поддержание постоянной температуры и минимальная деформация во время пуска;
- возможность установки на любом гофропрессе, может работать при пониженном давлении пара;
- паровая камера так мала, что на нее не распространяются правила для сосудов под давлением.

К дополнительным преимуществам относят удобство системы для пользователя и невысокие требования к проведению технического обслуживания. Чтобы установить периферическую систему нагрева, нужно провести небольшую модернизацию любой существующей паровой системы.

3.5.10. Техническое обслуживание гофровалов

Шлифовка валов. По мере износа на поверхности гофровала появляется характерный ступенчатый рисунок. Больше износ в центре вала, а ступени проявляются в точках, соответствующих положению краев бумаги для каждого используемого на этих валах формата. Это приводит к появлению линий неравномерного прижима в месте соприкосновения с прижимным валом и к неравномерному нанесению клея. Валы нужно выводить на техническое обслуживание, когда профиль износа начинает оказывать вредное влияние на качество картона. Для устранения ступенчатого износа используют алмазную пасту или абразивный брусок. Алмазной пастой (абразивным бруском) сошлифовывают небольшое количество (0,05 мм) материала с вершин гофров по краям вала. Это трудоемкий процесс, который требует мастерства, т. к. при шлифовке не должны образоваться пролысины на вершинах гофров. На некоторых заводах на гофропрессе устанавливают шаблоны, которые позволяют более точно и качественно отшлифовать вал.

Настройки гофровалов. Известно, что давление гофровалов можно настраивать, меняя формат или марку флютинга (давление понижается при использовании более узкого формата, т. к. не допустим контакт металла с металлом по краям сопряженных валов). Если настройки выполнены правильно, то можно предотвратить повреждения краев валов. Важно, чтобы валы стояли в машине параллельно друг другу. Параллельность проверяют, используя копировальную бумагу типа NCR, которую пропускают через лабиринт рифлей и получают изображение относительного положения верхнего и нижнего валов. Проверку параллельности сопряженных гофровалов обязательно выполняют при их первой установке. После установки валы остаются параллельными на протяжении всего срока службы. Любое смещение вала относительно первичного положения, обнаруженное позже, свидетельствует о других отклонениях от технического состояния гофроагрегата.

Чистка гофровалов. Для защиты гофровалов от повреждений минеральными частицами размером более 0,5 мм необходимо поддерживать чистоту как на валах, так и на гофропрессе.

Контроль износа валов на заводе. На валах из закаленной стали, которые изнашиваются приблизительно с одинаковой линейной скоростью, проводят периодические измерения высоты рифлей и на основании измерений определяют предполагаемый срок их службы и даты замены. Измерения проводят, используя электронный измерительный прибор или обычный глубиномер с небольшим штифтом (радиус штифта должен быть меньше радиуса впадины рифля). Измерения на валу для оценки уровня износа для каждого формата проводят через разные интервалы. При точном выполнении измерений на валах из закаленной стали относительные уровни износа должны соответствовать процентному отношению каждого формата, проходящего через валы.

Для валов с покрытием (хромовым или из карбида вольфрама) применяют контроль цельности покровного слоя. Скорость износа покровного слоя намного меньше скорости износа стальной основы, на которую нанесен покровный слой, соответственно износ будет небольшим и его трудно точно измерить на гофропрессе. Срок службы вала зависит от цельности покровного слоя. Цельность покровного слоя проверяют специальным оборудованием. Долговечность работы гофровалов зависит от правильной эксплуатации, современного технического обслуживания и контроля состояния валов.

3.6. Накопительный мост, клеенаносящая машина

Накопительный мост и клеенаносящая машина служат для соединения, создания межоперационного задела двухслойного картона и склеивания картона.

3.6.1. Накопительный мост

Накопительный мост служит для приема, создания «межоперационного задела» двухслойного картона после гофрировальных прессов и передачи двухслойного картона на следующую часть гофрировальной машины. Межоперационный задел позволяет при остановке гофрировальной машины или смене рулонов обеспечивать непрерывную работу узлов гофроагрегата, установленных за накопительным мостом, а при остановке этих узлов продолжить работу гофрировальной машины для производства и накопления межоперационного задела двухслойного картона.

Накопительный мост монтируется из металлоконструкций в два (три или четыре) яруса и состоит из наклонных транспортеров, системы горизонтальных транспортеров, откидного и ограничительно-

тормозного устройства. Скорость горизонтальных транспортеров в четыре раза меньше наклонных, что и обеспечивает накапливание картона.

3.6.2. Клеенаносящая машина

Для подготовки поверхности склеиваемых слоев картона устанавливают многоярусный подогреватель, включающий три или четыре вертикально расположенных цилиндрических горизонтальных подогревателей, таких же, что и подогреватель перед гофрировальной машиной. Клеенаносящая машина (рис. 3.11) наносит клей на вершины гофров гофрированного слоя, поступающего от многоярусного подогревателя.

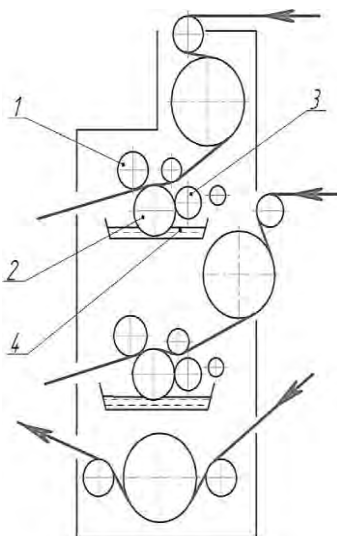


Рис. 3.11. Двухъярусное клеильное устройство:

1 – прижимной подхватывающий валик; 2 – клеенаносящий валик;
3 – шаберный валик; 4 – ванна

Для производства трех-, пяти- и семислойного картона имеется соответствующее число клеильных устройств, обеспечивающих регулирование толщины слоя подаваемого клея. После клеенаносящей машины происходит соединение слоев двухслойного картона и нижнего слоя плоского картона. Для этой цели склеиваемые слои подаются под прижимное сукно сушильной части агрегата.

3.6.3. Клеенаносящий вал

Поверхность клеенаносящего вала специально обработана таким образом, чтобы на ней создавалась пленка клея, строго контролируемой толщины для точной передачи на вершины гофров.

Стандартная поверхность вала изготовлена из хромированной закаленной или из нержавеющей стали и имеет гравировку

10...12 ячеек/см². Вал с более мелкой гравировкой (например, 16...18 ячеек/см²), который позволяет уменьшить толщину пленки клея, используют при изготовлении микрогофрокартона. Зазор между клеенаносящим валом и прижимным подхватывающим валом, нужно скорректировать до 0,1 мм (идеальное значение для зазора между данными валами). Для регулировки зазора применяют упор, который предотвращает контакт металла клеенаносящего вала с металлом прижимного подхватывающего вала при отсутствии бумаги в рабочей зоне, т. к. контакт может повредить структуру поверхности клеенаносящего вала. В современных конструкциях на концах клеенаносящего вала ставят кольца большего диаметра, которые используют как защитные упоры. Между клеенаносящим валом и шаберным валиком обычно существует небольшая разница в поверхностной скорости – до трех процентов, что облегчает удаление клея.

Сейчас существуют гофроагрегаты, которые работают при контакте клеенаносящего вала с бумагой на гофровалу (рис. 3.12).

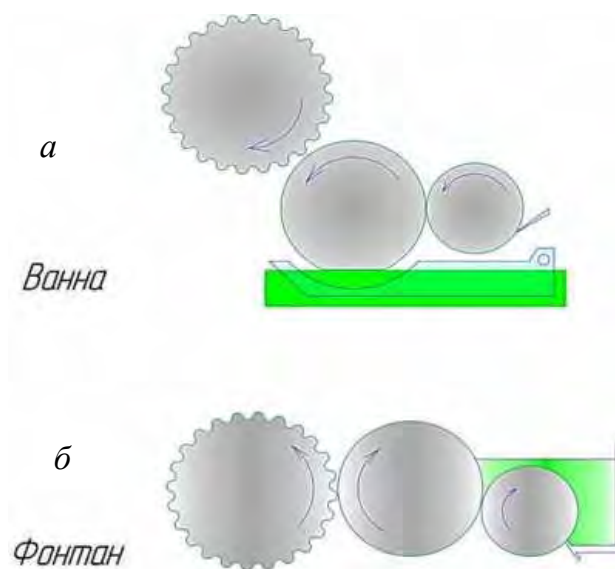


Рис. 3.12. Схемы контакта клеенаносящего вала с бумагой на гофровалу:
 а – клей на клеенаносящий вал наносится в ванне; б – клей на клеенаносящий вал подается через зазор между ним и шаберным валом

Чувствительные датчики давления по краям клеенаносящего вала определяют контакт с бумагой по мере того, как бумага попадает под давление. Система автоматически корректирует положение вала относительно толщины бумаги. Другими словами, это саморегулирующаяся система. При использовании легковесной бумаги с массой квадратного метра 90 г, а иногда – 70 г, и толщиной около 0,08 мм, следует применять саморегулирующую систему нанесения клея на бумагу.

Шаберный вал используют для дозирования слоя клея на клеенаносящем валу, который передает клей на вершины гофров. Вал имеет ровную хромированную поверхность или гладкое керамическое покрытие. В зависимости от используемой системы он работает с перепадом скоростей относительно клеенаносящего вала. На некоторых гофроагрегатах клеенаносящий вал опускают в ванну с клеем, чтобы он набрал клей на поверхность. На других гофроагрегатах клей подают через зазор между клеенаносящим валом и шаберным валом. Важно, чтобы зазор между валами составлял 0,1 мм и валы были параллельны.

Средний расход клея для гофрокартона с профилем *B* и *C* на гофропрессе для производства двухслойного картона составляет около 4 г промышленного твердого вещества на квадратный метр бумаги. Лучший показатель, которого можно достичь, – это 3 г на квадратный метр.

Защитные пластины (щеки) используют для того, чтобы клей не попадал на гофровал за пределами формата бумажного полотна. При смене формата их автоматически регулируют таким образом, чтобы они находились на расстоянии нескольких миллиметров от каждого края бумажного полотна. Позиционирование и программирование щек должно выполняться очень быстро и таким образом, чтобы клей никогда не попадал за пределы бумажного полотна.

Клеевую ванну проектируют таким образом, чтобы клей на клеенаносящем валу не расплескивался и не заканчивался при быстрой смене форматов. На практике, кроме описанных выше валов, на гофропрессе по производству двухслойного гофрированного картона используют также валы-подогреватели и валы предварительного нагрева паром, направляющие валы, пластины для начальной заправки гофроагрегата и контроля прохождения бумаги. Некоторые узлы оснащены подвижными системами для регулировки углов охвата на встроенных подогревателях. Автономные подогреватели и валы предварительного нагрева паром на гофропрессе для производства двухслойного картона дополнены барабанами, встроенными в гофропресс современного гофроагрегата. Вокруг клеевой ванны ставят водоохладительную систему, чтобы защитить клей от воздействия тепла. Поскольку флютинг формируется в гофры, то длина флютинга, поступающего на гофропресс для производства двухслойного картона, должна быть больше длины получаемого картона. Соотношение длины флютинга и длины картона называется «коэффициентом гофрирования». Чтобы уменьшить давление на флютинг в зоне формирования гофров, его подают на пресс скоростным валом, который вращается с окружной скоростью, равной или

близкой к скорости прохождения бумаги с учетом коэффициента гофрирования.

3.6.4. Система регулировки зазора между клеенаносящим валом и гофровалом

В системе регулирования (рис. 3.13) решают три вопроса:

- обработку поверхности клеенаносящего вала;
- обеспечение относительной окружной скорости шаберного и клеенаносящего валов;
- обеспечение точности измерения и регулирования фактического зазора между клеенаносящим валом и вершинами рифлей гофровала.

Независимо от способа обработки, поверхность клеенаносящего вала должна выполнять функцию переноса определенного количества крахмального клея на полотно по всей ширине и на следующие одна за другой вершины гофров. Пленка крахмального клея обновляется при каждом обороте клеенаносящего вала и точно дозируется шаберным валом на любых скоростях.

Относительные поверхностные скорости шаберного и клеенаносящего валов регулируют таким образом, чтобы можно было поддерживать постоянную толщину пленки на клеенаносящем валу.

Когда жидкость проходит через зазор между двумя валами, всегда наблюдается гидродинамический клиновой эффект. Поток жидкости сужается до размера щели, и вследствие эффекта сдвига толщина жидкости на выходе может быть больше размера самого зазора. Этот эффект зависит от поверхностных скоростей и, следовательно, от скорости машины. Самым важным параметром является контроль над величиной зазора между клеенаносящим валом и вершинами гофров.

Для обеспечения постоянного контроля и поддержания уровня зазора между клеенаносящим валом и гофровалом применяют вихретоковый датчик. Гладкая поверхность кольца с обеих сторон – это базовая торцевая поверхность. Калибруют систему регулирования, затем, используя регулировочное устройство с регулировочным клиновым упором, устанавливают необходимый уровень зазора в зависимости от применяемого клея и бумаги. Клиновый упор нужен для страховки, чтобы не повредить поверхность вала из-за соприкосновения металла с металлом. При любом тепловом расширении или люфте хода регулируемого привода двигателя система перестраивается автоматически и поддерживает постоянный уровень зазора, как показано на рис. 3.13.

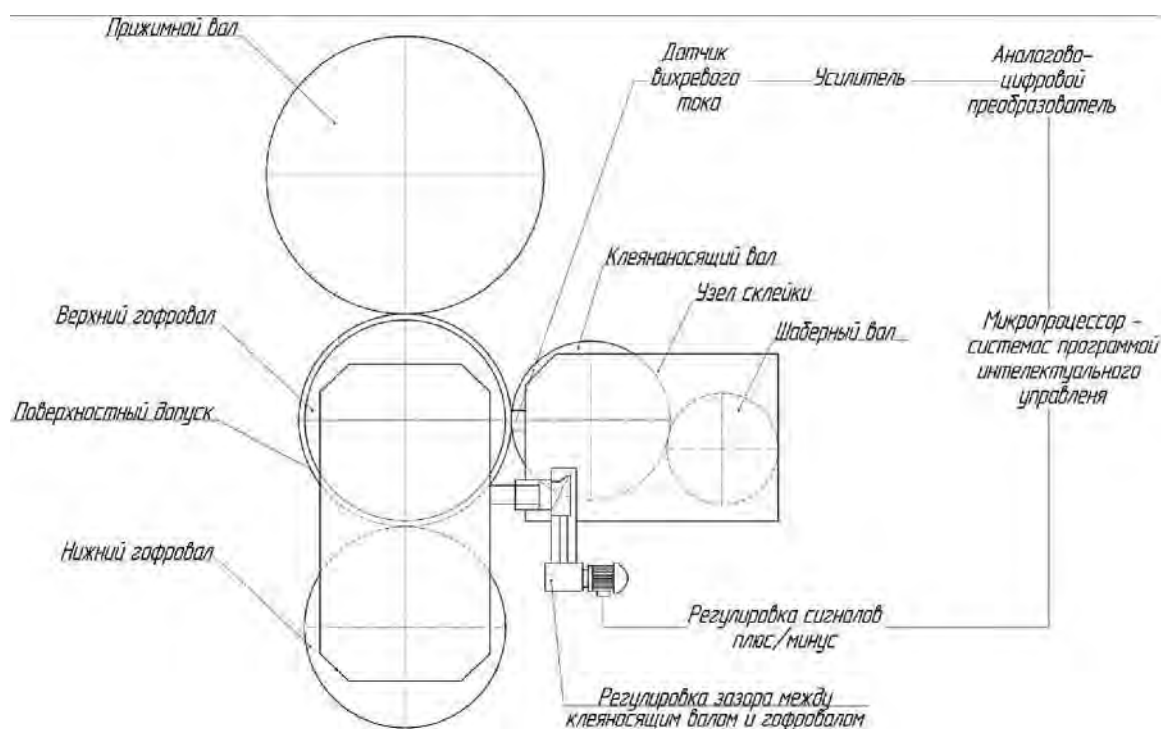


Рис. 3.13. Система регулировки зазора между клеянонасящим валом и гофровалом

Другое технологическое решение заключается в том, чтобы обеспечить неплотный контакт между клеянонасящим валом и вершинами гофров. При таком решении клеянонасящий вал приближается к бумаге до тех пор, пока датчик не распознает сопротивление.

3.6.5. Организация планово-предупредительных ремонтов гофроагрегатов

Планово-предупредительные ремонты (ППР) гофроагрегатов основаны на выполнении технического обслуживания по времени наработки. Периодичность ППР определяют с учетом расчетной долговечности узлов, например, подшипников, из паспортных данных оборудования, а также из опыта производственной эксплуатации машин. Принято применять три вида технического обслуживания оборудования: текущий, средний и капитальный. Для сокращения простоев выполнение ППР планируют одновременно с технологическим обслуживанием оборудования.

Как положительные стороны ППР следует отметить предварительную подготовку к ремонтам:

- комплектование ремонтных работ по штатному составу и квалификации, оснастка инструментами, такелажем, приборами и запасными частями;

- составление годовых, трехлетних и пятилетних графиков ППР;
- создание перспектив для подготовки реконструкции цехов.

Как недостатки ППР можно отметить следующее:

- не предусмотрен контроль технического состояния оборудования в процессе эксплуатации;
- высокий уровень отказов оборудования в процессе эксплуатации;
- высокий уровень отказов оборудования между ремонтами.

Повышение эффективности ППР на современных предприятиях обеспечивают методами технического диагностирования оборудования, преимущественно вибрационными.

Структурные параметры технического состояния и вибрация оборудования в разной степени зависят от наработки. Слабо зависят от наработки конструктивные дефекты, дефекты изготовления (несоосность сопрягаемых валов, внутренняя не соосность муфт, неуравновешенность роторов, наличие резонансов конструкции и др.). С увеличением времени наработки происходит зарождение и развитие эксплуатационных дефектов оборудования, что сопровождается ростом амплитуд вибрации. Каждому дефекту соответствует определенный диапазон вибрации. Дефекты рассматривают как несоответствие значений структурных параметров технического состояния (ТС) узла установленным нормам. По уровням амплитуд вибрации от дефектов в характерных диапазонах частот оценивают техническое состояние оборудования.

Образование эксплуатационных дефектов, согласно статистике результатов ревизий оборудования, происходит в основном в подвижных соединениях деталей и узлов от действия сил трения. В процессе изнашивания происходит разрушение и отделение частиц материала с поверхности деталей при трении. На типовых графиках зависимости вибрации от времени выделяют следующие периоды наработки: приработки; установившегося режима; образования дефектов; развития дефектов.

В периоде приработки происходят макро- и микрогеометрическое изнашивание поверхностей трения деталей и стабилизация показателей технического состояния (интенсивности изнашивания, нагрева) узлов оборудования. В период приработки возможно незначительное снижение уровня вибрации узлов оборудования, например из-за заполнения контактирующих поверхностей смазкой.

За период установившегося режима работы происходит постепенное изнашивание поверхностей трения деталей. Вибрация узлов оборудования возрастает умеренно с постоянным трендом.

Для периода образования дефектов износа характерно накопление количественных микрповреждений поверхностей трения деталей. Вибрация узлов интенсивно возрастает.

В периоде ускоренного развития дефектов происходит прогрессирующее изнашивание. На интенсивность изнашивания начинают влиять такие возрастающие при изнашивании узлов факторы, как ударные нагрузки, биение, повышенная температура и нарушение условий смазки. Вероятность безотказной работы оборудования снижается, вибрация узлов интенсивно возрастает. Дефекты, развивающиеся в периоде ускоренного изнашивания, провоцируют возникновение повреждений и отказов, при которых узел переходит в неработоспособное состояние.

По типовому регламенту ППР проводят без предварительной корректировки объемов работ по материалам технического диагностирования. Значительную часть оборудования при ППР разбирают, выполняют ревизию и, не обнаружив дефектов, производят сборку и допускают для дальнейшей эксплуатации. Если подвижные или сопряженные по переходным посадкам соединения деталей и работоспособных узлов были подвергнуты разборке-сборке (без необходимости ремонта), то и в этом случае происходит вторичная приработка и приращение зазоров, снижающих ресурс работы.

Предварительная корректировка объемов ППР по материалам технического диагностирования предотвращает необоснованную разборку-сборку оборудования, находящегося в допустимом работоспособном состоянии, тем самым продлевает ресурс его работы.

Допустимые диагностические параметры $|V_{\max}|$ устанавливают из опыта в процессе подконтрольной эксплуатации, определяют расчетом по вибрационным моделям и по материалам статистической обработки диагностических измерений вибрации.

Диагностируемое оборудование выводят на ремонт или замену при ближайшем плановом останове при условии:

$$V_{\max} \in \text{ВП},$$

где $V_{\max}$ – максимальный уровень виброскорости оборудования в период последнего контрольного измерения;

ВП – диапазон значений виброскорости при оценке «предотказно».

До вывода предотказного оборудования на ремонт (замену) принимают меры по снижению нагрузки, улучшению его смазки, охлаждению. Вибрационный контроль до вывода оборудования на ремонт производят при сокращенном периоде между измерениями.

Для корректировки объемов ППР производят вибрационное диагностирование оборудования, планируемого к ремонту за 5...7 дней до ремонта. По данным вибрационного диагностирования исключают из ППР оборудование, уровни вибрации которого соответствуют оценке $|I|$ – «допустимо». По материалам вибрационного диагностирования, например, в производстве гофрокартона, объемы ППР сокращают на 5...15 %. Если до ППР вибрационным диагностированием обнаружено оборудование, не планируемое на ППР, но имеющее уровни вибрации, соответствующее оценке IP – «предотказно», то это оборудование вносят в план ремонтов и, таким образом, предотвращают его отказ в режиме эксплуатации.

Для проверки качества выполненных ремонтных работ производят, по окончании ППР, вибрационное диагностирование отремонтированного оборудования. Диагностирование оборудования выполняют в течение одной недели после ввода его в эксплуатацию. Ремонт признают качественным, если уровень вибрации снижен по оценочному критерию. Например, до ремонта уровень вибрации узла соответствовал оценке IN – «неудовлетворительно», после ремонта соответствует оценке $|I|$ – «допустимо». Ремонт признают удовлетворительным, если уровень вибрации узла после ремонта соответствует оценке IN , но произошло снижение вибрации узла в диапазоне оценочного критерия IN – «неудовлетворительно». Ремонт признают некачественным, если уровни вибрации узлов после ремонта не снижены. Корректировка ППР методами вибрационного диагностирования решает задачи по снижению объемов ремонтных работ, предотвращению отказов оборудования в режиме эксплуатации и контролю качества ремонтных работ.

3.7. Сушильная часть

3.7.1. Устройство и процессы сушильной части

Сушильная часть состоит из сушильного стола, выполненного из сушильных плит и предназначенного для подсушивания и склеивания смазанных клеем гофров с наружным слоем картона, и охлаждающей части, которая одновременно служит и для транспортирования гофров картона. В сушильные плиты подается пар под давлением 3...12 МПа. Давление пара регулируется автоматически, но для быстрого изменения теплового режима существуют и другие способы регулирования. Это способ быстрого уменьшения площади контакта картона с плитой и регулирования теплового режима сушильной части при помощи воздушной подушки. Первый способ осуществляется при помощи механизма отклонения плит от движущегося полотна картона с одновременным подъемом прижимных роликов (рис. 3.14).

Механизм отклонения плит состоит из пневмоцилиндров, приводящих в действие систему рычагов и шарниров, отводящих плиты вниз и поднимающих прижимные ролики над сушильной частью.

Второй способ регулирования теплового режима (рис. 3.15) достигается подачей воздуха между картоном и греющей поверхностью плит, созданием воздушной подушки между ними, которая и уменьшает теплопередачу тепла картону.

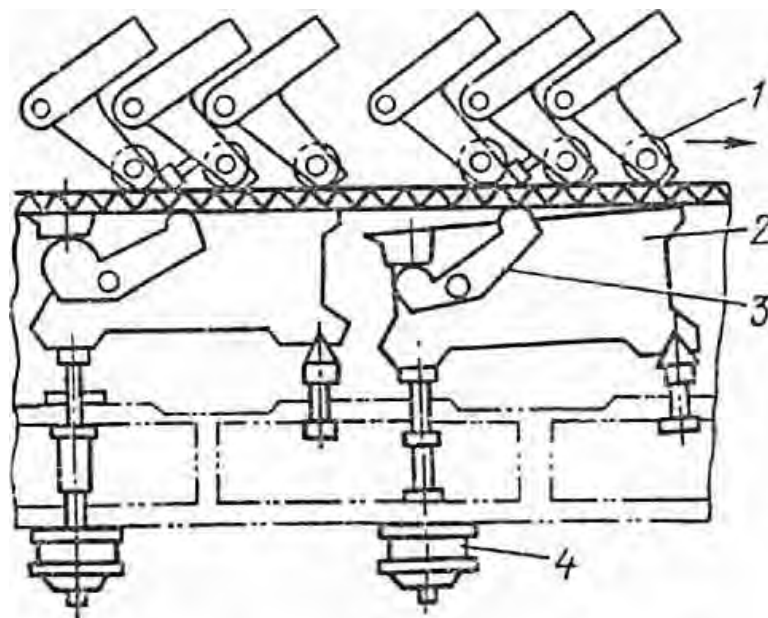


Рис. 3.14. Механизм регулирования теплового режима: 1 – прижимной ролик; 2 – плита; 3 – рычаг; 4 – пневмоцилиндр

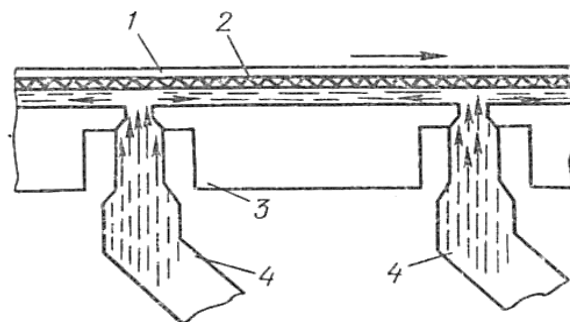


Рис. 3.15. Устройство для регулирования теплового режима сушки гофрокартона при помощи воздушной подушки: 1 – прижимной ремень; 2 – картон; 3 – сушильная плита; 4 – каналы подвода воздуха между плитами

Гофроделательные агрегаты имеют удлиненную сушильную часть, т. к. в нее входит и охлаждающая часть для выравнивания температуры слоев гофрокартона. При работе на высоких скоростях удлиненная сушильная часть необходима для равномерной подачи полотна, исключающей проскальзывание. Для исключения проскальзывания и сокращения длины сушильной части применяют вакуумную подачу полотна картона, что также уменьшает и длину гофроделательного агрегата.

3.7.2. Особенности сушки гофрокартона на сушильных плитах

Рассмотрим установившийся процесс сушки трехслойного гофрокартона. На первых по ходу гофрокартона сушильных плитах подогревается клей, сухое вещество и влага гофрированного слоя картона и подклеенных слоев картона до температуры сушки. Процесс протекает почти без выделения влаги, что соответствует первому периоду сушки. Для подогрева отводится только одна первая сушильная плита. Полотно гофрокартона за время соприкосновения с поверхностями сушильных плит нагревается и в промежутках между ними охлаждается, поэтому повышение температуры происходит скачкообразно.

После того как полотно нагреется до температуры сушки, начинается выделение влаги; это соответствует второму периоду сушки с постоянной скоростью влаговыделения. Наличие между сушильными плитами промежутков в этом периоде сушки оказывает влияние на равномерность влаговыделения.

За время соприкосновения с горячей поверхностью сушильных плит к полотну подводится тепло, вследствие чего происходит испарение содержащейся в нем влаги. При сушке одна поверхность подклеенного слоя картона закрыта сушильной плитой, а другая – двухслойным гофролистом, создающим значительное сопротивление выходу паров

влаги. Выход паров из полотна происходит через толщу трехслойного гофрокартона и встречает большое сопротивление. Выход влаги через полости гофрированного флутинга в направлении, перпендикулярном движению полотна не учитывается. Для преодоления сопротивления выходу паров в полотне гофрокартона должно возникнуть достаточно высокое парциальное давление. С увеличением давления возрастают температура и теплосодержание пара. Повышение температуры паров влаги и полотна гофрокартона ухудшает теплопередачу и снижает скорость сушки.

Кроме того, повышение температуры полотна гофрокартона и теплосодержания находящихся в нем паров приводит к тому, что часть тепла затрачивается на их дополнительное нагревание, что также уменьшает количество выделяемой влаги. Однако это последнее обстоятельство не ухудшает процесс сушки в целом. Дело в том, что когда полотно гофрокартона выходит с поверхности сушильной плиты в межплитный промежуток, обе стороны полотна освобождаются и непосредственно соприкасаются с окружающим воздухом. При этом сопротивление выходу паров из полотна гофрокартона резко снижается, вследствие чего начинается интенсивное выделение паров, и их парциальное давление внутри полотна падает. Это вновь вызывает испарение влаги, на которое расходуется тепло, затраченное на дополнительное нагревание влаги и сухой части полотна гофрокартона. Таким образом, уменьшение выделения влаги за период, когда полотно находилось на сушильных плитах, компенсируется ее выделением после схода полотна с сушильных плит.

В межплитном промежутке к полотну тепло не подводится, поэтому, когда тепло дополнительного нагревания истратится, дальнейшее выделение влаги сокращается, и полотно гофрокартона охлаждается окружающим воздухом. Следовательно, первая часть межплитного промежутка способствует удалению влаги, вторая вызывает вредное охлаждение полотна гофрокартона, т. к. для доведения его температуры до состояния влаговыделения потребуется лишняя затрата тепла на следующей сушильной плите.

Таким образом, во втором периоде сушки температура полотна гофрокартона и скорость сушки также изменяются скачкообразно и сохраняются постоянными лишь их средние значения.

В последнем, третьем, периоде сушки скачкообразность изменения температуры и скорости сушки тоже сохраняется, но средняя величина температуры полотна постепенно увеличивается, а средняя скорость сушки уменьшается.

При контактной сушке важно, чтобы слой воздуха, находящийся вблизи от полотна гофрокартона, содержал меньше влаги, и парциальное давление паров в нем было по возможности низким. Для этого устраивают дополнительное продувание слоя воздуха, прилегающего к полотну гофрокартона.

Чрезмерное увеличение количества подаваемого на продувку воздуха связано с установкой мощных вентиляторов, громоздких воздухопроводов и теплообменников, а также с повышенным расходом тепла на подогрев воздуха и энергии на его подачу. Поэтому обычно допускают относительную влажность φ уходящего воздуха около 0,85 при его нагреве до температуры 50...60 °С, чему соответствует парциальное давление p_2 паров влаги, равное 10700...17300 н/м², и влагосодержание x_2 , равное 0,065...0,126 кг/кг.

3.7.3. Расчет контактной сушильной части

Для расчета сушильной части задается часовая производительность G кг/ч сухого вещества, его начальная w_1 % и конечная w_2 % влажность [13].

Количество влаги, содержащееся в гофрокартоне, равно:

$$\text{до сушки} \quad W_1 = \frac{w_1}{100 - w_1} G; \quad (3.3)$$

$$\text{после сушки} \quad W_2 = \frac{w_2}{100 - w_2} G. \quad (3.4)$$

Принимаем, что воздух, подаваемый для сушки, имеет начальную температуру ϑ_1 , начальную относительную влажность φ_1 , конечную температуру ϑ_4 и конечную относительную влажность φ_2 . По графику [13] (рис. 3.16) находят парциальные давления p_{H_1} и p_{H_2} насыщенного пара, соответствующие температурам ϑ_1 и ϑ_4 .

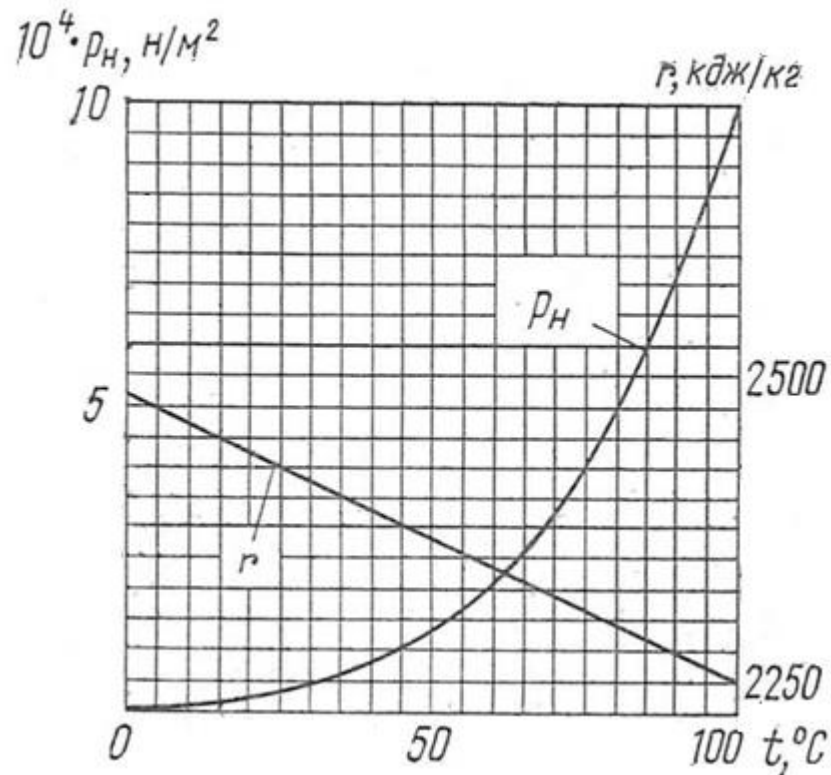


Рис. 3.16. График зависимости $p_n = f(t)$ и $r = f(t)$ для насыщенного водяного пара

При этом влагосодержания воздуха равны:

начальное
$$x_1 = 0,622 \frac{\varphi_1 \frac{p_{n1}}{10^5}}{1 - \varphi_1 \frac{p_{n1}}{10^5}}, \quad (3.5)$$

конечное
$$x_2 = 0,622 \frac{\varphi_2 \frac{p_{n2}}{10^5}}{1 - \varphi_2 \frac{p_{n2}}{10^5}}. \quad (3.6)$$

Тогда количество подаваемого воздуха:

$$L = \frac{W_1 - W_2}{x_2 - x_1}. \quad (3.7)$$

Парциальное давление паров влаги в воздухе после сушки равно

$$p_2 = \varphi_2 p_{n2}. \quad (3.8)$$

Этому парциальному давлению по графику (рис. 3.16) соответствует температура насыщения t_n . Температура поверхности испарения

гофролиста равняется t_n . Его нагреваемая поверхность, соприкасающаяся с сушильными плитами, имеет более высокую температуру. Поэтому среднюю температуру сушеного гофрокартона в период сушки с постоянной средней скоростью принимают равной

$$t_2 = t_n + \Delta t, \quad (3.9)$$

где Δt – перепад температуры, который составляет 3...5 °С.

Температуру t_3 сушеного гофрокартона в конце сушки и его среднюю температуру t'' во втором и третьем периодах приближенно определяют по формулам:

$$t_3 = t_2 + 0,85(v_{e,n} - t_2), \quad (3.10)$$

$$t'' = t_2 + 0,3(v_{e,n} - t_2), \quad (3.11)$$

где $v_{e,n}$ – температура греющей поверхности, которую можно принять на 10 °С ниже температуры греющего пара.

Затраты тепла:

на нагревание сушеного гофрокартона:

$$Q_1 = (cG + c_w W_1) \cdot (t_2 - t_1), \quad (3.12)$$

где t_1 – начальная температура вещества;

c – теплоемкость сухой части;

c_w – теплоемкость влаги;

на сушку во втором и третьем периодах:

$$Q_{2,3} = (cG + c_w W_2) \cdot (t_3 - t_2) + r(W_1 - W_2), \quad (3.13)$$

где r – теплота парообразования при температуре, определяемой по графику (рис. 3.16).

Площадь поверхности для передачи тепла подогрева Q_1 должна быть

$$F_1 = \frac{Q_1}{k_1(v_{\text{пар}} - t')}. \quad (3.14)$$

Площадь поверхности F_1 сушильных плит для передачи тепла сушки во втором и третьем периодах $Q_{2,3}$ должна быть равна

$$F_{2,3} = \frac{Q_{2,3}}{k_{2,3}(v_{\text{пар}} - t'')}. \quad (3.15)$$

В формулах (3.14) и (3.15):

$v_{\text{пар}}$ – температура греющего пара в сушильных плитах;

t' – средняя температура сушеного гофрокартона в период его подогрева, равная

$$t' = \frac{t_1 + t_2}{2}; \quad (3.16)$$

k_1 – коэффициент теплопередачи в период подогрева, определяемый по формуле

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (3.17)$$

$k_{2,3}$ – коэффициент теплопередачи во втором и третьем периодах сушки, определяемый по формуле

$$k_{2,3} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.18)$$

где δ – толщина стенки сушильных плит, м;

λ – теплопроводность материала сушильных плит ($\lambda = 165$ кДж/м·ч·град);

α_1 – коэффициент теплоотдачи от греющего пара к стенке сушильных плит, его можно принять равным 6250 кДж/м²·ч·град;

α'_2 и α_2 – коэффициенты теплопередачи от стенки сушильных плит к сушиму гофрокартону в периодах подогрева и сушки. Значения этих коэффициентов в среднем можно принять равным:

$\alpha'_2 = 1250$ кДж/м²·ч·град и $\alpha_2 = 2100$ кДж/м²·ч·град.

Общая поверхность теплопередачи равна

$$F = F_1 + F_{2,3}. \quad (3.19)$$

Если коэффициент использования поверхности сушильных плит β , то общая поверхность сушильных плит равна

$$F_n = \frac{F}{\beta}. \quad (3.20)$$

Поверхность сушильных плит, соприкасающаяся с воздухом, равна

$$F_6 = F_n - F = \frac{1-\beta}{\beta} F. \quad (3.21)$$

Тепло, отдаваемое сушильными плитами окружающему воздуху, равно

$$Q_4 = k_b F_6 \left(v_{нар} - \frac{v_3 + v_4}{2} \right), \quad (3.22)$$

где k_b – коэффициент теплопередачи, определяемый по формуле

$$k_b = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2' }}. \quad (3.23)$$

где α_2'' – коэффициент теплоотдачи от стенок сушильных плит к воздуху, который принимают равным 40 кДж/м²·ч·град [13];

v_3 – температура воздуха, поступающего в сушильную часть.

Тепло Q_4 частично теряется на подогрев воздуха. Если коэффициент использования этого тепла η (можно принять $\eta = 0,7$), то тепло, воспринятое воздухом, равно $Q_5 = Q_4 \cdot \eta$;

потерянное тепло:

$$Q_6 = Q_4 \cdot Q_5. \quad (3.24)$$

Поскольку тепло Q_5 идет на нагревание воздуха, то исходя из этого можно составить равенство

$$Q_5 = c_0 L (v_4 - v_3), \quad (3.25)$$

или, заменив Q_5 согласно предыдущим формулам,

$$k_e F_e \left(v_{nap} - \frac{v_3 + v_4}{2} \right) \eta = c_0 L (v_4 - v_3),$$

откуда

$$v_3 = \frac{c_0 L v_4 - k_e (F_e + F_{ec}) \left(v_{nap} - \frac{v_4}{2} \right) \eta}{c_0 L - k_e (F_e + F_{ec}) \frac{\eta}{2}}. \quad (3.26)$$

где c_0 – теплоемкость воздуха, равная

$$c_0 = 1 + 1,92 \cdot x_1, \quad (3.27)$$

L – масса воздуха, используемая для сушки.

Воздух, уходящий из сушильной части, уносит с собой тепло

$$Q_7 = c_0 L (v_4 - v_1). \quad (3.28)$$

Для использования этого тепла уходящий воздух направляют в теплообменник, где происходит нагревание свежего воздуха, который воспринимает тепло:

$$Q_8 = c_0 L' (v_2 - v_3), \quad (3.29)$$

где ϑ_2 – температура свежего воздуха после теплообменника;

L' – масса свежего воздуха.

При замкнутой системе вентиляции сушильной части $L' = L$, при разомкнутой $L' \approx 1,1 L$. В последнем случае для сушки используется лишь L кг воздуха, поэтому использованное от теплообменника тепло равно

$$Q_9 = c_0 L (v_2 - v_1). \quad (3.30)$$

С неиспользованным воздухом потеря тепла равна

$$Q_{10} = Q_8 - Q_9 = c_0 (L' - L) \cdot (v_1 - v_2). \quad (3.31)$$

Потеря тепла с воздухом, уходящим из теплообменника, равна

$$Q_{11} = Q_7 - Q_8. \quad (3.32)$$

Воздух, подаваемый в сушильную часть, предварительно нагревается в калорифере от температуры v_2 до температуры v_3 на это затрачивается тепло

$$Q_{12} = c_0 L (v_3 - v_2). \quad (3.33)$$

Для обеспечения режима сушки гофрокартона к сушильным плитам должно быть подведено тепла:

$$Q_n = Q_1 + Q_{2,3} + Q_5 + Q_6. \quad (3.34)$$

3.8. Продольно-резательная рилевочная машина

Продольно-резательная рилевочная машина предназначена для продольной резки гофрированного картона на несколько частей, для форматных заготовок, нанесения линий рилевки и обрезки кромок. Существует несколько разновидностей конструкций этой машины. Наиболее совершенной является конструкция с отдельными валами (рис. 3.17, а) [14].

На одной паре валов размещаются рилевочные муфты, на другой – резательные ножи. Когда ведомая пара валов находится в работе, на нижней можно производить монтаж и перестановку рилевочно-резательного инструмента. Чаще применяют две последовательно установленные рилевочно-резательные машины, что обеспечивает бесперебойную работу гофроделательного агрегата и смену форматов продольной резки и рилевки без его останова.

При рилевке картон уплотняется на узком прямолинейном участке, в результате чего на заготовке формируется линия рилевки, служащая шарниром перегиба картонной заготовки при формировании ящика. Рилевка гофрокартона производится различными рилевочными муфтами (рис. 3.17, б).

Применение того или иного профиля рилевочных муфт обусловлено видом гофрированного картона, бумагой-основой для гофрирования и другими технологическими факторами.

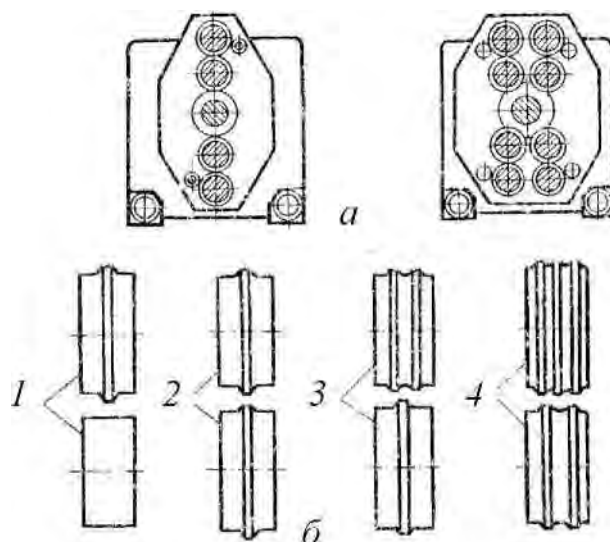


Рис. 3.17. Расположение валов в продольно-резательных машинах и профили рилевочных муфт:

a – расположение валов и инструмента; *б* – профили рилевочных муфт:

1 – однопрофильные; 2 – двухпрофильные;

3 – трехпрофильные; 4 – пятипрофильные

Качественная рилевка картона требует, чтобы картон по линии рилевки легко складывался без появления трещин в месте перегиба, что имеет большое значение для слабых картонов. Для них рилевание стараются проводить с минимальным растяжением плоских слоев. Увеличение ширины рилевки гофрированных картонов снижает сопротивление сжатию готовых ящиков.

При выборе профиля рилевочных муфт для многослойных гофрированных картонов необходимо учитывать деформацию плоских слоев и знать, какая при этом получается вытяжка. *Вытяжка* – это разница между средней длиной поверхности наружных слоев картона после рилевки и длиной этих слоев до рилевки. Определение вытяжки проводят следующим способом.

В масштабе 10:1 вычерчивается контур рилевочных муфт в их рабочем положении (рис. 3.18).

Затем наносится расположение слоев картона в процессе рилевания. По средней линии толщины картона измеряют длины каждого слоя и определяют среднюю длину l_{cp} , м:

$$l_{cp} = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad (3.35)$$

где l_1 и l_2 – длина верхнего и нижнего слоев картона соответственно, м.

Вытяжка q , %, определяется следующей зависимостью:

$$l_{cp} = \frac{l_{cp} + l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (3.36)$$

где l_0 – первоначальная длина участка картона, подвергнутого рилевке.

Профиль рилевки на картоне отличается от профиля рилевочных муфт более плавными переходами, т. к. гофрированный картон является упруго-пластичным материалом.

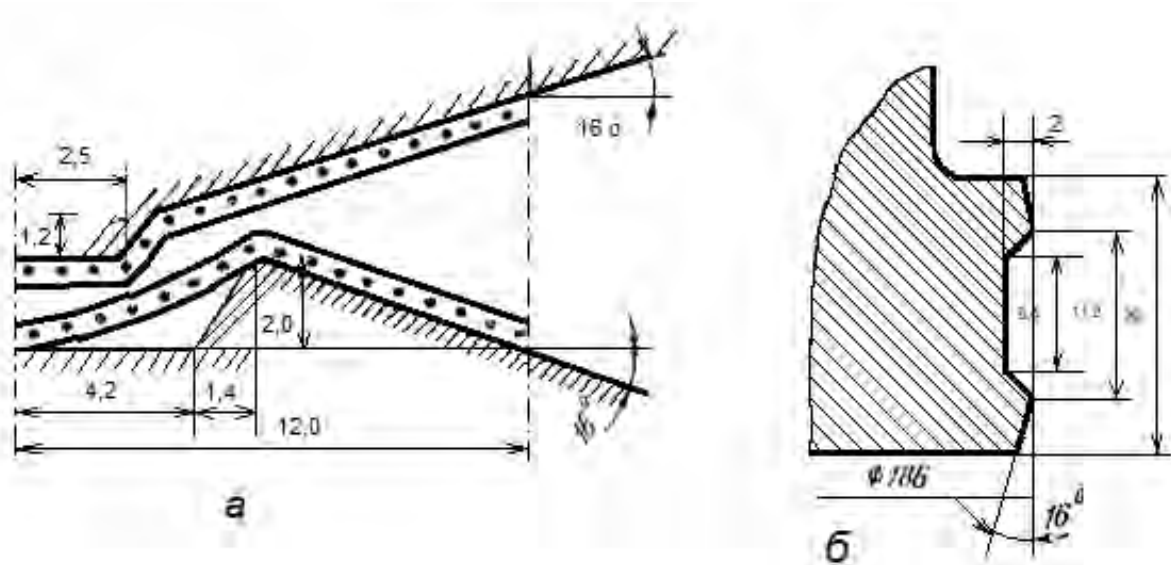


Рис. 3.18. Определение вытяжки гофрокартона при рилевании и оптимальный профиль рилевочных муфт:

а – контур рилевочных муфт в рабочем положении и расположение слоев картона;

б – профиль муфты с минимальной вытяжкой для трехслойного картона

На продольно-резательной машине выполняется также обрезка кромок полотна. Обрезанные ленты измельчаются в вентиляторах-измельчителях и подаются пневмотранспортом в циклон или гидроразбиватель.

Поступающий на рилевку гофрированный картон должен иметь нормальную влажность. Пересушенный картон в процессе рилевания ломается по линии сгибов. Переувлажненный картон может получить разрыв полотна по линии рилевки или некачественную рилевку.

3.9. Поперечно-резательная машина

Поперечно-резательная машина сдвоенного типа осуществляет поперечную резку заготовок заданного размера двумя ножами, расположенными на вращающихся навстречу друг другу цилиндрических валах (рис. 3.19).

Сдвоенные поперечно-резательные машины в современных агрегатах одновременно отрезают заготовки разной длины. Конструкция механизма резки таких машин позволяет регулировать длины отруба заготовки без останова всей машины. Длина отруба контролируется электронной аппаратурой, что позволяет повысить точность и качество размеров заготовок, уменьшить отходы за счет припуска материала на дальнейшую переработку.

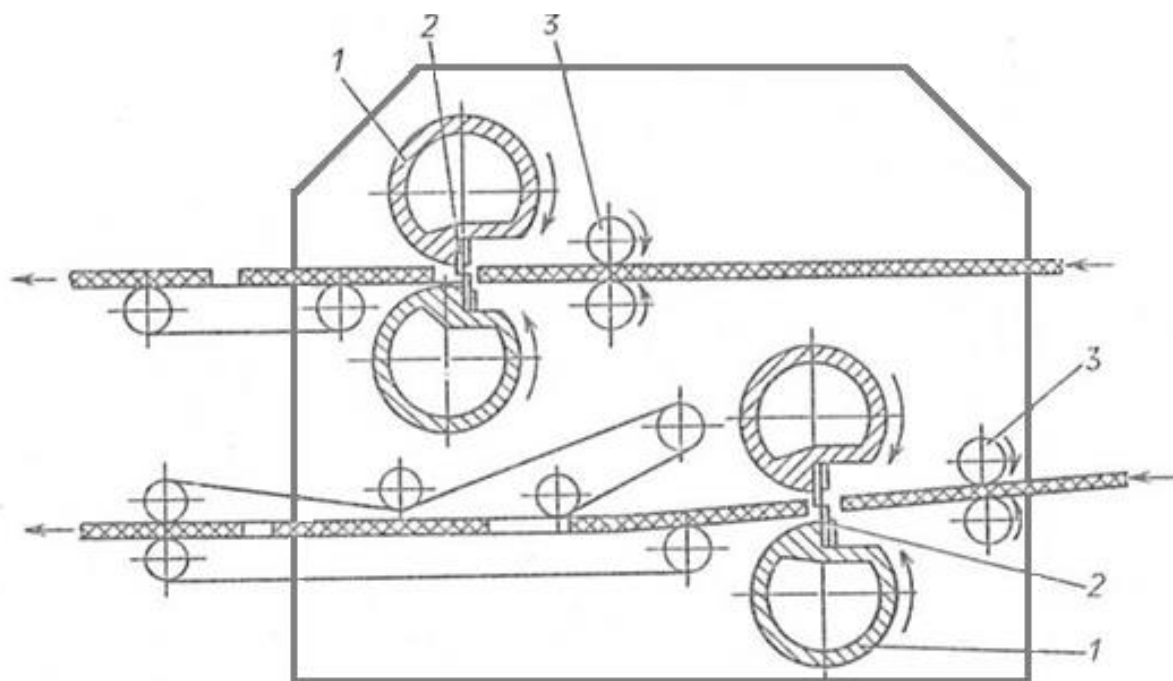


Рис. 3.19. Схема двух-ярусной поперечно-резательной машины:

1 – ножевой вал; 2 – нож; 3 – тяговый пресс

Продольные полосы гофрированного картона заданной ширины, ранее разрезанные на продольно-резательной рилевочной машине, поступают к нижнему или верхнему тяговому прессу поперечно-резательной машины.

Часть полос поступает на нижний тяговый пресс, который подает картонную полосу к первой нижней паре ножевых валов. Нарезанные листы для заготовок попадают на ленточный конвейер и выводятся из

машины на приемный конвейер. Другая часть полос картона направляется к верхнему тяговому прессу и верхней паре ножевых валов для резки их на другие форматы. Готовые заготовки выводятся на другой конвейер. Такая компоновка машины позволяет при высокой производительности подавать листы картона от первой и второй пар ножевых валов раздельно в два яруса приемных конвейеров.

Ножевые валы представляют собой массивные стальные трубчатые отливки с запрессованными цапфами и расположенным в продольном направлении выступающим уступом для крепления ножей. Расположение уступа и закрепленных на нем ножей шевронное. Длина отрезаемых форматов регулируется изменением числа оборотов ножевых валов. При постоянной скорости картона замедленное движение вращения ножевых валов увеличит длину формата заготовки.

Основным техническим решением изменения формата листов в двухбарабанных механизмах резки является изменение диаметра окружности режущих ножей. Этот способ длительное время не находил применения ввиду сложности переналадки ножей и необходимости их регулировки после каждого изменения формата.

Механизм регулировки сложен, однако преимущества равномерного вращения барабанов делают эту конструкцию перспективной. Режущие ножи устанавливаются на ножевых барабанах по спирали для уменьшения энергии резания, причем на одном барабане спираль левая, на втором – правая. При такой установке точка контакта ножей при повороте барабанов перемещается от одной стороны к другой и разрезание полотна происходит не одновременно по всей ширине, а постепенно, аналогично разрезанию обычными ножницами. Угол подъема спирали ножей обычно составляет 1° , при этом усилие резания существенно снижается. Усилие резания при спиральном расположении ножей определяется по формуле

$$P_{рез} = \frac{q_p \cdot b \cdot \delta}{K \cdot \pi \cdot D}, \quad (3.37)$$

где q_p – удельное усилие резания;

b – ширина полотна;

δ – толщина разрезаемой бумаги (суммарная);

K – отношение длины ножа к шагу спирали;

D – диаметр окружности, описываемой лезвием ножа.

Поскольку при спиральном расположении ножей разрезание полотна происходит не сразу по линии, а в некоторой зоне поворота ножей, то современные двухбарабанные механизмы резки снабжаются

механизмами синхронизации с возможно более растянутой зоной синхронизации в период разрезания (рис. 3.20).

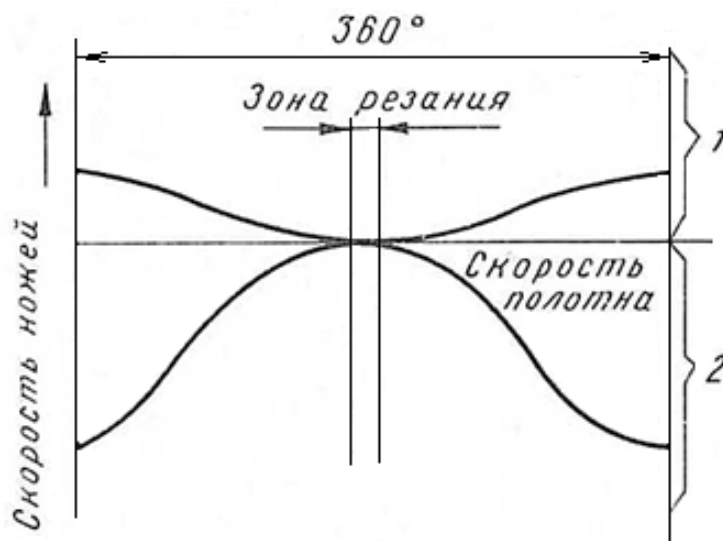


Рис. 3.20. Изменение скорости ножевого барабана при разрезании листов различных форматов: 1 — зона укороченных форматов; 2 — зона удлинённых форматов

Однако для качественного резания необходима синхронизация окружной скорости ножевых валов и линейной скорости картона. В качестве механизма изменения числа оборотов вала в приводное устройство каждой пары ножевых валов встроен кулисный механизм; применяется также и цепной вариатор.

Приемные конвейеры представляют собой наклонные столы с лентами движущихся плоских ремней, скорость которых составляет около половины величины скорости агрегата, благодаря чему листы на столах укладываются внахлестку.

В конце конвейеров установлены выбрасывающие устройства, резиновые валики которых имеют окружную скорость в два раза выше скорости ремней. Валики выбрасывают листы на роликовые конвейеры, удлинённые ролики которых расположены своими образующими вдоль оси агрегата. Выбрасываемые валиками листы картона скользят вдоль роликов до упора форматной каретки, укладываясь в стопы. Каретку устанавливают в соответствии с размерами заданного формата листов. По достижении определенного числа листов в стопе доступ их на роликовый конвейер прекращается включением заслонки, одновременно включается привод роликового конвейера, и стопа транспортируется в сторону для дальнейшей укладки в штабеля на поддоны и перевозки на отлежку.

3.10. Особенности модернизации и эксплуатации гофроделательных агрегатов

Важное значение имеет модернизация парка гофроделательных агрегатов. Она связана с установкой автоматических устройств для замены рулонов бумаги на ходу машины при высоких скоростях, позволяющих склеивать концы рулонов на раскате. Это увеличивает производительность и исключает отходы бумаги при замене рулонов. Для надежной и качественной работы гофрирующей машины необходимо точное регулирование положения гребней к рифленным валам в зависимости от толщины бумаги. В процессе эксплуатации гребни часто бывают отодвинуты от рифлей валов. Это приводит к перерасходу клея и нарушению рифленой поверхности бумаги. В связи с этим при модернизации обычные гребни уместно заменить на автоматические направляющие, самоподгоняющиеся в процессе работы к скорости бумажного полотна и отключающиеся на момент заправки бумаги, затем автоматически устанавливающиеся в оптимальное рабочее положение.

Автоматическому режиму работы и управлению агрегатом должна соответствовать конструкция продольно-резательной рилевочной и поперечно-резательной машин, имеющих ручное управление и с центрального пульта управления с применением ЭВМ. С помощью последней можно управлять технологическим процессом, проверять качество продукции и синхронизировать работы узлов агрегата. Современные производительные агрегаты имеют автоматический листовой выклад. Установка автоматических штабелеукладчиков с дистанционным управлением на гофроделательных агрегатах исключает ручные операции и обеспечивает устойчивость работы всей поточной линии.

Производительность и максимальные скорости гофроделательных агрегатов можно обеспечить только при цилиндрической форме перерабатываемых рулонов бумаги. Сбрасывание рулонов с автомашин или вагонов приводит к их небольшой эллипсности, что создает биение в разматываемых станках и неравномерную подачу полотна к гофрирующим валам. В результате гофры получаются неравномерной формы. Такие рулоны перерабатывают только на малых скоростях. Рулоны требуют аккуратной транспортировки и складирования в помещениях, а не на открытом воздухе, поскольку при последнем условии хранения наружные слои повышенной влажности часто идут в отход.

Срок службы гофрирующих валов определяют по количеству метража переработанной бумаги. Для хромомолибденовых валов он со-

ставляет 9...15 млн м (до 8 месяцев), для таких же валов, но хромированных, срок службы выше 12...20 млн м (до 2 лет). Изношенные валы можно перефрезеровать, но снятие металла с поверхности рифлей ведет к уменьшению диаметра валов, а они с уменьшением диаметра на 3 мм уже не используются для качественного гофрирования. Рифли при перефрезеровании не получают прежними по высоте и выполняются с уменьшенным шагом, увеличивающим коэффициент гофрирования и расход бумаги. С точки зрения эксплуатации вторичная перефрезеровка не дает положительных результатов, и валы целесообразнее заменить новыми.

Срок службы очистных гребней гофрировальной машины 4...5 месяцев. Наличие песка в макулатурной бумаге сокращает срок их службы до 1,5 месяцев. При работе с силикатным клеем последний накапливается в пазах рифленого вала и, застывая при остановке машины, может повредить гребни в момент пуска. Рекомендуется ежедневно в конце смены (или в другое время) тщательно очищать гребни и пазы вала паром из шланга со специальной насадкой. При работе с крахмальным клеем износ гребней значительно меньше. Очистку гофрирующих валов от клея и накипи рекомендуется производить скребками из латуни или бронзы мягких сплавов. Использование стальных скребков или другого инструмента из стали и твердых сплавов категорически запрещается. Чистка плит сушильной части также проводится подобными скребками, но на длинных ручках. Для увеличения срока службы рифленых валов некоторые зарубежные фирмы устанавливают генераторы масляного тумана (работающие от сжатого воздуха) для пульверизации парафиновым маслом малой вязкости. Парафиновое масло наносят на рифленую поверхность обоих валов.

4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛОСКОСЛОЖЕННЫХ ПАКЕТОВ

Технологические автоматы для упаковочных производств имеют большое количество взаимосвязанных исполнительных механизмов. Для описания этого взаимодействия и наглядного представления последовательности работы исполнительных механизмов разрабатывают программу работы машины, которую называют циклограммой. Циклограммы разрабатываются при проектировании технологического процесса упаковки для согласования, технологической совместимости и рационального взаимодействия всех технологических входящих в него исполнительных механизмов. Применяются циклограммы при разработке систем управления, программировании, наладке и эксплуатации оборудования и при составлении различной эксплуатационной документации [15,16].

4.1. Циклограммы работы технологического оборудования

Циклограммы строят в прямоугольной или полярной системе координат. Выбор системы координат зависит от системы управления и кинематической схемы оборудования. Системы управления могут быть:

- чисто механическими – исполнительные механизмы имеют жесткие кинематические связи с программным управлением кулачками главного распределительного вала машины;
- гибкими – исполнительные механизмы имеют индивидуальные приводы, датчики положений и сенсорные устройства для обеспечения контроля за их перемещениями, хода технологического процесса и состоянием внешней среды [15].

Для автоматов с механическим кулачковым командоаппаратом циклограммы можно строить и в полярной, и в прямоугольной системах координат. Для гибких, кинематически сложных машин с ЧПУ, циклограммы строят в прямоугольной системе координат. Такие циклограммы наиболее распространенные и удобные в работе [15].

Расчет и составление циклограммы выполняют в несколько этапов. На *первом* этапе проектирования циклограммы выполняют следующие операции [15]:

- уточняют последовательность переходов в автоматизируемой технологической операции;

- по заданной производительности автоматического оборудования рассчитывают максимально допустимый период полного рабочего цикла $T_{ц}$:

$$T_{ц} = \frac{60n}{Q_{теор}}, \text{ с} \quad (4.1)$$

где n – количество параллельных потоков предметов труда в машине;

$Q_{теор}$ – теоретическая производительность технологического оборудования, шт./мин;

- выбирают тип конструктивной схемы автомата (однопозиционный, многопозиционный карусельный или с линейным транспортом и т. д.). Выбор типа конструктивной схемы аппарата зависит от количества и вида выполняемых переходов и заданной производительности линии.

На *втором* этапе проектирования разрабатывают технологическую циклограмму. При построении циклограммы в прямоугольных координатах строят оси. На оси ординат наносят отрезки, равные количеству выполняемых автоматом переходов и подписывают названия выполняемых переходов. По оси абсцисс:

- для применения кулачковых командоаппаратов откладывают в масштабе углы полного оборота его распределительного вала;

- для автоматов с гибкими микропроцессорными системами ЧПУ в масштабе времени откладывают максимально допустимый период полного рабочего цикла $T_{ц}$ [15].

Затем на диаграмме жирными горизонтальными линиями на соответствующих отрезках оси ординат последовательно наносят периоды (продолжительности) выполнения всех технологических переходов и соединяют эти линии в порядке выполнения автоматом технологической операции. Периоды выполнения переходов назначают таким образом, чтобы в результате по оси абсцисс они не выходили за пределы 360° или максимально допустимого периода полного рабочего цикла $T_{ц}$. Такая циклограмма является предварительным графическим изображением циклограммы работы автомата, поскольку составлена с учетом только структуры машины и выполняемых ею переходов технологической операции.

Третий этап проектирования включает в себя операции:

- разбивку технологических операций на последовательные дей-

ствия, которые выполняются отдельными рабочими органами, содержащими один или несколько исполнительных механизмов;

- установку последовательности и продолжительности движений исполнительных механизмов с учетом последовательности выполняемых переходов и требуемых ограничений на движения механизмов.

К ограничениям относят: предельно допустимые значения скоростей и ускорений некоторых рабочих органов, обусловленные технологическим процессом; закономерности движения тех или иных механизмов (например, кривошипно-коромысловых); ограничения времени на срабатывания отдельных механизмов; требование, чтобы траектории звеньев механизмов одновременно не пересекались, и т. п.;

- разработку предварительной кинематической схемы автомата, определение ориентировочных размеров рабочих органов и величины ходов их исполнительных механизмов, проработку компоновки автомата.

На *четвертом* этапе проектирования разрабатывают циклограмму работы автомата.

Для кулачковых командоаппаратов по оси абсцисс с учетом масштаба откладывают углы полного оборота его распределительного вала. Для автоматов с гибкой микропроцессорной системой ЧПУ в масштабе времени откладывают максимально допустимый период полного рабочего цикла $T_{ц}$.

Далее ось ординат разбивают на отрезки, число которых равно количеству участвующих в работе исполнительных механизмов и других функциональных элементов автомата. Слева от оси ординат на каждом отрезке последовательно приводят названия всех исполнительных механизмов и функциональных элементов автомата, а справа изображают упрощенные графики их действий на протяжении всего рабочего цикла (без точного воспроизведения закона движения и масштаба перемещений) [15]. При этом периоды бездействия (выстоя) механизмов изображают на графике горизонтальными отрезками прямой, а рабочие и холостые (обратные) ходы – наклонными прямыми (или дугами окружности – для механизмов одностороннего прерывистого движения) (рис. 4.1).

Для повышения производительности и надежности технологических машин проводят оптимизацию за счет уплотнения полученных циклограмм.

Наименование перехода	Время, с $T_{\text{ц}} = 4,5 \text{ с}$					
	1	2	3	4	5	
Протяжка в станке гофроагрегата						
Отсекание от соединительного клапана лишней части						
Рилевание линии сгиба						
Шлицевание (прорезание пазов) на линиях рилевания						
Укладка заготовки гофроящика в накопители						
—			$T_{\text{ц}}$			

Рис. 4.1. Технологическая циклограмма рилеочно-просекательного станка

Обычно стремятся максимально совместить движения механизмов (уплотнить циклограмму), по возможности обеспечив их одновременную работу по параллельной схеме действия. В автоматах с централизованным управлением стремятся так распределить относительное время кинематического цикла, равное 360° угла поворота распределительного вала кулачкового командоаппарата, чтобы, облегчая условия работы наиболее нагруженных механизмов за счет менее нагруженных, повысить производительность и надежность работы всего автомата [15]. После уплотнения циклограммы и достижения согласованной работы всех исполнительных механизмов машины переходят к заключительному этапу проектирования.

На *пятом* этапе:

- разрабатывают окончательную кинематическую схему автомата и его компоновку;
- уточняют размеры рабочих органов и величины ходов их исполнительных механизмов, обеспечивающих работу автомата в соответствии с уплотненной циклограммой;
- разрабатывают рабочую конструкторскую документацию, обеспечивающую изготовление данной машины;

– корректируют циклограмму работы с учетом окончательной компоновки автомата, действительных размеров его рабочих органов и величин ходов их исполнительных механизмов.

Правильно построенная циклограмма должна обеспечивать взаимосвязанную работу всех исполнительных механизмов машины в полном соответствии с заданной последовательностью технологических действий, выполнение всех ограничений, накладываемых на движущиеся механизмы машины условиями их работы, а также максимальную производительность.

В качестве примера рассмотрим релейочно-просекательный станок (рис. 4.1). Данный станок имеет производительность обработки заготовок – 800 шт. в ч. По ходу движения гофролиста в станке располагается первая штанц-форма (релейочный вал). Она шире, чем вторая штанц-форма (шлицевальный вал), т. к. оборудована двумя короткими поперечными ножами для отсекаания от соединительного клапана нижней части.

Данный станок имеет станину с плоским рабочим столом, протяжное устройство подачи гофрокартона в штанц-форму. Приводы валов первой и второй штанц-форм имеют одинаковую частоту вращения. В конце плоского рабочего стола установлен съемный накопитель заготовок гофроящиков.

Аналогично технологической циклограмме разрабатывается циклограмма работы станка, где выделяются исполнительные механизмы и функциональные устройства в последовательности переходов по технологической циклограмме.

4.2. Автоматические станки для изготовления плоскосложенных пакетов

Плоскосложенные пакеты чаще всего изготавливают из коробочного картона марки А (ГОСТ 7933–89), картона хром-эрзац, микрогофрокартона, гофрокартона, с различным содержанием слоев. Многослойные комбинированные материалы, включающие в свой состав слои полимера, картона, алюминиевой фольги и т. д., с граммажем от 125 до 150 г/м² также перерабатываются для получения влагостойкой, жесткой упаковки. На картон предварительно наносят печать на печатно-высекальных или релейочно-высекательных машинах. Заготовки (развертки) необходимого размера с нанесенными просечками и соответствующими бигами направляют на автоматические станки.

В настоящее время широко применяется автоматическая модель А5-АКП-2.

Автомат модели А5 АКП-2. Основой автомата является стальная литая станина 1 с закрепленными на ней функциональными устройствами и автоматами. Все движущийся части расположены внутри станины с технологическими отверстиями, снабженными крышками. Автомат работает от электродвигателя 12, снабженного червячным редуктором 14 и управляется оператором с пульта управления (рис. 4.2). Заготовки подаются в агрегат из питателя 27, в котором находится кассета с заданным количеством заготовок. Из кассеты в зазор между питателем и транспортером 26 подается из стопы одна заготовка и передается к устройству предварительного перегиба заготовок 2. Устройство для предварительного перегиба заготовок представляет собой транспортер с установленными сверху рольгангами. Рольганги снабжены роликами с держателями для закрепления ремня 25, удерживающего заготовки во время манипуляций в заданном положении. Транспортер по ходу своего движения оснащен последовательно-действующими механизмами (рис. 4.3.):

в – механизмы, обеспечивающие загиб язычка заготовки по бигу *A* на 180° , а также ролик, который осуществляет прокатку этого фальца;

г – роликовые шины, которые обеспечивают перегиб правой стенки заготовки по бигу *C* на 90° ;

д – механизмы, которые возвращают язычок заготовки в исходное положение после загиба по бигу *A*;

е – роликовые шины, которые обеспечивают перегиб правой стенки заготовки по бигу *C* с 90° на 180° ;

жс – механизмы, которые возвращают правую стенку заготовки в исходное положение после перегиба по бигу *C*;

з – механизмы, которые удерживают заготовку на транспортере, предотвращая ее смещения в процессе выполнения предусмотренных устройством операций.

Механизм для нанесения клея 3 состоит из емкости с клеем, которая помещена в горячую водяную баню для подогрева клея, которая подогревается электронагревателями.

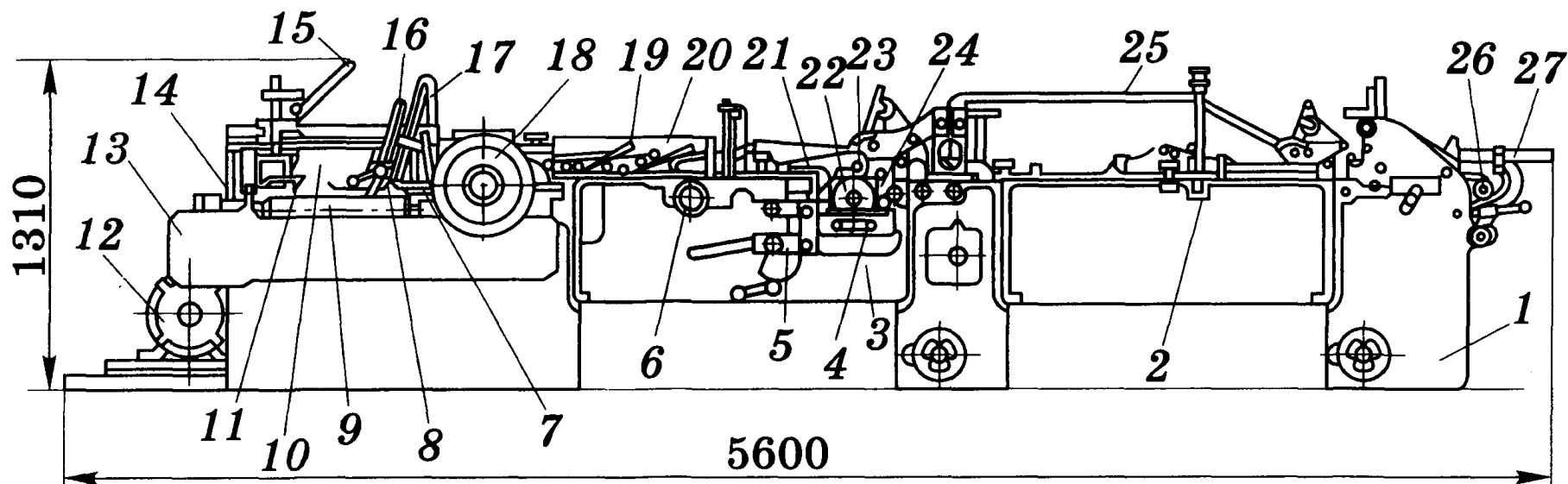


Рис. 4.2. Общий вид автомата модели А5-АКП-2

для изготовления плоскосложенных корпусов пакетов [15]:

- 1 – станина; 2 – устройство предварительного перегиба заготовок; 3 – устройства для нанесения клея; 4 – водяная баня; 5 – храповый сектор; 6 – маховик вариатора; 7 – нижний ременной укладчик; 8 – блокирующий механизм; 9 – ведомый барабан; 10 – ведущий барабан; 11 – ограничитель подаваемых пакетов; 12 – электродвигатель; 13 – выводящий транспортер; 14 – червячный редуктор; 15 – зеркало; 16 – щетка; 17 – верхний ременной укладчик; 18 – устройство прокатывания и выдачи плоскосложенных пакетов; 19 – рольганг; 20 – устройство формирования плоскосложенных пакетов; 21 – упорный винт; 22 – клеенаносящий диск; 23 – нажимной ролик; 24 – скребок; 25 – бесконечный ремень; 26 – непрерывно движущийся транспортер; 27 – питатель

В емкость с клеем погружается вращающийся от электродвигателя клеенаносящий диск 22. Клеенаносящий диск относительно емкости с клеем может перемещаться вверх и вниз с помощью храповика 5. Над клеенаносящим диском располагается закрепленный на кронштейне нажимной ролик 23. С помощью упорного винта 21, вмонтированного в кронштейн, регулируется расстояние между нажимным роликом и клеенаносящим диском. Излишки нанесенного клея снимаются с диска скребком 24.

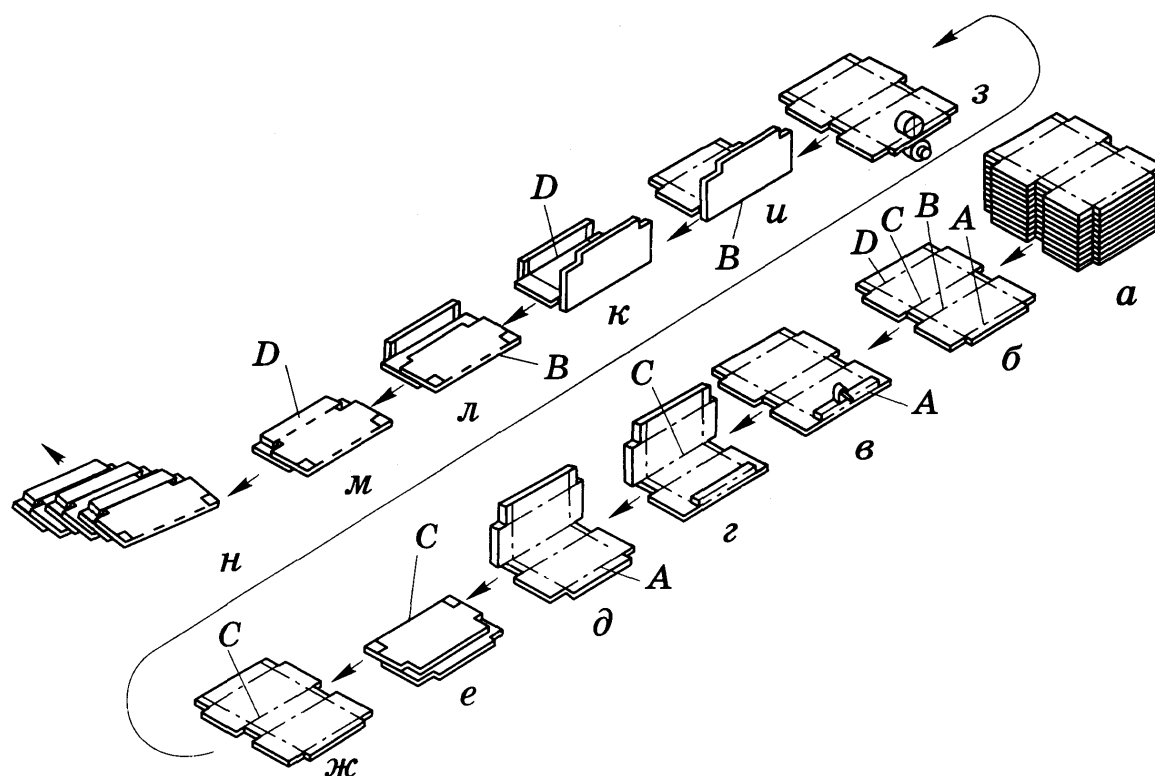


Рис. 4.3. Функциональная схема автомата модели А5-АКП-2

Клеенаносящий диск наносит полосы клея на язычки заготовок, которые непрерывным потоком перемещаются по транспортеру, а затем профильные направляющие загибают левую стенку заготовок по бигу *В* на 90° . Далее заготовки переходят в устройство формирования плоскосложенных пакетов 20.

Устройство 20 формирования плоскосложенных пакетов содержит установленные над операционным транспортером рольганги 19 и последовательно расположенные вдоль транспортера функциональные механизмы:

- роликовые шины, загибающие правую стенку заготовки по бигу *Д* на 90° ;
- ременные сгибатели, обеспечивающие загибание левой стенки заготовки по бигу *В* с 90° на 180° ;

– ременные сгибатели, обеспечивающие загибание правой стенки заготовки по бигу D с 90° на 180° с образованием между ней и язычком клеевого соединения [15].

Механизм для прокатывания и выдачи полоскособложенных пакетов 18 имеет станину, на которой закреплены устройства с верхними и нижними прокатными валиками и ролики. Валики и ролики обжимают клеевой шов, прокатывают линии перегиба заготовки пакета. Далее передача плоскособложенных пакетов на выводящий транспортер 13 происходит с применением щетки 16, верхнего 17 и нижнего 7 ременных укладчиков.

Готовые плоскособложенные пакеты с выводящего транспортера 13 передаются на приемный стол, который состоит из нижнего и верхнего параллельных ленточных транспортеров, расположенных перпендикулярно к движению операционного транспортера. На прикрепленной к станине раме нижнего транспортера находятся связанный с червячным редуктором 14 (см. рис. 4.2) ведущий барабан 9, ведомый барабан, натяжные ролики и охватывающая их бесконечная транспортирующая лента. Также к этой раме крепится приемный стол и рама верхнего транспортера, на которой расположен его ведущий барабан 10, ведомый барабан, поддерживающие и нажимные ролики, охватываемые бесконечной транспортирующей лентой. Кроме того, на раме верхнего транспортера крепятся ограничитель 11 подаваемых пакетов, блокирующий механизм 8, который отключает автомат при образовании затора из поступающих пакетов, а также зеркало 15, обеспечивающее визуальное наблюдение за процессом укладки плоскособложенных пакетов между смежными синхронно движущимися ветвями лент нижнего и верхнего выводящих транспортеров [15].

Привод автомата содержит электродвигатель 12, соединенный через вариатор с главным приводным валом системы передачи движений и обеспечивающий через клиноременные, зубчатые, цепные и другие передаточные механизмы взаимосвязанную работу всех функциональных устройств. Вращением маховика 6 вариатора можно плавно изменять скорость движения тяговых органов операционных транспортеров автомата в пределах от 40 до 2000 м/мин и соответственно регулировать его производительность.

Перед началом работы стопа флатовых заготовок (разверток) вручную укладывается в кассету питателя 27, а в процессе работы автомата периодически пополняется. Превращение этих заготовок в плоскособложенные и продольно склеенные пакеты происходит при их

непрерывном поштучном перемещении через последовательно расположенные исполнительные механизмы автомата. При этом из стопы (рис. 4.1, *а*) в питателе 27 нижние заготовки поочередно выносятся непрерывно движущимся транспортером 26 и поштучно передаются в операционный транспортер (рис. 4.3, *б*), последовательно перемещающий их через следующие функциональные устройства автомата:

- направляющие, которые загибают язычок заготовки по бигу *A* на 180° , а также ролик, прокатывающий этот фальц (рис. 4.3, *в*);
- роликовые шины, обеспечивающие перегибание правой стенки заготовки по бигу *C* на 90° (рис. 4.3, *г*);
- направляющие, которые обеспечивают отгибание язычка заготовки по бигу *A* в исходное положение (рис. 4.3, *д*);
- роликовые шины, обеспечивающие перегибание правой стенки заготовки по бигу *C* с 90° на 180° (рис. 4.3, *е*);
- направляющие, которые обеспечивают отгибание правой стенки заготовки по бигу *C* в исходное положение (рис. 4.3, *ж*);
- клеенаносящий диск 22, накатывающий полосы клея на язычки заготовок (рис. 4.3, *з*);
- профильные направляющие, которые обеспечивают загибание левой стенки заготовки по бигу *B* на 90° (рис. 4.3, *и*);
- роликовые шины, загибающие правую стенку заготовки по бигу *D* на 90° (рис. 4.3, *к*);
- ременные сгибатели, обеспечивающие загибание левой стенки заготовки по бигу *B* с 90° на 180° (рис. 4.3, *л*);
- ременные сгибатели, обеспечивающие загибание правой стенки заготовки по бигу *D* с 90° на 180° (рис. 4.3, *м*) с образованием между ней и язычком левой стенки клеевого соединения;
- нижние и верхние прокатные валки и ролики устройства 18, обеспечивающие обжатие клеевого шва и линий перегиба корпуса пакета.

Далее готовые плоскосложенные пакеты захватываются нижним 7 и верхним 17 ременными укладчиками устройства 18 и поштучно передаются в комбинированный выводящий транспортер 13, который принимает готовые пакеты и с одновременным обжатием клеевого шва выводит их из автомата на приемный стол (рис. 4.3, *н*). Готовые плоскосложенные пакеты оператор забирает со стола и стопами укладывает в транспортную тару.

Техническая характеристика автомата модели А5-АКП-2 [15]

Производительность, шт/мин,.....	до 580
Длина заготовки пакета, мм,.....	80...450
Ширина пакета, склеенного по продольному шву, мм,.....	40...250
Мощность электродвигателя, кВт,	7,5
Габаритные размеры, мм,.....	5600 × 3860 × 1310
Масса, кг,.....	3100
Количество обслуживающего персонала, чел.,.....	2

При упаковывании продукции из таких плоскосложенных пакетов на фасовочно-упаковочных автоматах сначала формируется полужесткая тара путем раскрытия корпуса, а также складывания по нанесенным бигам и склеивания дна. После этого в них фасуется упаковываемая продукция, а затем пакеты укупориваются и выводятся из автоматов на приемную позицию для формирования групповой упаковки [16].

При транспортировке и складировании групповой упаковки во избежание ее разрушения необходимо учитывать следующие факторы [16]:

- выбор геометрических размеров, формы и вида гофрокартона проводится в соответствии с нормативами на конкретный вид продукции (ГОСТ, ОСТ и т. п.). Марка гофрокартона выбирается исходя из веса нетто, высоты штабеля и геометрических размеров;

- отдел маркетинга устанавливает максимально и минимально возможные размеры тары и упаковки в соответствии с потребительским (рыночным) спросом и экономической целесообразностью;

- расчет демпферного объема – внутри заполненного гофроящика не должно быть необоснованно больших пустот, приводящих к перемещению товара, возникновению неравномерного распределения нагрузок, деформации и разрушению гофроящиков при штабелировании;

- при формировании паллеты необходимо, чтобы гофроящики не выходили за пределы паллеты и между гофроящиками не было пустых пространств. Во избежание внешних воздействий от атмосферных осадков рекомендуется внешняя упаковка паллеты в стрейч-пленку с прокладками из гофрокартона. Это придаст штабелю дополнительную прочность и устойчивость.

При хранении паллет с гофроящиками на складе следует следить за влажностью воздуха на складе. С увеличением относительной влажности воздуха увеличивается влажность гофрокартона и снижаются его прочностные свойства. Повышение влажности картона с 8...9 % до 13...14 % приводит к снижению сопротивления торцевому сжатию до 50 %, а при 18...20 % ящики практически теряют свои прочностные свойства и становятся непригодными для использования [17].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. 2. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. СПб. : Политехника, 2006. 499 с.
2. Гурьев А. В., Комаров В. И., Белоглазов В. И. Анизотропия деформативности и прочности тарного картона и методы ее оценки / под общ. ред. В. И. Комарова. Архангельск : Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2005. 252 с.
3. ОК 005-93. Общероссийский классификатор продукции. М. : Изд-во стандартов, 1994. С. 33–42.
4. Пиннингтон Т. Гофроиндустрия. В поисках совершенства / под общ. ред. М. Брантона. Киев : Издательский дом «ТМТ Медиа Групп», 2014. 493 с.
5. Лавров И. В. Совершенствование технологии бумаги для гофрирования на основе композиции первичных и вторичных волокон : диссертация ... канд. техн. наук / Лавров Игорь Валентинович. Архангельск, 2012. 139 с.
6. Дулькин Д. А., Спиридонов В. А., Комаров В. И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск : Изд-во Архангельский гос. техн. ун-та, 2007. 1118 с.
7. Дьякова Е. В., Дулькин Д. А., Комаров В. И. Переработка макулатуры. Архангельск : Архангельский гос. техн. ун-т, 2009. 172 с.
8. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. 2. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. СПб. : Политехника, 2005. 423 с.
9. Ефремов Н. Ф., Васильев А. И., Хмелевский Г. К. Проектирование упаковочных производств. Ч. 1. Упаковки из гофрокартона. М. : МГУП, 2004. 394 с.
10. Ефремов Н. Ф., Чуркин А. В., Лемешко Т. В. Конструирование и дизайн упаковки. М. : Изд-во МГУП, 2004. 424 с.
11. Ильин В. Я. Машины и оборудование для переработки бумаги и картона. М. : Лесн. пром-сть. 1988. 200 с.
12. Фляте Д. М. Технология бумаги. М. : Лесная пром-сть, 1988. 440 с.
13. Бушмелев В. А., Вольман Н. С. Процессы и аппараты целлюлозно-бумажного производства. Изд. 3-е, испр. и доп. М. : Лесн. пром-сть, 1974. 352 с.

14. Смирнов Ю. Н., Фейгин В. Б., Чичаев В. А. Оборудование для отделки и резки бумаги. М. : Лесн. пром-сть, 1985. 200 с.

15. Шипинский В. Г. Оборудование для производства тары и упаковки. Минск : Новое знание, 2012. 624 с.

16. Все, что Вы хотели знать про упаковку Вашей продукции // Пакет : [электронный журнал]. URL: https://kursiv.ru/paket/issues/p_iss16.html (дата обращения: 14.11.2024).

17. Технология гофрокартона / А. С. Смолин, В. К. Дубовый, В. И. Комаров [и др.]. СПб. : Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. 409 с.

Для заметок

Учебное издание

Вураско Алеся Валерьевна
Сиваков Валерий Павлович

ГОФРОАГРЕГАТЫ И ГОФРОТАРА



Редактор З. Р. Картавцева

Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать 01.08.2025. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Цифровая печать.

Уч.-изд. л. 8,3. Усл. печ. л. 8,14.

Тираж 300 экз. (1-й завод 26 экз.).

Заказ № 8144

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Редакционно-издательский отдел.

Тел. 8(343)221–21–44.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ».

620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.

Тел. 8(343)362–91–16.