

**Міністерство освіти і науки України  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича**

**Видавничо-поліграфічні  
матеріали  
Ч1. Папір та картон  
Навчальний посібник**

**Солтис І.В., Дуболазов О.В.**

**Чернівці**

**2021**

**УДК 655.2**

**Друкується за ухвалою Ученої ради  
Чернівецького національного університету  
імені Юрія Федьковича  
(протокол № 12 від 01.12.2021 року)**

**Рецензенти:**

**Роїк Т.А.**, професор, доктор техн. наук, професор кафедри технології поліграфічного виробництва Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

**Зацерковна Р.С.** кандидат техн. наук, доцент кафедри поліграфічних медійних технологій і паковань Української академії друкарства

В Видавничо-поліграфічні матеріали Ч1. Друкарський папір та картон / автори.: І.В. Солтис, О.В. Дуболазов, Чернівці: Чернівецький нац. ун-тет, 2021, с. 347

Навчальний посібник призначений для одержання студентами знань про основні поліграфічні матеріали, методи їх виготовлення, різноманіття властивостей та класифікаційних ознак, а також способи досягнення необхідних характеристик, згідно умов технологічних задач. Навчальний посібник призначений для студентів вищих закладів освіти за спеціальністю 186 Видавництво та поліграфія.

УДК 655.2

Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича, 2021

## РЕФЕРАТ

Навчальний посібник призначений для одержання студентами знань про номенклатуру основних поліграфічних матеріалів, про послідовність етапів та способи їх виготовлення, різноманіття властивостей та класифікаційних ознак, а також способи досягнення необхідних характеристик, згідно умов технологічних задач.

Ключові слова: поліграфічний папір, картон, основні властивості друкарських матеріалів, технологічна схема виготовлення паперу.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
Розділ 1. ДРУКАРСЬКИЙ ПАПІР .....	11
1.1. Історія виникнення паперу та його попередники ...	11
1.2 Структурна будова та технологія виробництва паперу.....	34
1.2.1 Структурна будова паперу та основні волокнисті папероутворюючі матеріали .....	34
1.2.2. Одержання деревної волокнистої сировини .....	60
1.2.3. Технологічний процес виготовлення паперу .....	70
1.2.3.1 Розмел .....	74
1.2.3.2. Наповнення паперу .....	92
1.2.3.3 Проклеювання паперу .....	111
1.2.3.4 Фарбування паперу .....	127
1.2.3.5 Відливання та оброблювання паперу .....	141
1.2.3.5.1 Відливання паперу .....	142
1.2.3.5.2. Оброблювання паперу .....	148
1.3 Основні властивості паперу .....	166
1.3.1 Структурно-розмірні властивості .....	166
1.3.2 Механічні властивості .....	177
1.3.3 Сорбційні властивості .....	187
1.3.4 Оптичні властивості .....	192
1.3.5. Друкарські властивості .....	205

1.4. Класифікація та формати паперу .....	219
1.4.1. Стандартизовані формати паперу .....	219
1.4.2. Класифікація друкарського паперу .....	242
1.4.3 Деякі спеціальні види паперу .....	272
1.4.3.1 Металізований папір .....	272
1.4.3.2 Магнітний папір .....	273
1.4.3.3 Синтетичний папір .....	277
1.4.3.4 Папір з водяними знаками .....	295
1.4.3.5 Папір для виготовлення цінних паперів .....	299
1.4.3.6 Електронний папір .....	303
Розділ 2. СТРУКТУРНА БУДОВА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ .....	308
2.1 Структурна будова картону .....	308
2.1.1 Структурна будова та склад картону.....	309
2.1.2 Технологія виробництва картону .....	315
2.2. Основні властивості картону .....	324
2.3. Класифікація картону.....	329
СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	347

## ВСТУП

У сучасній поліграфічній промисловості використовуються матеріали, номенклатура яких сягає понад кілька тисяч видів. В залежності від матеріалоємності того чи іншого виду поліграфічної продукції їх вартість складає у різних випадках від 40 до 70 відсотків вартості усіх виробничих витрат.

На виробництві матеріали поділяють на дві великих групи: *основні та допоміжні*.

Визначальною рисою *основних* матеріалів є те, що вони входять до складу готової продукції та визначають її споживчі властивості. Їх умовно можна поділити на три групи:

- матеріали для задрукування (папір, картон, метали, скло, пластмаси та інше);
- матеріали для виготовлення зображень (фарби, поліграфічна фольга);
- матеріали для фінішних робіт (палітурні, оздоблювальні, лаки, нитки, клеї, плівки для припресування тощо).

До *допоміжних* матеріалів відносять такі, що призначені для супроводу технологічних процесів та

пакування готової продукції (фототехнічні плівки, друкарські форми, матеріали для фарбових валиків, декельні матеріали, зволожуючі розчини, різноманітні хімікати, змащувальні матеріали, різного роду плівки, пакувальні матеріали тощо).

Перелік деяких основних і допоміжних матеріалів наведено в таблиці.

**Перелік матеріалів, що використовують при виготовленні видань**

<b>Матеріали</b>	<b>Призначення</b>	<b>Категорія матеріалів</b>
Папір для друкування	Створення зображення	Основні
Фарби друкарські		
Нитки	Скріплення книжного блоку	»
Марля поліграфічна		
Клеї		
Каптал	Скріплення книги, її	»
Картон		

Папір для переплетіння	художнє оформлення	
Тканини для переплетінь		
Лаки		
Плівки для припресування		
Формні матеріали	Забезпечення друкарських процесів	Допоміжні, специфічні для поліграфії
Декельні матеріали		
Гумотканинні матеріали		
Матеріали для фарбових валиків		
Хімікати	Виготовлення форм	Допоміжні загального призначення
Фотоматеріали		
Матеріали: - змашувальні - обтирочні - пакувальні	Забезпечення технологічних процесів	Те ж саме



Основним питанням поліграфічного матеріалознавства є вивчення не тільки фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалів у залежності від їх складу та структури, але й специфічних властивостей, які визначають можливість їх застосування саме в друкарській справі.

Поліграфічні матеріали, як об'єкти виробничого процесу, володіють комплексом технологічних та споживчих властивостей. Зв'язок між останніми й фізико-хімічними та фізико-механічними властивостями матеріалів може бути простим чи складним. Наприклад міцність паперу на розривання є фізико-механічною властивістю але разом з тим одночасно й технологічною та споживчою властивістю. А така властивість фарби як липкість є технологічною властивістю, що характеризує прилипання та опір розкочуванню фарби, але липкість не можна напряму зв'язати з в'язкістю фарби - фізико-механічною властивістю.

Головним питанням поліграфічного матеріалознавства є вивчення, з одного боку, взаємозв'язку між фізичними, хімічними властивостями матеріалів та їх структурою та будовою. З іншого боку не менш важливим є дослідження залежності технологічних

та споживчих властивостей від фізичних, хімічних властивостей матеріалів.

## Розділ 1. ДРУКАРСЬКИЙ ПАПІР

### 1.1. Історія виникнення паперу та його попередники

Дотепер точно невідомо, коли винайдений папір. Безсумнівно, що початок варто шукати в Китаї, де, за китайською легендою, в 105 році нашої ери Цай-Лунь, рекомендував своїм співгромадянам застосовувати для писання папір "ши", виготовлений з волокон деревини "паперового деревця" (**Brussonetia papyrifera**). До цього часу китайці вживали, як матеріал для писання, камінь, кості й пластинки, вирізані із серцевини бамбука.

Друге досить цікаве питання пов'язане з походженням в слов'янській мові слів «папір» та «бумага». Багато зусиль витратили вчені, щоб пояснити його джерело. Можливо, що його першооснова грецьке **bambagia** (бавовняний папір). З іншого боку, у Китаї папір виробляли з молодих пагонів бамбука, тому можливо, що назва паперу має корінь у старій назві бамбука, а європейська назва паперу (франц. і нім. **Papier**, англ. **Paper**) явно походить від назви папірусу.

Але спочатку поговоримо детальніше, що являли собою попередники паперу.

Самі древні письмена дійшли до нас у вигляді написів, вибитих на **камені** (рис.1.1). На камені вибивалися письмена релігійного змісту, державні укази, тексти культового призначення. Але камінь як носій інформації й зубило як інструмент для писання у застосуванні вкрай незручні. Тому пізніше люди стали писати на тій матеріалі, що легше знайти або виготовити. Одним з перших доступних матеріалів стала використовуватися глина.



Рис.1.1 – Ілюстрація наскельних малюнків

**Глиняна табличка** - найдавніший письмовий інструмент (рис.1.2), деякі з них археологи датують 5500 роком до н.е. (наприклад, Тертерійські таблички, що мають написи у вигляді піктограм із зображенням рогатої худоби, гілок дерев і ряд абстрактних символів). У руїнах древнього Вавілона знайшли глиняну табличку. На ній клинописними знаками було написано: «Я голодую,

надішли мені пшениці й кунжуту». Цій табличці біля чотирьох тисяч років.

Однак більш широкую популярність мають глиняні таблички з Месопотамії, самі древні з яких датуються 2000 роком до н.е.

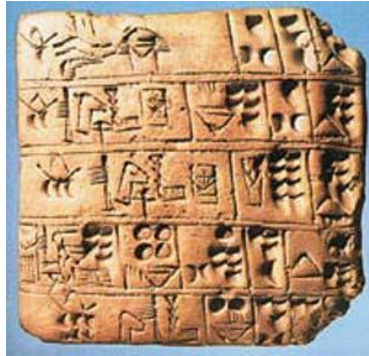


Рис.1.2 – Глиняна табличка

Для виготовлення табличок (таблеток, як їх називають вчені) використовували глину високої якості. Її довго місили, робили брикети розміром 32х32 см, а товщиною 2,5 см. Коли таблетка була готова, переписувач брав гостру паличку й писав по сирій глині. Паличку він тримав похило, натиски на глину робив злегка. Кут палички залишав відповідний слід, риску, що дуже нагадувала клин. Звідси з'явилася назва такого листа - *клинопис*. Потім таблетку обпалювали, і вона ставала довговічною.

Шумери, вавілонці, асирійці, народи Близького Сходу й представники крито-мінойської цивілізації створювали свої архіви переважно на висушених глиняних табличках.

Глиняні таблички використовували і для листування. Переписувач брав сиру дощечку із гладкою поверхнею й паличкою видавлював на ній текст. Потім дощечку сушили на сонці або обпалювали в печі. Після цього її обмазували шаром глини й на ньому писали ім'я адресата. При отриманні листа відбувався повторний випал. Від виділення пари внутрішня табличка відклеювалася від «конверта» і виявлялася укладеною в ньому, як ядро горіха в шкарлупі. Глиняні дощечки були тендітними, важкими, і люди стали шукати інший матеріал.

Пізніше єгиптяни, греки й римляне використовували для листа й **металеві пластини**. Стародавні греки, наприклад, на невеликих пластинках зі свинцю писали листа, а щоб відлякувати злих духів, у могилу померлій людині клали пластинку із заклинаннями або магічними формулами. У Римі закони й постанови сенату гравірувалися на бронзових пластинах і виставлялися на загальний огляд на Форумі.

Ветерани римської армії при виході у відставку одержували документ про привілеї, написаний на двох бронзових пластинах. Однак виробництво металевих пластин займало багато часу й вимагало більших витрат, тому вони використовувалися в особливих випадках і були доступні тільки вищому світу.

Більше доступний матеріал для письма був придуманий у Древньому Римі. Це були спеціальні **воскові таблички** (рис.1.3), якими людство користувалося більше 1500 років. Сама древня воскова табличка була знайдена в Етрурії й ставиться до VII століття до Р.Х.



Рис.1.3 – Воскова табличка

Воскова табличка мала деякі переваги перед глиняними. Табличка робилася із самшиту, бука або слонової кістки

й злегка видовбувалася на зразок блюдечка. У поглиблення наливали розтоплений віск, пофарбований у темний колір. Віск швидко застигав, і тоді переписувач наносив на нього знаки. Такий лист після прочитання можна було стерти й на тім же воску написати відповідь. У цей час з'явився пишучий інструмент – *стилус* (stylus). Він являв собою вузьку паличку з кістки, міді, срібла довжиною в 4-5 вказівних пальців із загостреним одним кінцем і сплюсненим - іншим. Гострим кінцем - писали, а плоским - стирали помилки або непотрібний більше текст.

Але воскова табличка страждала й дуже істотним недоліком: вона не могла гарантувати тривале збереження тексту. Однак прожила вона досить довго. Навіть в XII столітті в Парижі ще працювала фабрика, що виготовляла такі дощечки.

У греків воскова табличка називалася "дельтион" або "дельта", через їхню трапецієподібну форму. Часто краї табличок просвердлювалися, а в отвори просмикували шнурки, ремінці або кільця, утворюючи так звані *поліптихи*, причому дві дощечки називалися *диптихом*, а три - *триптихом*. У римлян кілька з'єднаних табличок стали називатися *кодексом*.



На Русі письмо на покритих воском дощечках (*церах*) було поширено у Великому Новгороді. Їх використовували для навчання письму й чорновим записам. Текст на них вироблявся аналогічним стилусу письмовим інструментом за назвою *писало*.

На чому тільки не писали древні народи!

Древні германці писали на дерев'яних дощечках (рис.1.4), найчастіше букових (*Buchenholz*), звідки й походять слова "book" (в англійській мові) і "Buch" (у німецькій). Знаки на дощечках продряпувалися (*Writan*), звідки й походять німецьке слово "ritzen", дряпати, і англійське слово "write", писати.



Рис.1.4 – Дерев'яна табличка германців

Багато народів писали на тому, що «було під рукою» і у великій кількості. У Древній Індії писали на камені й листах пальми. Листи пальми висушували й нарізали довгими, вузькими пластинами. Напис наносили тушшю. Якщо для напису використовували більше одного листа, то всі написані аркуші з'єднували мотузкою, кінці якої прикріплювалися до добре обструганих дерев'яних дощечок (рис.1.5). Пальмові аркуші перебували між двома дощечками, як книга в плетінні. Іноді поверхня дощечок покривали тонкими срібними пластинами з візерунковим різьбленням.



Рис.1.5 – Дерев'яні дощечки древньої Індії

У Древньому Китаї як тверді матеріали використовували кості тварин і черепашчі щитки (рис.1.6). Китайські переписувачі пристосувалися писати також на дерев'яних і бамбукових планках і дощечках. Робили написи лаком, за допомогою шпички. В III

столітті до н.е. як матеріал для листа вони стали використовувати шовк. Зобразити на шовку що-небудь гострою паличкою незручно, і довелося винайти волосяний пензлик, а лак замінити тушшю. Шовк був досить дорогим матеріалом, тому користуватися ним могли тільки дуже багаті люди.

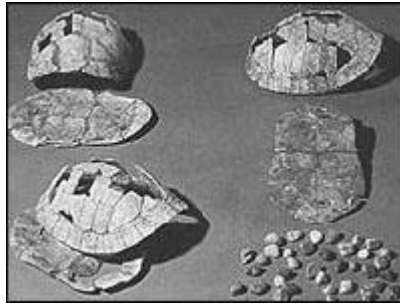


Рис.1.6 – Тварин і черепащачі щитки, які використовувались для писання

Широко використовували для письма й кору дерев. Найбільшого використання напевне отримала кора берези – **берест** (рис.1.7). Можливість використання бересту як матеріалу для письма була відома багатьом народам. Античні історики Діон Кассій і Геродіан згадували записні книжки, виготовлені з бересту. Американські індіанці долини ріки Коннектикут називали дерева, що росли в їхній землі «паперовими

березами». Береста була одним з головних писальних матеріалів в Індії до появи паперу. Цей матеріал практично не вимагав попередньої обробки. Бересту тільки обрізали, підрівнюючи край, і писали на внутрішній, більш гладкій поверхні загостреною кістяною паличкою. Потім напис протирали сажею, вугіллям або листами рослин, сік яких окислювався й темнів.



Рис.1.7 – Берестові носії для письма

Ймовірно, берестяна писемність існувала повсюди на Русі та в Новгороді, але не скрізь місцевий ґрунт сприяв консервації берести. Про поширеність берестяних грамот свідчать численні знахідки писал у різних містах, у тому числі в Києві.

Ще одним видатним попередником паперу був **папірус** (рис.1.8). Виготовлення папірусу виникло в древньому Єгипті приблизно близько 3,5 тисяч років до нашої ери. Його готовили з очеретяної рослини, що виростає в низов'ях Нілу. Ця рослина має пряме тригранне стебло висотою до 5 метрів. Для приготування матеріалу для листа використовували тільки нижня частина стебла довжиною близько 60 сантиметрів. Гострим лезом стебло розрізали на смужки, витримували у воді, прокатували дерев'яною качалкою на дошці та склеювали в листи. Перпендикулярно одному наклеювали другий шар таких самих склеєних смужок. Для склеювання використовували крохмаль. Одержані листки били дерев'яними молотками, ложили каменем та висушували. Листки які висохли склеювали в смуги і отримували згортки папірусу придатного для письма. Для писання на папірусі застосовували *калам* — вичинену певним чином паличку з очерету.



Рис.1.8 – Папірус

Виробництво папірусу в Єгипті розквітало протягом ряду віків, причому виготовлялось багато різних видів від тоненьких листків до грубих обгорток. Приблизно у V ст.. виробництво папірусу починає різко скорочуватись, тому що з'явився пергамент, а з X ст. папірус втратив всяке промислове значення. Зараз папірус виготовляється в Єгипті в невеликій кількості, тільки для любителів раритету та колекціонерів.

В II ст. до нашої ери в Малій Азії було організовано виробництво гарного матеріалу для писання – **пергамен** (або **пергамент**) (рис.1.9). Назву цей матеріал одержав за місцем первісного виробництва — Пергамського царства. З його винаходом зв'язана легенда. Древній історик Пліній розповідає, що пергамен був винайдений у Малій Азії внаслідок того, що єгипетський цар

Птолемей, боячись конкуренції бібліотеки міста Пергама зі своєю Олександрійською бібліотекою, спеціальним указом заборонив вивозити з Єгипту й продавати папірус. До цього моменту папірус був найпоширенішим писальним матеріалом на всім Середземномор'ї. Тоді в Пергамі й був винайдений пергамен для створення бібліотеки.

Виробництво пергамену - дуже трудомісткий процес. Його виробляли зі шкір телят, ягнят і цапенят. Шкіри натягали на спеціальні рамки й ретельно очищали від залишків вовни й м'яса. Потім шкіри вимочувалися у вапні або золі, натиралися пемзою й крейдою для гладкості, просушувалися й ще раз натиралися й розгладжувалися дерев'яними брусками. Незважаючи на дороге виробництво, на відміну від папірису пергамент мав багато переваг: він більше гнучкий і не ламкий на згинах, на ньому можна було писати з двох сторін.



Рис.1.9 – Письмо на пергаменті

У період 600-1800 років нашої ери здешевлення й поширення пергаменту привело до того, що потрібен був загальнодоступний пишучий інструмент. Європейці (у першу чергу іспанці) виявили, що при використанні певним чином заточеного гусячого пера для письма по пергаменті, можна збільшити швидкість написання текстів. Але підготувати його для листа дуже важко. Навесні в сильного молодого гусака треба вирвати одне з п'яти зовнішніх пір'їн, причому обов'язково з лівого крила (якщо взяти перо із правого крила, то при писанні буде загороджуватися написане). Потім перо треба обпалити в гарячому піску, щоб воно стало сухим і твердим. Потім загострити кінчик ножем. Завдяки застосуванню гусячого пера, змінився й стиль листа – з'явилися прописні букви, почерк і нахил. Так 14 століть



тому назад, були придумані прописні букви. До цього при письмі використовували тільки заголовні букви. Гусяче пір'я проіснували рекордно тривалий час – до кінця 18 століття. Вони ж дали назву складному ножу, яким поправляли пір'я. Ніж назвали перочинним. Уміння користуватися перочинними ножами, було свого роду мистецтвом й передавалося від вчителя до учня.

В Росії пергамент почали виготовляти в XV ст., до цього купували за кордоном. На пергаменті написані державні грамоти, закони, цінні книги, а в 1036р. було написано Зведення законів Древнього Новгороду «Русская правда» і багато інших пам'яток давньоруської культури.

І нарешті про виникнення паперу.

Вважається, що папір винайшли в Китаї в II в. до н.е., а вже в 76 році його застосовували для виготовлення книг (рис.1.10). Китайські літописи повідомляють, що папір був винайдений у 105 році н. е. Цай Лунем. Папір відноситься до чотирьох найбільш знакових китайських винаходів на ряду з компасом, порохом та книгодрукарством. Однак в 1957 році у печері Баоця північної провінції Китаю Шаньсі виявлено гробницю, де були знайдені обривки аркушів паперу. Дослідження

встановили, що вони були виготовлені в II столітті до нашої ери.



Рис.1.10 – Перші зразки паперу

До Цай Луня папір у Китаї робили з пеньки, а ще раніше із шовку, який виготовляли із бракованих коконів шовкопряда.

Заслуга Цай-Луня в тому, що він як освічена людина вказав і вдосконалив вже відомий в Китаї спосіб виготовлення паперу і вперше відкрив основний технологічний принцип виробництва паперу – утворення листового матеріалу з окремих волокон шляхом їх зневоднення на сітці з попередньо сильно розбавленої волокнистої суспензії. Він не тільки відкрив новий принцип, але і ввів для цього нові знаряддя виробництва - ступку з товкачиком ( замість плоских каменів ) і сито

– сігчасту форму, тобто застосував для виробництва паперу дуже поширені предмети хатнього начиння.

Метод Цай-Луня дозволив використати для виробництва паперу будь – яку рослинну сировину та відходи: луб`яні волокна тутового дерева та верби, пагони бамбуку, соломку, траву, мох, водорості, будь-які ганчірки, конопляні пачоси, паклю.

Волокна вимочували у воді і товкли в ступі. Відлив листка здійснювався за допомогою черпальної форми обтягнутої знизу шовковою або джгутовою тканиною. Тонкі папери робилися разовим зачерпуванням маси на форму, а товсті - багаторазовим.

Відлитому листку паперу давали трохи підсохнути на формі, а потім його знімали і розкладали для сушіння на сонці на дерев`яному, гладко полірованому помості. Дякуючи простоті виробництва, різноманітності сировинних матеріалів і дешевизні ручної праці папір у Китаї виготовлявся самого різноманітного призначення. Він використовувався не лише для письма, але і для парасольок, квітів, серветок, рушників.

Після винаходу Цай Луня, процес виробництва паперу став швидко вдосконалюватися. Стали додавати

для підвищення міцності крохмаль, клей, природні барвники тощо.

Спосіб виготовлення паперу китайці зберігали в найсуворішій таємниці. На початку VI століття спосіб виготовлення паперу стає відомим у Кореї і Японії. В VI-VIII століттях виробництво паперу здійснювалося в Середній Азії, Кореї, Японії і інших країнах Азії. Першим центром розвитку паперового виробництва на Близькому Сході було місто Самарканд. Це виробництво почало розвиватися в середині 8 століття, після того як в 751 році у вирішальному бою араби перемогли китайців і від полонених майстрів перейняли досвід виробництва паперу й незабаром його вдосконалили.

У Європу мистецтво виробництва паперу перейшло від арабів в XI-XII століттях спочатку в Іспанію, Італію, Францію, а пізніше й в інші країни, де незабаром замінив тваринний пергамент. Першою в Європі (близько 1150 р.) почала робити папір Іспанія. В 1154 році папір з'явився в Італії. В 1300 році папір початку виготовляти Угорщина, в 1390 році - Німеччина, в 1494 році - Англія, в 1565 році - Росія, в 1586 році - Голландія, і в 1698 році - Швеція. Італійці внесли ряд істотних змін у процес виготовлення паперу: винайшли

спосіб нанесення на папір водяних знаків, застосували для її проклейки тваринний клей і замість арабського млина застосували товкотнечу, що забезпечувала підготовку більше якісної паперової маси.

З XV-XVI століть, у зв'язку із введенням друкарства, виробництво паперу швидко зростає. Папір виготовлявся досить примітивно — ручним розмелом маси дерев'яними молотками в ступі й вичерпуванням її формами із сітчастим дном.

Велике значення для розвитку виробництва паперу мав винахід у другій половині XVII століття розмелювального апарата - рола. Наприкінці XVIII століття роли вже дозволяли виготовляти велику кількість паперової маси, але ручний відлив (вичерпування) паперу затримував зростання виробництва.

Папероробна машина була створена в епоху Великої французької революції в 1799р. французом Луї Робером. Ця машина займала площу 4.5 м<sup>2</sup>, мала на дерев'яній станині кадіб з паперовою масою, над яким на двох дерев'яних валках було натягнуто мідну сітку. На цю сітку з допомогою черпального колеса подавалась паперова маса, вода знов поверталась у кадіб, а на сітці

утворювалось вологе полотно, яке ущільнювалось та зневоднювалось між двома валками обтягнутими сукном. Вологе паперове полотно намотувалося на приймальний вал, а потім розмотувалося і сушилось на повітрі. Машина мала сітку шириною 64 см, привід – ручний, швидкість руху 5 м/хв., продуктивність 100 кг паперу на добу.

В Англії брати Фурдріне, купивши патент Робера, продовжували працювати над механізацією відливу й в 1806 запатентували папероробну машину. До середини XIX століття папероробна машина перетворилася в складний агрегат, що працює безупинно й значною мірою автоматично. В XX столітті виробництво паперу стає великою високомеханізованою галуззю промисловості з безперервно-потоковою технологічною схемою, потужними теплоелектричними станціями й складними хімічними цехами по виробництву волокнистих напівфабрикатів.

На російські землі папір напевне був занесений монголами і татарами, тому що слово «бумага» походить від татарського слова «бумуг», що значить бавовна, крім того в середині XIII століття хан Батий для збору податі

провів перший всенародний перепис населення Русі на папері.

В Росії папір почали виготовляти значно пізніше. Є свідчення що папір власного виробництва в Росії з'явився в середині XVI ст. при Івані Грозному і мав водяний знак з царським іменем. Сировиною для виробництва паперу було ганчір'я та бавовняні, конопляні, лляні волокна. Ганчір'я було єдиним видом сировини в Росії і Західній Європі аж до середини XIX ст..

Час появи паперу в Україні поки що остаточно не з'ясований. В історичній літературі називають перші паперові виробництва в Янові та Бруську. Технологію виробництва могли принести в Галич як араби, так і італійці.

До перших виробництв, що виникли і працювали на теренах сучасної України, відносяться папірні в Буську ( 1539 – 1788 рр. ) та Лівих ( 1549 – 1612 рр. ). З буським млинарством пов'язана поява в 1539-41 рр. першої в сучасних межах України папірні. На папері, виробленому в Буську, у 1581 році був надрукований шедевр українського книгодрукування – Острозька Біблія Івана Федорова. Діяла ця папірня до 1788 року.

Варто зауважити, що з 13 папірень, які діяли в XVI ст., лише 7 знаходились в межах сучасної України. Слід також зазначити, що дані виробництва виникли не лише на етнічних українських землях, а й засновувалися українцями.

Перша письмова згадка про Лівчицьку папірню відносяться до 1590р.. Але в результаті досліджень філіграней, цілком ймовірним є той факт, що в Лівцях паперове виробництво зародилося значно раніше. Зокрема, відомий в цей час рід Кортиків, якому й належала папірня, мав так званий герб Єліта. Оскільки цей герб зустрічається на філігранях з 1549 року, то не виключено, що виробництво паперу почалося не пізніше цього часу. Також інші спостереження дають усі підстави твердити, що лівчицький папір використовував Іван Федоров для свого «Апостола».

Величезним поштовхом до розвитку паперового виробництва в Росії стало створення Іваном Федоровим і Петром Мстиславцем книгодрукарської справи, які в 1564р. віддрукували першу російську книгу «Апостол». Вважають, що Петро Мстиславець був першим російським папірником, і що саме ним в 1526р. у



Вільнюсі, а в 1523р. в Острозі на Україні були побудовані паперові млини (для подрібнення ганчар`я).

Значний внесок у паперове виробництво в Росії зробив Петро I. Такі його перетворення, як зміна старослав`янської азбуки на більш просту, випуск першої російської газети і великої кількості книг потребували багато паперу. За наказом Петра I було збудовано кілька паперових підприємств під Москвою, Петербургом та в інших містах (Красногородська існує до цього часу).

## **1.2 Структурна будова та технологія виробництва паперу**

### **1.2.1 Структурна будова паперу та основні волокнисті папероутворюючі матеріали**

Папір – це композиційний матеріал з дуже складною структурою.

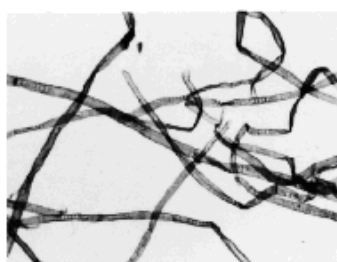
Відповідно до стандарту ISO/CD4046-4, «папір» - загальний термін для матеріалів у вигляді суцільного аркуша або полотна, які отримують осадженням волокон або їхніх сумішей з рідких суспензій на відповідних формуючих пристроях з додаванням або без додавання інших речовин.

Визначення поняття «папір» є багатогранним.

З одного боку, папір – це багатокомпонентна система, що складається зі спеціально оброблених переважно рослинних волокон, тісно переплетених між собою й зв'язаних хімічними силами зчеплення різного виду.

З іншого боку, папір – це пористе капілярне тіло, що складається із природних (рослинних), а в деяких випадках, – синтетичних волокон. Крім різних волокнистих армуючих компонентів, що створюють

безперервну матрицю, папір може містити мінеральні наповнювачі, які надають йому непрозорість і підвищену білизну й гладкість, а також барвники, полімерні в'язучі й інші речовини. Проклеюючі речовини запобігають розтіканню чорнила й фарби по поверхні паперу і їхнє проникнення на протилежний бік листа. Синтетичні смоли, латекси, сшиваючі агенти забезпечують вологоміцність.



*Волокна сосни*



*Волокна берези*

Рис. 1.11 – Вигляд волокон різних деревних порід

Окрім волокнистих матеріалів до складу паперу входять:

– *наповнювачі* – білі мінеральні речовини (каолін, гіпс, крейда тощо), які частково заповнюють простір між волокнами, що призводить до збільшення гладкості, пластичності, білості та непрозорості паперу;

– *проклеювальні* речовини – здебільшого це рослинний смолистий клей (каніфоль), який при уведенні до складу паперу зменшує його гідрофільність та збільшує зв'язки між волокнами;

– *барвники* – органічні барвники здебільшого синього кольору, які при уведенні до складу паперу підвищують оптичну білість паперу за рахунок підфарбовування волокон, що мають жовтувато-сірий колір.

Структура – це також характеристика, що визначає, наскільки рівномірно волокна й наповнювачі розподілені усередині листа. Структурна рівномірність визначається простим оглядом листа паперу на просвіт. У якісного паперу малюнок буде однорідним, без видимих краплень - «хмаристості» й «сміття».

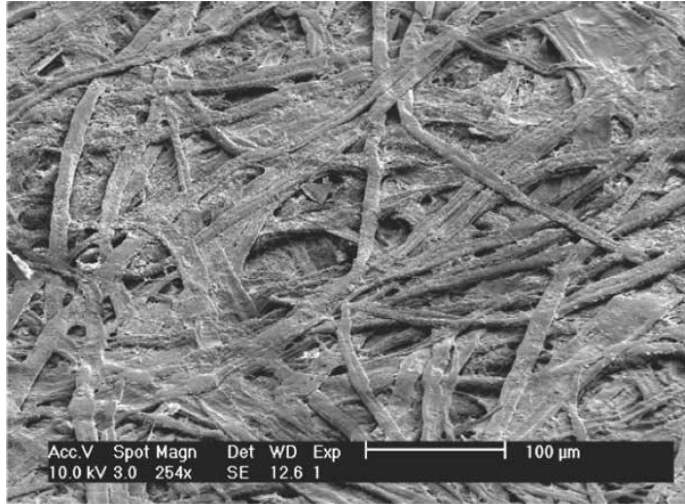


Рис.1.12 – Поверхня паперу під мікроскопом (збільшення 254<sup>x</sup>)

Волокна для виробництва паперу повинні відповідати таким вимогам:

- повинні бути гнучкими, для того щоб пройшло їх переплетення при утворенні аркуша;
- могли б розмелюватись (фібрилюватись) з розщепленням на мікрволокнисті частки (фібрили) для кращого скріплення волокон
- могли б скріплюватись між собою молекулярними силами для забезпечення міцності аркуша.

Всіма цими якостями володіє целюлоза, яка є незамінною при виробництві паперу. Целюлоза - це природній полімер, що є головним компонентом рослинних волокон.

Звичайні види паперу мають капілярно-пористу структуру, складаються з волокон, пучків фібрил й окремих фібрил, зв'язаних між собою водневими зв'язками, силами Ван-дер-Ваальса й тертя. Ці зв'язки утворюються при сушці паперу, при якій в умовах значних усадочних напруг, що стягають фібрилярні елементи структури паперу, відбувається заскловування полімерних компонентів паперостворюючих волокон (целюлози, геміцелюлози, лігніну). Геміцелюлоза в умовах одержання паперу може частково переходити у в'язкотекучий стан, а при сушці заскловується. Така структура обумовлює гідрофільність більшості видів паперу, зменшення міцності, залежність властивостей і розмірів від відносної вологості повітря.

На сітці папероробної машини волокна паперової маси орієнтуються переважно за напрямком руху, причому більшою мірою на нижній (сітковій) стороні листа й у меншій мірі - на верхній (лицьовій). Тому папір є анізотропним у всіх напрямках. Анізотропія підсилюється

нерівномірним розподілом по товщині дрібних волокон, наповнювачів і речовин, що проклеюють. Багат шарову структуру мають, наприклад, папір і картон, що одержують на багатосіткових машинах, а також папір з покриттям, наприклад крейдований.

Формування структурно-механічних властивостей паперу починається задовго до утворення вологого паперового полотна на сітковій частині папероробної машини і його сушіння на сушильних циліндрах. В основі паперового аркуша лежить сітчаста структура, що складається з одиничних волокон, з'єднаних міжволоконними зв'язками. Одиничне волокно є основним елементом - "атомом" паперу, що має складні структуру й хімічний склад.

Відомо, що целюлозне волокно можна зрівняти з армованим бетоном, у якому фібрили є міцними стрижнями, а лігнін - міцним на стиск наповнювачем. Звідси витікає, що міцність волокон визначається структурою й орієнтацією фібрил, а хімічний склад волокна на міцність не впливає.

Міцність одиничного волокна насамперед формується за рахунок морфологічних особливостей деревини й перетерплює значні зміни в процесах

делігніфікації й відбілювання, які найбільше впливають на молекулярну й надмолекулярну структуру волокна.

Міжволоконні зв'язки є найважливішим чинником, що формує структурно-механічні властивості паперу. Встановлено, що в паперовому аркуші з *нерозмелених* волокон сили зв'язку між ними на 80% обумовлені силами тертя й Ван-Дер-Ваальса, 20% - водневими; з *розмелених* - у середньому 40 і 60% відповідно. Відомо, що водневі сили зв'язку виникають при зближенні вільних гідроксильних груп, що перебувають на поверхні целюлози. Як показали дослідження, пресування вологих виливків паперу приводить до збільшення її об'ємної маси й при цьому пропорційно їй збільшується міцність зв'язку одиничного волокна в аркуші внаслідок ущільнення структури аркуша.

Величина водневих сил зв'язку залежить від числа вільних гідроксильних груп, що збільшується в міру розкриття зовнішньої поверхні волокна. Тому на міцність зв'язку волокна в аркуші впливає величина зовнішньої поверхні целюлози.

Для готування паперу потрібні рослинні речовини, що володіють досить довгим волокном, які, змішуючись із водою, дадуть однорідну, пластичну, так звану *паперову масу*. Для виробництва паперу і картону застосовуються в



основному волокнисті напівфабрикати різноманітних порід деревини і недеревної рослинної сировини.

Основними компонентами *рослинної тканини* є:

- целюлоза (клітковина),
- лігнін,
- геміцелюлози (пентозани і гексозани),
- смоли,
- жир,
- віск та інше.

Вміст вказаних компонент у різній деревині наведено в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Вміст компонент у різних типах рослин

Компоненти	Вміст, %		
	у деревині хвойних порід	у деревині листяних порід	у однолітніх рослинах
Целюлоза	40-50	35-45	40-44
Лігнін	28-30	18-25	15-30
Пентозани	7-11	20-30	20-30
Гексозани	5-15	5-10	5-10

Смоли, жири, віск	2,5-6,5	1,5-3,0	1,5-3,0
----------------------	---------	---------	---------

Таблиця 1.2 – Вміст компонент у деревині різних порід

Компоненти	Породи дерев					
	Ялина		Сосна		Осика	
	стовбур	гілки	стовбур	гілки	стовбур	гілки
Целюлоза	58,8 – 59,3	44,8	56,5 – 57,6	48,2	52	43,9
Геміцелюлози	20,7	19,5	18,9	19,4	23,4	35,6
Лігнін	28	34,4	27	27,4	21,2	25,9
Смоли	1,0	1,3	4,5	3,3	1,5	2,5
Продукти, розчинні в гарячій воді	1,7	6,6	2,5	3,4	2,5	4,9
Попіл	0,2	0,35	0,2	0,4	0,3	0,3

*Геміцелюлоза* є вуглеводом з меншим, порівняно з целюлозою, ступенем полімеризації. Крім глюкози цей вуглевод містить і інші гексози, а також пентози. Геміцелюлоза не володіє волокнистою будовою. На відміну від целюлози, геміцелюлоза є розчинною у кислотах, та швидко набрякає у воді. Волокна з великим

вмістом геміцелюлози, легко розмелюються, підвищуючи міцність паперу (особливо поверхні). На відміну від целюлози, вони розчинні в лугах, сильніше набухають в воді, що покращує скріплення волокон в структурі паперу.

*Лігнін* — природний полімер, який міститься в одерев'янілих рослинних тканинах разом з целюлозою і геміцелюлозами. Целюлоза утворює стінки клітин, а лігнін скріплює їх, утворюючи серединні пластинки. В склад пластинок входить близько 70% лігніну і всього 4% целюлози, а в стінках клітин, які складаються головним чином із целюлози, кількість лігніну падає до 30 – 40%. На відміну від целюлози лігнін має просторову будову, що надає йому жорсткості і нерозчинності. Лігнін має також властивість з часом жовтіти. Волокна, які містять лігнін, через жорсткість погано переплітаються. Тому папір, виготовлений з таких волокон, виходить пористий, з низькою гладкістю і білизною, маломіцний. Для виготовлення гладкого, міцного і білого паперу застосовують волокнисті матеріали, які не містять лігнін, наприклад деревну целюлозу, бавовну, льон. Для інших видів паперу застосовують целюлозу разом з більш дешевою

деревинною масою, яка містить лігнін. Геміцелюлози покращують папероутворюючі властивості волокна, а лігнін їх погіршує.

Разом із рослинними волокнами для спеціальних технічних видів паперу останнім часом все ширше стали застосовувати штучні, синтетичні, мінеральні та інші волокна.

Основними волокнистими папероутворюючими матеріалами (*напівфабрикатами*) для виробництва паперу можуть служити:

- деревна целюлоза хвойних (м'яких) та листяних (твердих) дерев;
- недеревна целюлоза однолітніх рослин (соломи, очерету, коноплі, рису й інших);
- деревна маса;
- напівцелюлоза;
- макулатура;
- ганчіркова напівмаса;
- асбест, шерсть й інші волокна (для спеціальних видів паперу) ;
- синтетичні волокна.

В залежності від величини виходу напівфабрикатів з рослинної сировини їх поділяють:

- на клітковину,
- клітковину високого виходу,
- напівцелюлозу,
- напівцелюлозу високого виходу
- деревну масу.

Приблизні межі виходу цих напівфабрикатів, %: клітковини 45-55, клітковини високого виходу 55-65, напівцелюлози 65-85, напівцелюлози високого виходу 85-90 і деревної маси 90-97. Чим більший вихід напівфабрикату, тим більше в ньому міститься геміцелюлози і лігніну. Тому якість виробленого паперу великою мірою залежить від виду застосованих напівфабрикатів.

## **1. Целюлоза**

*Целюлоза* міститься у кліткових стінках всіх рослин. Проте найбільш поширена для виготовлення волокнистої сировини є деревина у якій міститься до 50 % целюлози. Молекули целюлози ниткоподібні, лінійні, тому можуть утворювати волокна. Целюлоза – природний полімер, полісахарид, належить до класу вуглеводів. Вона є високомолекулярною речовиною, яка не розчиняється у звичайних розчинниках, є гігроскопічною та набухає у воді. Завдяки лінійній

будові макромолекули целюлози розміщуються у рослинних клітинах паралельно один до одного, утворюючи фібрили. Фібрили мають різну товщину від 5 до 30 нм. Особливість лінійних макромолекул є їх гнучкість. Воно ж сприяє щільному їх упакуванню, так що у волокна утворюється кристалічна структура, причому кристалічні ділянки перемежуються з аморфними. Целюлоза складається з довгих ланцюгових молекул, утворених повторюваними одиницями, що складаються із двох  $\beta$ - $\alpha$ -глюкозних залишків, з'єднаних між першими й четвертим вуглецевими атомами глюкозидним зв'язком. Макромолекула целюлози  $(C_6H_{10}O_5)_n$  володіє різним коефіцієнтом полімеризації залежно від походження. Загальна формула целюлози (клітковини) така сама, як у крохмалю, але ступінь полімеризації значно більший. До прикладу, деревна целюлоза має  $n$  приблизно 3 000, бавовняна — 12 000, лляна — 36 000. Тому волокна бавовни та льону міцніші порівняно із деревними. Довгі целюлозні ланцюги, що досягають 3,5-5 мк у рослинному волокні й 0,3-1,5 мк у технічній целюлозі, утворюють у клітинній стінці орієнтовані ділянки, тверді кристалічні пучки, у яких окремі ланцюги целюлози зв'язані між собою силами

міжмолекулярної взаємодії - водневими зв'язками між гідроксильними групами сусідніх ланцюжків.

Поряд з орієнтованими ділянками целюлози (кристалітами) у клітинній стінці волокна є й ділянки з менш упорядкованим розташуванням целюлозних ланцюгів (аморфні області). Кількість кристалічних областей, як визначено рентгенографічним методом, у деревній і бавовняній целюлозі становить близько 70%, а на частку аморфних областей доводиться близько 30% .

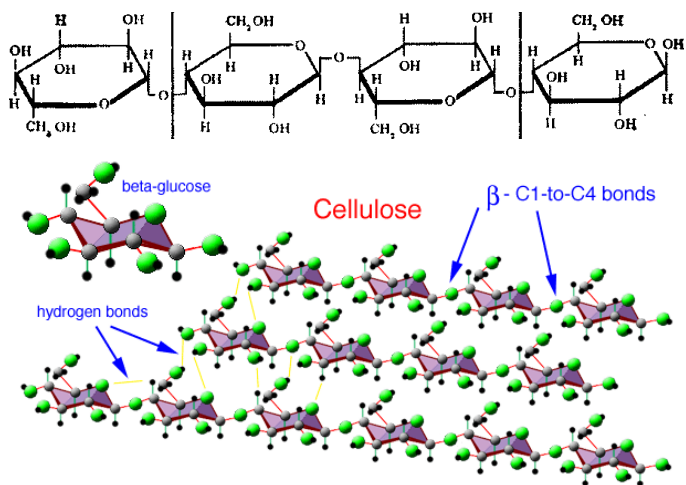


Рис.1.13. Хімічна формула целюлози

За сучасними поглядами, пучки целюлозних ланцюгів із жорсткою міжмолекулярною взаємодією між

ними представляють кристалічні ділянки целюлози, в яких відстань між ланцюгами мінімальна, а енергія зв'язку - максимальна. Ці *кристаліти*, або (за старою термінологією) *міцели*, є основними структурними одиницями клітинної стінки целюлозного волокна - елементарними *фібрилами*. Фібрили мають різну товщину - від 5 до 30 нм. Елементарні фібрили ідеально кристалізовані, питома вага їх дорівнює 1,59, тобто в точності відповідає питомій вазі речовини целюлози. Простір між елементарними фібрилами заповнено аморфною целюлозою й частково нецелюлозним матеріалом (геміцелюлозами), який можна видалити лугом. Елементарні фібрили в клітинній стінці целюлози зібрані в більші пучки - мікрофібрили, а останні в ще більш великі фрагменти - макрофібрили, добре видимі у світловий мікроскоп. Сукупність пучків макро- та мікрофібрил утворює волокно. Аморфні ділянки є більш щільними та міцніми. Тому при розмелюванні волокна розщеплюються за аморфними міжфібрилярними ділянками при цьому поверхня волокон вкривається мікрОВОЛОКНИСТИМИ фібрилами і стає ворсистою (фібрилювання). Це забезпечує щільне переплетення та краще зціплення волокон при формуванні паперу.



Таким чином, клітинна стінка целюлозного рослинного волокна має фібрилярну структуру, що дозволяє не тільки ділити волокно на поздовжні фрагменти будь-яких розмірів, але й, як побачимо далі, зв'язувати волокна між собою в єдину структуру. На цій властивості волокна засновані процеси паперового виробництва, розмел волокнистих матеріалів і відлив паперу.

### **Деревна целюлоза**

*Целюлоза хвойних порід* є найціннішим волокнистим матеріалом для виробництва паперу. Вона складається в основному з довгих волокон *трахеїд* і містить дуже мало дрібних *паренхімних* клітин. Тому її можна застосовувати як у композиції з коротковолокнистими матеріалами (деревною масою, листяною, солом'яною, очеретяною целюлозою й ін.), так і самостійно. Середня довжина волокон хвойних целюлоз коливається в межах 2,4-3 мм, залежно від породи деревини, а середня ширина волокна становить 35-40 мк. Найчастіше для її виготовлення використовують деревину смереки (ели), сосни, ялиці (пихты) й модрини (лиственниці) Із цієї деревини виробляють волокнисті матеріали різного ступеня

чистоти, від механічної деревної маси з виходом 97-98% до облагородженої целюлози з виходом 35-40%.

*Целюлоза листяних порід* – берези, осики, тополі, вільхи, бука й ін. має більше коротке волокно в порівнянні із хвойною й, крім того, містить клітини неволокнистої будови.

Волокнисті напівфабрикати з листяних порід відрізняються від напівфабрикатів з хвойних порід передусім тим, що менш однорідні за своєю анатомічною будовою. Ці волокна утворені на 75-90% з відносно коротких і товстостінних клітин лібриформу з голкоподібними кінцями і на 10-25% з судинних клітин неволокнистої будови, що являють собою короткі, тонкостінні і широкосмугові трубки. Клітини лібриформу мають довжину 0,7-1,5 мм, ширину близько 0,025 мм; довжина судин 0,3-0,7 мм, ширина – 0,05-0,06 мм. Тому при розламі напівфабрикатів з листяних порід деревини цей процес слід проводити таким чином, щоб не було істотного скорочування волокон і не відбувалося значного збільшення ступеня помелу маси.

Вона дає целюлозу з більш низькими механічними властивостями - опором зламу й розкраюванню. Із цієї причини напівфабрикати, вироблені з неї,

застосовуються в паперовому виробництві звичайно в композиції з більш довговолокнистим матеріалом із хвойної деревини. З листяної деревини, як і з хвойної, одержують целюлозу, напівцелюлозу й деревну масу.

### Недеревна целюлоза

Гарні напівфабрикати можуть бути отримані не лише з деревини, але також з іншої рослинної сировини. Наприклад, високоякісний папір можна отримати з бавовни, льону, які містять до 80 – 90% целюлози і майже не містять лігніну (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Склад і характеристика деяких рослинних волокон

Волокно	Вміст, %		Довжина волокна, мм	Ширина волокна, мм	Відношення довжина/ ширина волокна
	целюлози	лігніну			
Бавовна	84 – 91	–	10 – 50	0,012 – 0,042	1200 – 1500
Бавовняни й пух	80 – 90	–	2 – 10	0,011 – 0,020	400

Льон	72 – 83	1,7 – 3,2	30 – 40	0,012 – 0,026	1200 – 1900
Конопля	78	5,3	5 – 55	0,016 – 0,050	1000
Целюлоза солом'яна	47 – 49	23 – 25	0,5 – 2,0	0,01 – 0,02	76
Целюлоза ялинова	49 – 58	28 – 30	2,5 – 4,0	0,025 – 0,07	68
Целюлоза соснова	54 – 57	26 – 28	2,5 – 4,5	0,03 – 0,078	70
Целюлоза осикова	50	20 – 22	0,8 – 1,7	0,02 – 0,046	36

Напівфабрикати з однорічних рослин містять волокна ще менш однорідні, ніж з листяних порід деревини. В них міститься значна кількість (до 50%) луб'яних волокон, що являють собою довгі тонкі стрічкоподібні клітини з загостреними кінцями, трохи

волокон, що нагадують лібриформу листяних порід деревини. Це найбільш цінні волокна, що мають гарні папероутворюючі властивості. Однак в однорічних рослинах міститься до 50% менш цінних, з точки зору паперового виробництва, коротких клітин покривного шару (епідермісу): паренхімних, судинних, спіральних та ін. Тому напівфабрикати з однорічних рослин так само, як і з листяних порід деревини, вимагають м'яких умов розмелу.

*Целюлоза зі стебел однолітніх рослин* – соломи злаків, кукурудзи, очерету, багаси (цукрового очерету), трав альфи й еспарто, а також деревовидної багаторічної рослини – бамбука. Волокна рослин цієї групи (за винятком бамбука) відрізняються невеликою довжиною й наявністю в них клітин неволокнистої будови. З них виробляють целюлозу, напівцелюлозу й деревну механічну масу з виходом від 35 до 70% і вище. Використаються вони у виробництві паперу в сполученні з довговолокнистими напівфабрикатами.

*Целюлоза з луб'яних волокон однолітніх рослин* – льону, коноплі, джугу, рами, кенафу, гампи, митсумати й кодзу. Ці волокна відрізняються великою довжиною й

високою міцністю. Вони йдуть для виготовлення міцної біленої, рідше небіленої целюлози.

## **2. Деревна маса**

*Деревною масою* є волокнистий матеріал, що отримується шляхом механічного подрібнення деревини. При такому виготовленні відбуваються поруч фізичні, та хімічні процеси: розривання молекулярних ланцюгів целюлози, збільшення в її об'ємі кількості вільних гідроксильних груп, гідроліз геміцелюлози, створення вільних радикалів з молекул лігніну. Присутність лігніну надає масі цупкості й твердості. Це ускладнює переплітання волокна та знижує міцність паперу. Також, деревна маса має недолік у нестійкості властивостей при зберіганні і дії світла, тепла, вологи. Деревна маса є найбільш економічно вигідним і поширеним волокнистим напівфабрикатом, її використання дає змогу знизити вартість готової продукції, і покращити деякі друкарські властивості паперу (підвищуючи непрозорість та гладкість). Значна перевага деревної маси полягає в тому, що в процесі виробництва найбільш вичерпно використовується рослинна сировина, з виходом деревини з 90-98%. Властивості деревної маси задаються способом її виготовлення. В теперішній час

виробляються такі види деревної маси: біла, бура, хімічна, термомеханічна і хімікотермомеханічна.

*Білу деревну масу* отримують шляхом стирання дерева. Вона має подібний склад, як і деревина з якої її виготовляють. Біла деревна маса – доступний, а іноді незамінний напівфабрикат для виготовлення деяких видів паперу, даючи змогу поліпшити пластичність, здатність швидко сприймати фарбу та м'яким. Такий папір швидко старіє, втрачаючи механічну міцність, жовтіючи. Саме, тому її використовують, зазвичай, для видань з обмеженим терміном користування.

*Буру деревну масу* виробляють із деревини, попередньо обробленої паром, тому її волокна більш тонкі і гнучкі, ніж у білої деревної маси. Волокна бруої деревної маси використовуються при виготовленні палітурного картону та обгорткового паперу.

*Хімічну деревну масу* виготовляють за аналогічною технологією, як і білу деревну масу, із деревини, переважно листяних порід, які попередньо хімічно обробляються нейтральним сульфітним розчином при підвищеній температурі та тиску. Хімічна деревна маса є дешевшою за целюлозу, але має небажаний жовтуватий відтінок. Вибілена хімічна деревна маса

використовується при виготовленні певних видів друкарського паперу замість дороговартісної деревної целюлози.

**Термомеханічна деревна маса** отримується шляхом подрібнення в рафінерах попередньо пропарених деревних трісок.

Виробництво **хімікотермомеханічної деревної маси** є аналогічним з термомеханічною, але пропарка здійснюється з незначними домішками (2,5-4,5%) моносольфіту натрію або інших реагентів. Застосування термомеханічної і хімікотермомеханічної деревної маси дає змогу скоротити розхід целюлози при виробництві паперу і картону, покращуючи їх якісні показники. При цьому газетний папір можна виготовляти і без використання целюлози. Саме тому останні види деревної маси є перспективними напівфабрикатами і їх виробництво надалі збільшується.

### **3. Напівцелюлоза**

*Напівцелюлоза* – отримується напівхімічним методом при термогідролітичній обробці рослинної сировини з наступним розділенням волокон механічним розмелюванням. Вихід напівфабрикату – 65-85%. Цей



напівфабрикат знаходиться між целюлозою та механічною масою. Він виробляється зі листяної деревини та однорічних рослин. Отриманий волокнистий матеріал за своєю структурою та розмірами наближається до целюлози, але відрізняється від неї нижчою білістю (35–55 %). Здебільшого цей напівфабрикат використовують для виготовлення тарного картону, або у композиції з деревинною целюлозою для виготовлення деяких видів паперу.

Підсумовуючи й розглядаючи як основний критерій зростаючий вміст лігніну (і паралельно із цим, збільшення виходу), можна побудувати наступну шкалу виходу: хімічна целюлоза, напівцелюлоза, деревна маса.

#### **4. Макулатура**

Невід'ємним джерелом сировини паперової промисловості є макулатура. Виділяється два види макулатури: папір та картон, які були у використанні та промислові відходи їх переробки у друкарнях. Макулатурою іноді повністю замінюються свіжі напівфабрикати при виробництві багатьох видів картону та паперу (газетного, друкарського, обгорткового, для гофрування тощо). Застосування макулатури має значне господарське значення. Одна тонна макулатури дає

можливість економити 3,0-4,5 м<sup>3</sup> деревини або близько 15 дорослих дерев. Саме тому питання перероблення макулатури має економічне і екологічне значення.

### **5. Ганчіркова напівмаса**

Ганчіркову напівмасу, яку раніше широко використовували у виготовленні паперу, одержують із використаного одягу й білизни, обрізків нового готового плаття, різних ганчірок рослинного походження (бавовняні, льняні, конопляні тощо), які піддаються легкій хімічній обробці, а потім проходять операції розпускання й відбілювання, після чого перетворюються у волокнисту масу. Ганчіркова напівмаса вважається кращою волокнистою речовиною для одержання паперу; будучи змішана в різних пропорціях з хімічною целюлозою, вона використовується для паперових грошей і взагалі для цінних паперів, для дорогого паперу для писання, для найтоншого друкарського паперу, а також для сигаретного паперу.

### **6. Синтетичні волокна**

Використання штучних або синтетичних волокон як матеріала для паперу обумовлено необхідністю розвивати нові технології, які дозволили б відшкодувати відсутність міжволоконних зв'язків, типових для

целюлози, і більш високу вартість у порівнянні з рослинними волокнами. Втім, для особливих і технічних потреб одержують папір на основі синтетичних волокон, наприклад, нейлону. Використовується також скловолокно для одержання особливого паперу з підвищеною хімічною й високотемпературною стійкістю. Але приклади такого застосування вкрай рідкі в області друкарства, і ми обмежилися лише згадуванням про них.

В останні роки для виробництва паперу стали застосовувати різноманітні синтетичні волокна. Отримано папір з *поліефірних і поліамідних* волокон: капрону, лавсану, нітрону та ін. Синтетичні волокна вирізняються високою гідрофобністю, тому при формуванні листа вони скріплюються між собою спеціальними зв'язуючими, а не в результаті встановлення водневих зв'язків, як у целюлозних волокон. Папір із синтетичних волокон має високу механічну міцність, еластичність. Він стійкий до дії лугів, кислот, добре пофарбовується різними барвниками. Представляють інтерес синтетичні волокна із вінолу. На відміну від інших синтетичних волокон вони мають меншу гідрофобність, краще змочуються водою. Це

дозволяє застосовувати вінол при виробництві паперу звичайним способом. Папір може бути отриманий як із одного вінолу, так і в суміші з целюлозою. Додання в папір вінолу (3 – 5% від ваги целюлозного волокна) призводить до значного підвищення міцності паперу. Завдяки своїм відмінним властивостям, папір із синтетичних волокон знайде широке застосування для друку географічних карт, документів, грошових знаків, виготовлення палітурок та іншої продукції, призначеної для довготермінового використання.

### **1.2.2. Одержання деревної волокнистої сировини**

Отримання волокнистої маси є першим етапом у виробництві паперу.

Основною сировиною при виробництві паперу, є натуральні рослинні волокна, які складають основу усіх рослинних тканин, являючи собою довгі тонкі трубчасті нитки, з трьох основних компонентів: целюлози, геміцелюлози й лігніну. При виробництві важливими є складові на целюлозній основі, лігнін при цьому повинен бути вилучений.

Для виготовлення паперу використовують переважно деревні волокна. Їх можна розділити на два основних різновиди:

- волокна м'яких хвойних порід (ялина, ялиця, сосна);
- волокна твердих листяних порід (евкаліпт, береза, дуб, тополя, клен інші).

Для отримання з деревної сировини однорідної волокнистої маси застосовують три методи:

- механічний,
- хімічний,
- механіко-хімічний.

*Механічний метод* використовується при виробництві сортів газетного й книжкового паперу.

При *хімічному методі* на виході отримується чиста целюлоза, придатна для виготовлення високоякісного паперу.

*Механіко-хімічний* метод дає змогу отримувати папір середньої якості.

Деревна сировина зазвичай переробляється на целюлозних фабриках. Переробка макулатури потребує окремого виробництва, що розташовується на тій фабриці, де виготовляють готовий папір. Переробка

целюлози й паперобробне виробництво можуть об'єднуватись в рамках одного підприємства - комбіната.

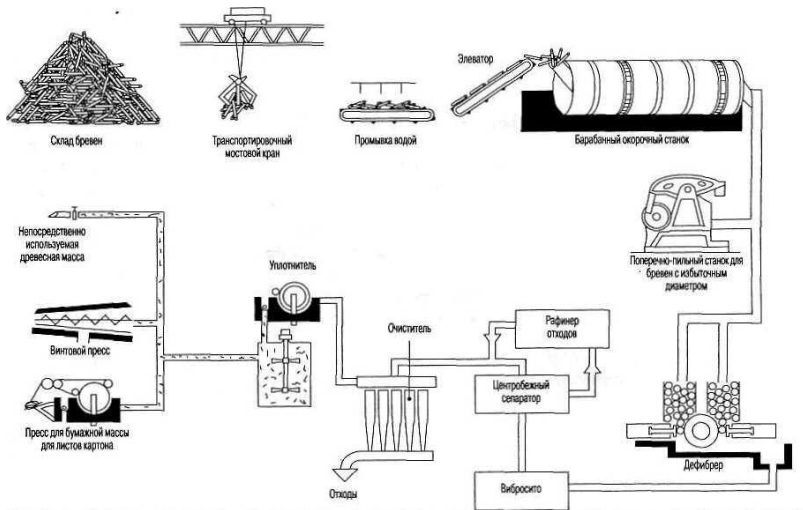


Рис.1.14 . Схема установки отримання деревної маси

На об'єднаному виробництві (целюлозно-паперових комбінатах) готова волокниста маса зберігається в рідкому виді й перекачується в зону підготовки сировини для подальшого рафінування й остаточного очищення.

На з роздільному виробництві (фабриках) готова маса висушується, віджимається й формується у стоси для транспортування.

## **Механічний метод**

Даний метод є основним для обробки м'якої деревини (здебільшого хвойних порід). Деревина зрубують, відбирають, розпилюючи на колоди стандартної довжини, з завантаженням для очищення від кори у відкритий обертовий барабан. Після цього деревину подрібнюють обертовими жерновами і перемішують з гарячою водою. Отримана суміш пропускається через ряд сіток, щоразу з дрібнішими отворами. Як наслідок, відбувається видалення великих шматків або друзок. Вкінці процесу виходить однорідна рідка деревна маса, яка розмелюється в барабанному млині.

Вище зазначено, що одержання якісної проміжної сировини волокна деревини передбачає відокремлення від лігніну повністю, що сваяко здійснити механічними засобами. Тому у готовій суміші обов'язково залишається значна кількість домішок лігніну, а самі волокна при цьому виявляються ушкодженими й розірваними. Тому суміш виходить м'яка та в'яла (дрябла). Папір, одержаний з такої волокнистої маси, використовується лише для виробництва низькоякісного газетного паперу. Причому одержана маса не може бути

використана в чистому вигляді, тому повинна бути змішаною з якіснішою масою у співвідношенні 5:1 – лише в такому разі папір буде досить міцним. Низькоякісні сорти паперу з такими домішками, як лігнін і частки кори, зазвичай швидко жовтіють.

Якщо маса призначена для отримання паперу високої якості (наприклад, книги), то для неї необхідно здійснити додаткову обробку, яка передбачає очищення й відбілювання. Як відбілюючі речовини використовують *соду* або *перекис водню*. При цьому відбілювання поліпшує колір волокнистої маси (тому, і паперу), не захищає від зміни кольору паперу надалі.

Для очищення від недорозмелених частинок деревини волокниста маса пропускається через набір сіток з усе більш дрібнішими отворами. При завершенні процесу маса відбілюється й ущільнюється шляхом видалення надлишку води. При переробці на комбінаті, (переробка деревини здійснюється разом з виробництвом паперу), то ще волога маса подається в папероробну машину. Якщо при виробництві паперу маса транспортується в інше місце, то її необхідно висушити, спресувати, нарізати й зібрати у стоси з наступним повітряним сушінням (до вологості 10%).



При механічному способі виробництва паперу з тонни деревини виходить близько 900-940 кг сухої волокнистої маси.

### **Механіко-хімічний метод**

Для одержання якісної волокнистої маси використовують різноманітні технології. При реалізації всіх цих способів у якості вихідного матеріалу застосовують деревні стружки, а не цілі колоди. Спочатку на стругальному верстаті з колод одержують дрібну стружку (розміром у декілька міліметрів), після чого її пропускають через дискові машини, що рафінують (рафінери), у результаті чого одержують дрібні деревні частки, які у подальшому просіваються та відбілюються.

Часто перед процесом рафінування стружка обробляється паром, внаслідок чого лігнін розм'якшується, що призводить до меншого ушкодження волокон. Одержана термомеханічна маса має більшу міцність і використовується при виробництві паперу для друкування книг.

Якщо ж перед процесом рафінування, для видалення лігніну, крім обробки паром маса

обробляється ще й хімічними речовинами, то одержувана маса є хіміко-термомеханічною. Папір, отриманий з такої маси характеризується досить високою якістю. Одержання хіміко-термомеханічної маси є дорожчим, та значною перевагою те, що отриманий з такої маси папір жовтіє не так швидко. Волокниста маса може перебувати або в рідкому виді, якщо є об'єднане виробництво, або у вигляді брикетів - якщо маса буде відправлятися до іншого місця.

### **Хімічний метод**

Хімічна обробка використовується для зменшення вмісту лігніну в деревині. Такий метод дає змогу більш ретельно відокремлювати волокна одне від одного, і зменшити до мінімуму в масі присутність домішок.

Хімічний спосіб дає можливість одержати міцнішу та чистішу целюлозну масу, на відміну від двох попередніх способів. В даному способі не використовують механічні операції, через які волокна можуть переплутуватися й деформуватися, тому папір виходить щільнішим, міцнішим й пружнішим.

Після розрубання й обробки колоди нарізаються на дрібні частинки уздовж волокон деревини, а потім подрібнюють роторними молотарками.

Для хімічної обробки вибирається один із двох шляхів:

- сульфітний (кислотний),
- сульфатний (лужний).

### ***Сульфітна обробка***

Даний процес відбувається у кислотному середовищі й застосовується переважно для обробки *м'якої деревини*.

Деревну стружку поміщують в автоклавній вежі, потім заливають водним розчином *сульфіту кальцію* ( $CaSO_3$ ) *бісульфіту кальцію* ( $Ca(HSO_3)_2$ ) *й діоксиду сірки* (*сірчаний газ, сірчаний ангідрид* -  $SO_2$ ). Вихідна маса запарюється на час 6-24 години, а потім просіюється й промивається.

На етапі такої обробки основні домішки (лігнін, смола, геміцелюлоза) зникають, залишаючи чисті волокна целюлози, що і необхідно для отримання якісного паперу. Вихід готового продукту (відбіленої

сульфітної целюлози) при такому способі досить незначний - 50% від ваги сухих деревних обпилювань.

На сьогодні сульфітний спосіб застосовується усе рідше, оскільки він супроводжується значними викидами шкідливих речовин у навколишнє середовище.

### ***Сульфатна обробка***

Даний спосіб обробки є лужним процесом, який іноді ще називається *крафт-процесом*. У загальному технологічно він схожий на парочес сульфітної обробки, тільки застосовуються інші хімікати. Це *каустична сода* (каустик, натр едкий, гідроксид натрія - NaOH, *сульфід натрію* ( $Na_2S$ ) й *сульфат натрію* (сірчаноокислий натрій -  $Na_2SO_4$ ). 2-3 годин обробки дають змогу легко відокремлюються волокна, зберігаючи майже повністю свою довжину - це є основною перевагою процесу одержання міцної целюлозної маси. Далі продукт промивається, просіюється й відбілюється.

Процес відбілювання виконується в кілька етапів, допоки не буде досягнутий необхідний ступінь білизни. Для цього використовують хлор, кисень, перекис водню, бісульфіт магнію.

Вихід відбіленої сульфатної целюлози, тобто готового продукту - близько 65-70% від ваги початкових деревних обпилювань.

### **Макулатура та інша вторинна сировина**

Крім деревини використовуються волокна з іншої рослинної сировини, такої як бавовна, прядиво інше, а також сам папір у формі відходів. Макулатура має таку ж целюлозну структуру, що й первинні волокна, тому може бути використана як сировина для виробництва паперу.

Чисті (незадруковані) відходи надходять від дилера (що займається збиранням вторинної сировини) або від фабрики у вигляді обрізків.

Чисті відходи, для одержання волокнистої маси, розчиняються, від них відокремлюються домішки. При необхідності відбувається очищення й відбілювання.

Макулатура (задруковані відходи) вимагають складного циклу видалення фарби, відбілювання й хімічної обробки. Вона використовується у вигляді додаткових компонентів для одержання деяких сортів газетного паперу.

### **1.2.3. Технологічний процес виготовлення паперу**

**Виробництво паперу** — трудоємний технологічний процес, який передбачає виготовлення паперової маси, відливання та обробку паперу.

Принцип виробництва паперу можна описати досить просто: як вихідну сировину використовують здрібнену деревину, що перетворюється в рідку волокнисту масу механічним й/або хімічним способом. У цю масу додається деяка кількість хімічних добавок, що надають кінцевому продукту міцність, стійкість та певні функціональні властивості. Надалі вже паперова маса подається на рухомі сітки папероробної машини. Тут з неї видаляють надлишки води, а волокна змішуються й переплітаються, утворюючи паперове полотно. Далі усе ще вологе полотно (що перебуває на сукняному полотні, яке підтримує його) пропускається через великі пресові вали, у яких під дією тиску й температури видаляються залишки вологи. А на виході формується паперовий рулон, що згодом може бути нарізаний на менші рулони або на аркуші.

Для виготовлення паперу й картону застосовують два види машин: плоскісїточні - для паперу й круглїсїточні - для картону.

Якщо брати до уваги, що для отримання паперової маси попередньо необхідно отримати ще паперовий напївфабрикат, то в узагальненому виглядї **повний цикл виробництва паперу** складається з двох стадїй:

- виготовлення напївфабрикатїв паперової маси (волокнистих матерїалїв);
- виготовлення паперу.

В свою чергу друга стадїя - **виготовлення паперу** - складається теж з двох стадїй:

- виготовлення паперової маси;
- вїдливання та оброблювання паперу.

Бїльш детально виготовлення паперу складається з **наступних процесїв**:

- приготування паперової маси (розпуск, розмел і змїшування компонентїв, проклейка, наповнення й фарбування паперової маси);
- вироблення паперової маси на папероробнїй машинї (розведення водою й очищення маси вїд забруднень, вїдливання, пресування й сушіння, а також первинна обробка);

- остаточна обробка (каландрування, різання);
- сортування й пакування.

В розгорнутому вигляді *схема процесу виробництва паперу* наведена на рис.1.15.

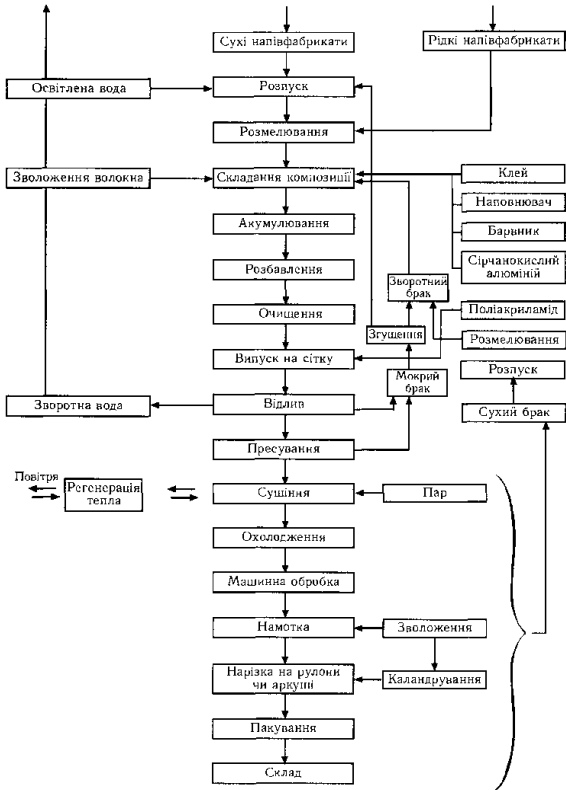


Рис.1.15 – Схема виробництва паперу



Розглянемо процес виробництва паперу більш детально.

Будемо вважати, що *волокнисту суміш* обрано. Тепер треба підготувати суміш для подачі в папероробну машину. Добре, якщо целюлозно-паперове виробництво об'єднане. Тоді готова волокниста маса в рідкому виді перекачується в зону підготовки паперової маси, а потім змішується з наповнювачами, клеєм, барвником тощо – складається композиція.

Якщо ж волокниста маса надходить на фабрику з іншого місця в брикетах, то вона повинна бути заново перетворена в рідку форму. Звичайно це робиться в *гідропульпаторі* - великому круглому металевому баці, брикети розчиняються й змішуються з водою, після чого додаються проклеюючі речовини, наповнювачі, барвники й інше. Цей процес називається *розщепленням* або *розпусканням*, і в підсумку виходить однорідна паперова маса, готова для подальшого виробництва.

У паперовому виробництві *паперовою масою* вважають водну суспензію, що містить всі речовини — волокнисті й не волокнисті — для утворення листа паперу: целюлозу, деревну масу, наповнювачі, проклеюючі речовини, барвники й різні добавки.

Основними операціями приготування паперової маси є:

- розмел,
- наповнення паперу,
- проклейка паперу,
- фарбування паперу.

Впродовж цих операцій ще можливо вплинути на майбутні властивості паперу - вибором наповнювачів маси, проклеюючих і інших добавок, а також тривалістю розмолу волокон. Всі подальші операції дозволяють тільки визначити спосіб формування готового паперу.

Розглянемо детальніше визначені операції.

### **1.2.3.1 Розмел**

Однією із найважливіших технологічних операцій є розмел — оброблення маси волокнистого напівфабрикату в розмелювальній апаратурі з метою розщеплення його волокон, зменшення розмірів та їх гідратації.

Ступінь розмелювання характеризується:

- довжиною волокна,
- ступенем фібрилювання.

При розмелі маси механічні процеси викликають здрібнювання волокон і обумовлюють структуру паперу, а колоїдно-фізичні явища, що відбуваються в результаті взаємодії води й целюлози - зв'язок волокон у папері (ступінь фібрилювання).

Коефіцієнт розмелу розраховують за формулою:

$$k_L = \frac{\ln(\bar{l}_0/\bar{l})}{V - V_0}, \quad (1.1)$$

$\bar{l}_0$  і  $\bar{l}$  – середня довжина волокон перед розмелом і після нього відповідно;  $V_0$  і  $V$  - ступінь фібрилювання маси перед розмелом і після нього відповідно.

Ступінь фібрилювання визначають за допомогою апарата Шоппер-Риглера й вимірюють у °ШР, тому розмірність  $[k] = (\text{°ШР})^{-1}$ .

Залежно від довжини отриманих волокон, розмел розрізняють на довгий (2,5-1,5 мм) і короткий (менше 1 мм), а у залежності від ступеня фібрилювання ( $V$ ) — масний і пісний. При процесі масного розмелювання майже всі волокна розщеплюються на фібрили, тому на дотик маса видається «масною». Вплив процесу розмелювання на властивості паперу є суттєвими. Утворення значної кількості фібрил надає волокнам

додаткової гнучкості та пластичності. Збільшення поверхні волокон сприяє кращому з'єднанню та переплітання. Саме тому масне розмелювання застосовують для виготовлення щільного, міцного, гладкого та дрібнопористого паперу. При пісному розмелюванні волокна отримується пухкий, пористий папір (газетний, фільтрувальний).

Розмел задає багато властивостей паперу. Лист паперу, відлитий з нерозмелених волокнистих матеріалів, виходить незадовільним за своєю структурою, зовнішнім виглядом й фізико-механічним властивостями: він має нерівномірний, хмаристий на просвіт вигляд, велику пористість, пухлість й малу міцність. Це пояснюється тим, що порівняно довгі тверді волокна сплітаються в пластівці (хлопья) й, осідаючи на сітці, дають неоднорідний за структурою лист. Нерозмелені волокна мають малу пластичність, з слаборозвиненою поверхнею й мало гідратовані, внаслідок чого такі волокна погано зв'язуються один з одним у паперовому листі.

Таблиця 1.4 – Вплив процесу розмелу на властивості паперу

<b>Властивості</b>	<b>Якщо розмел збільшений</b>	<b>Якщо розмел знижений</b>
Об'ємна густина	Збільшується	Зменшується
Товщина	Зменшується	Збільшується
Стискання	Зменшується	Збільшується
Стабільність розмірів	Зменшується	Збільшується
Структура	Стає більше однорідною, менш хмаристою	Стає менш однорідною, хмаристою
Твердість і жорсткість	Твердіше	Жорсткіше
Сприйняття фарби на некрейдованому папері	Стає вище	Стає менше
Міцність внутрішніх зв'язків	Збільшується	Зменшується

Пористість	Зменшується	Збільшується
Гладкість	Тенденція до збільшення	Тенденція до зменшення

Мета розмелу волокнистих матеріалів полягає в наступному:

- підготувати волокнистий матеріал до відливання,
- надати йому певного ступеню гідратації,
- зробити волокна гнучкими, пластичними, збільшити їхню поверхню (фібриляцією і набряканням),
- забезпечити кращий контакт і зв'язок волокон у паперовому листі (надати йому міцність);
- надати паперовому листу шляхом укорочення, розщеплення й фібриляції волокон необхідну структуру й фізичні властивості (об'ємна вага, пухлість, пористість, всмоктувальна здатність й ін.).

Розмел ведеться в присутності води при концентрації волокнистої маси 2-8% в апаратах періодичної й неперервної дії - ролах, конічних млинах, рафінерах й ін. Незалежно від типу апарата, що

розмелює, принцип розмелу у волокна той самий. Він полягає в тому, що волокниста суспензія безперервним потоком надходить до ножів робочого органа апарата, що складається з нерухомо закріплених ножів (статора) і обертових ножів, розташованих на барабані, конусі або диску (роторі). Проходячи між ножами ротора й статора, зазор між якими можна регулювати, волокна піддаються ріжучій дії крайок ножів і вони коротшають або розщеплюються в поздовжньому напрямку, роздавлюються торцевими поверхнями ножів, розчісуються й фібрилюються.

Від *тривалості розмелу* залежать:

- ступінь розмелу маси,
- укорочення й розщеплення волокон,
- розвиненість міжволоконних сил зв'язку.

У ролах періодичної дії розмел маси чергується із тривалими перервами, коли волокна проходять через зворотний канал ванни рола. Тому процес розмелу розтягується на кілька годин, тоді як при розмелі в апаратах неперервної дії він протікає значно швидше, за кілька секунд.

### *Теорія розмелу*

У результаті зазначених впливів волокна при розмелі у водному середовищі зазнають значних змін як у структурі, так й у фізико-хімічних властивостях. Паперова маса при тривалому розмелі стає жирною на дотик, вона набагато сутужніше віддає воду при зневоднюванні на сітці папероробної машини, а одержуваний з неї лист паперу відрізняється більшою усадкою при сушінні, щільністю й міцністю.

Ці зміни у властивостях маси й паперу настільки значні, що важко пояснити їх тільки одним механічним здрибнюванням волокон. Тому не дивно, що першими теоріями розмелу були *хімічні теорії*. Їхні автори (Крос і Бівен) думали, що вода при розмелі вступає в хімічну взаємодію із целюлозою, утворюючи желатиноподібний гідрат. Звідси й відбувся термін *гідратація при розмелі*, що широко застосовується у паперовому виробництві, хоча в цей час у цей термін вкладають трохи інший зміст.

Хімічна теорія розмелу волокнистих матеріалів зіграла відому позитивну роль: вона сприяла застосуванню при розмелі рольних добавок (крохмаль, похідні целюлози й інші гідрофільні колоїди), що



прискорюють процес розмелу й підвищують міцність паперу.

Пізніше була висунута *фізична теорія розмелу*. Її автори (Стречен (1926) і Кемпбелл (1932)) намагалися пояснити набуті паперовою масою властивості при розмелі тільки одним фізичним процесом здрібнювання волокон. При цьому Стречен надавав великого значення процесу фібрилювання, пояснюючи зв'язок між волокнами в папері механічним переплетенням поверхневих фібрил, а Кемпбелл - силам поверхневого натягу води, під впливом яких волокна зближаються при сушінні й утворюють кращий контакт один з одним.

Фізична теорія розмелу також не могла пояснити причину виникнення міжволоконних зв'язків у папері й втрату його міцності після зволоження.

В 1940р. Еллісом і Бассом було встановлено, що міжмолекулярна взаємодія між ланцюгами целюлози в клітинних оболонках волокна здійснюється через гідроксильні групи за рахунок *водневого зв'язку*. Як відомо, водневий зв'язок - особливий вид міжмолекулярної взаємодії, здійснюваної між двома атомами водню та іншими електронегативними атомами, наприклад киснем, фтором, азотом або хлором. Цей вид

зв'язку проявляється в речовин, що володіють високим дипольним характером. Енергія водневого зв'язку значно більше енергії зв'язку сил Ван дер Ваальса, але менше енергії хімічного зв'язку .

Відомо, що в орієнтованих ділянках целюлози гідроксильні групи цілком включені у водневий зв'язок, а в аморфних - частково. При намоканні целюлозного матеріалу вода проникає в доступні ділянки аморфної целюлози й руйнує водневий зв'язок, замінюючи його менш міцним *водним зв'язком* також через водневий місток. При подальшому набряканні целюлози в окремих її ділянках утворюються не тільки мономолекулярні, але й полімолекулярні водні плівки, причому зв'язок між ланцюгами слабшає, а гнучкість і пластичність волокон підвищуються.

Відкриття водневого зв'язку в целюлозних матеріалах зіграло важливу роль у розвитку сучасної теорії розмелу. В основу її покладена гіпотеза, що міжволоконний зв'язок у папері має ту ж природу, що й міжмолекулярний зв'язок в целюлозі.

Виходячи із *сучасного рівня знань*, процес розмелу можна пояснити в такий спосіб. При розмелі у

водному середовищі волокна целюлози піддаються різноманітним *механічним і гідродинамічним впливам*:

- прямому ріжучому, роздавлюючому й розчісувачому впливу розмелюючих елементів;
- гідродинамічним ударам волокнистої суспензії об тверді поверхні розмелюючих елементів і стінки апарата,
- зрізуючим напругам у зазорі між ножами,
- тертю один об інший й об тверді поверхні апарата.

Під впливом цих факторів волокна частково коротшають (розрізаються) і розщеплюються, від них відокремлюються невеликі фрагменти у вигляді пучків фібрил (волоконцець) і обривків клітинних оболонок. У першій стадії розмелу відбувається руйнування й видалення (стягування) зовнішніх оболонок волокна, що стримують його набрякання й фібриляцію. З руйнуванням цих оболонок оголюється фібрилярна структура основної маси вторинної стінки волокон, полегшується доступ туди води й починається процес фібриляції, що супроводжується посиленням

поглинанням води, набряканням і пластифікацією волокон.



Рис.1.15 – Волокна паперу до (зліва) і після (справа) фібриляції

Процес фібриляції полягає в послабленні й руйнуванні зв'язків між окремими фібрилами й мікрофібрилами клітинної стінки під дією механічних впливів і проникнення води в межфібрилярній простір, тобто в області аморфної целюлози, де зосереджена головна частина геміцелюлоз. Останні, розташовуючись на поверхні фібрил, посилено набухають, підвищуючи гнучкість і пластичність волокон, що сприяє ковзанню фібрил у клітинній стінці одна відносно іншої.

Таким чином, фібриляція може відбуватися як на поверхні, так й усередині клітинної стінки волокна:

- при *поверхневій фібриляції* поверхня волокна руйнується й від неї відокремлюються фрагменти клітинних оболонок і фібрил, утворюючи своєрідний ворс на поверхні

волокна, видимий при великому збільшенні мікроскопа. Це викликає зростання зовнішньої поверхні волокон в 3-5 разів при зростанні ступеня розмелу з 10 до 70 °ШР. В результаті така фібриляція збільшує здатність волокон до утворення міжволоконних зв'язків, однак вона послабляє міцність самого волокна й знижує опір паперу розкраюванню;

- при *внутрішній фібриляції* відділення фібрил не відбувається, підвищується лише гнучкість і пластичність волокон у результаті посиленого набрякання геміцелюлози у міжфібрилярних просторах, послаблення й часткового руйнування зв'язків між фібрилами. Така фібриляція надає волокну здатності до утворення міжволоконних зв'язків, не знижуючи міцності самого волокна, а тому вона є більш бажаною.

Вважають, що найбільш міцний міжволоконний зв'язок у папері утворюється, коли волокна зв'язуються між собою через фібрилярні поверхні стінок. Менш міцним виходить зв'язок, утворений між волокнами через

поверхневі оболонки й мікрофібрили, що відокремилися від волокна при розмелі.

У підсумку можна сказати, що *головна дія розмелу* полягає в:

- підготовці поверхні волокон для утворення міжволоконних зв'язків,
- наданні волокнам здатності зв'язуватися між собою в міцний лист, що досягається частковим руйнуванням і видаленням зовнішніх клітинних оболонок,
- наданні волокнам гнучкості й пластичності внаслідок послаблення й часткового руйнування міжфібрилярних зв'язків вторинної клітинної стінки (фібриляція волокна),
- посиленному набряканні целюлозного волокна й особливо геміцелюлоз у міжфібрилярних просторах і на поверхні фібрил (гідратація волокна при розмелі).

Термін «*гідратація*» тут застосовується в розумінні *колоїдно-фізичної взаємодії* целюлози з водою й досить добре характеризує сутність колоїдно-фізичних явищ, що відбуваються з волокном при розмелі.

Інша важлива дія розмелу полягає в укороченні волокон і частковому їхньому розщепленні по довжині, що необхідно для запобігання флокуляції волокон при листоутворенні й поліпшення формування самого листа.

Таким чином, *механічні процеси* здрібнювання волокон обумовлюють головним чином структуру паперового листа, а *колоїдно-фізичні процеси* - зв'язок волокон у папері. Завдяки міжволоконним силам зв'язку папір набуває щільності і міцності, а його пористість і пухлість знижуються. Від розвитку сил зв'язку й від структури паперу залежать його властивості. Регулюючи ступінь і характер здрібнювання волокон, а також ступінь гідратації їх при розмелі, можна змінювати властивості паперу.

### **Природа міжволоконних сил зв'язку і їхнє формування.**

Природа міжволоконних сил зв'язку в папері може бути різною, однак головним й основним видом цього зв'язку є водневий зв'язок через гідроксильні групи, розташовані на поверхні мікрофібрил сусідніх волокон. Поряд з водневим зв'язком у папері діють і сили Ван дер Ваальса, однак їхня енергія зв'язку не може забезпечити

достатню міцність паперу. Міцність паперу на розрив в основному обумовлена водневими силами зв'язку, частка сил ван дер Ваальса в загальній енергії розриву не перевищує 4-5% у міцних видів паперу й 20-25% у дуже слабкого паперу, у якого водневі зв'язки розвинені недостатньо. У даний час наявність водневого зв'язку між волокнами в папері можна вважати цілком доведеною.

Як уже вказувалося, велику роль для формування водневих зв'язків між волокнами грають сили поверхневого натягу води, які стягають тонкі й гнучкі волокна й приводять їх у тісний контакт між собою при пресуванні й сушінні паперу.

Сучасна теорія розмелу дозволяє правильно пояснити багато явищ і процеси при виготовленні паперу. Так, різке зниження міцності паперу при намоканні у воді пояснюється руйнуванням водневих зв'язків між волокнами. При введенні мінеральних наповнювачів й інших інертних органічних і неорганічних речовин, що утворюють які-небудь зв'язки із целюлозою, міцність паперу падає через порушення контакту між волокнами, при листоутворенні на молекулярній основі.



Сучасна теорія розмелу й листоутворення пояснює й причини малої міцності паперу, виготовленого із целюлози, у якої гідрофільні гідроксильні групи замінені на гідрофобні, а також папери, виготовлені з вовни, азбесту, синтетичного волокна й дегідратованого целюлозного волокна. Папір, виготовлений з вовни, має дуже малу міцність, як й азбестовий папір. Вовна не фібрилюється, і водневі зв'язки між волокнами не утворюються. Азбестове волокно хоча й фібрилюється й дає дуже жирну масу при розмелі, також не здатно утворювати міцні міжволоконні зв'язки через водень. Тому міцність паперу, виготовленого із цих матеріалів, обумовлюється тільки механічними силами зв'язку й силами Ван дер Ваальса, які не можуть забезпечити належної міцності азбестового й вовняного паперу.

### **Фактори, що зумовлюють сили зв'язку в папері.**

Міжволоконні сили зв'язку обумовлюють не тільки механічну міцність, але й майже всі інші фізичні властивості паперу (об'ємна вага, непрозорість, повітропроникність, всмоктувальна здатність,

деформація й ін.). Тому дуже важливо знати величину цих сил і фактори, що визначають їхній розвиток.

Волокнисті матеріали мають різну здатність розмелюватися: одні з них розмелюються швидше, інші повільніше; деякі волокнисті матеріали легко, а інші важко розщеплюються на поздовжні волоконця, треті зовсім нездатні розщеплюватися. Таке різне поведження волокон при розмелі залежить від морфології й анатомії волокна, його хімічного складу й вихідної міцності, що залежить від методу варіння напівфабрикату, його ступеня полімеризації й фракційного складу. Ці фактори не тільки визначають здатність волокнистих матеріалів розмелюватися, але й властивості виготовленого з них паперу: механічну міцність, пухлість і пористість, м'якість, всмоктувальну здатність, деформацію тощо.

Будова волокна й особливо будова його клітинної стінки впливає на характер розмелу паперової маси й у значній мірі обумовлює структуру паперового листа й показники його якості: об'ємна вага, всмоктувальна здатність, повітропроникність, механічна міцність й ін.

Легше всього в поздовжньому напрямку розщеплюються при розмелі й прядив'яні волокна, у яких фібрили в клітинних стінках розташовані паралельно

їхній осі; значно сугужніше розщеплюються волокна деревної целюлози й ще сугужніше бавовняне волокно з косим розташуванням фібрил. Бавовняне волокно при розмелі переважно коротшає. Через те, що волокно бавовни до того ж має ще широкий канал і вигнуту стрічкову форму, то з отриманої паперової маси утвориться пухкий і пористий лист паперу, що володіє високою вбираючою здатністю, але порівняно невеликою міцністю. Тому бавовняне волокно найбільш придатне для одержання вбираючих і фільтрувальних видів паперу, а лляні й прядив'яні волокна - для вироблення міцних, щільних і тонких видів.

Деревна целюлоза *хвойних порід* - найбільш універсальний волокнистий матеріал, що застосовується для вироблення різноманітних асортиментів паперу (від пухкої вбираючої до тонкої конденсаторної).

Для целюлози *листяних порід* деревини, а також *однолітніх рослин* (соломи, очерету, багаси й ін.) характерна мала довжина волокон основної волокнистої фракції й значна кількість рослинних клітин неволокнистої будови (судинних, паренхимних і склеренхимних). Тому такі волокнисті матеріали піддають головним чином розмелу без укорочення й

розщеплення окремих волокон і застосовуються тільки в сполученні з більш довговолокнистою целюлозою із хвойної деревини.

### 1.2.3.2. Наповнення паперу

Багато видів паперу виробляють із мінеральними наповнювачами, які надають паперу певних властивостей. Додають наповнювачі в паперову масу до або після її розмелу.

До наповнювачів, що вводять в паперову масу, пред'являються *певні вимоги*. Наповнювач повинен:

- мати високу білизну й з однаковою інтенсивністю відбивати всі кольори видимого спектра;
- мати більш високий коефіцієнт заломлення променів, щоб навіть у найтоншому папері забезпечувати максимальну непрозорість;
- бути однорідним і дрібнодисперсним, мати частки розміром не більше 0,3 мкм, що відповідає приблизно половині довжини хвилі видимого світла;
- частки наповнювача не повинні бути занадто твердими, щоб по можливості не робити

механічного впливу на устаткування, що застосовується для виготовлення й переробки паперу;

- бути хімічно інертним, нерозчинним у воді й незмінним на повітрі;
- мати невисоку густину, щоб не викликати різнобічність паперу й добре втримуватися на волокні;
- міцно зв'язуватися з паперовим полотном, що утворюється;
- бути доступним і дешевим.

В якості наповнювачів використовують як природні речовини, що добувають з покладів корисних копалин, так і продукти хімічної переробки мінеральної сировини (табл.1.5).

Таблиця 1.5 – Деякі властивості природних наповнювачів

Наповнювач	Густина а, ρ, г/см <sup>3</sup>	Коефіцієнт заломлення	Розмір часток, мкм	Ступінь білизни, % ISO
Каолін	2,6...3,			70...84
Крейда	2	1,55...1,60	0,5...10,0	85...95
Тальк	2,5...2,	1,50...1	0,7...5,	70...95
Гіпс	7	,65	0	70...80
Барит	2,6...2,	1,56...1	0,5...1	93...95
Силікат	8	,57	0,0	80...95
кальцію	2,3...2,	1,52...1	1,0...5,	
	4	,55	0	
	4,5	1,65	2,0...5,	
	2,5...2,	1,53...1	0	
	9	,62	1,0...1	
			0,0	

Таблиця 1.6 – Деякі властивості наповнювачів -  
продуктів хімічної обробки

Наповнювач	Густина а, ρ, г/см <sup>3</sup>	Коефіцієнт заломлення	Розмір часток, мкм	Ступінь білизни, % ISO
CaCO <sub>3</sub>	2,7...2,9	1,55...1,66	0,2...0,5	95...97
TiO <sub>2</sub>	4,2	2,70	0,2...0,5	97...99
(рутил)	3,3	2,55	0,1...0,5	98...99
TiO <sub>2</sub>	4,5	1,64	0,5...2,0	95...97
(анатаз)	4,0	2,37	0,3...0,5	97...98
BaSO <sub>4</sub>	5,6	2,01	0,3...0,5	97...98
Zn	4,3	1,84...2,0	0,3...0,5	97...98
Zn		0		
Zn+ BaSO <sub>4</sub>				

Процес введення мінеральних наповнювачів у папір називається його **наповненням або обважнінням** (отяжелением).

Основна мета введення наповнювачів у папір полягає в тому, щоб надати йому таких важливих властивостей, як:

- білизна,
- непрозорість,
- м'якість,
- гладкість,
- всмоктувальна здатність тощо.

Ці властивості особливо необхідні паперам для писання й друкування. Наповнювачі поліпшують друкарські властивості паперу. Папір краще сприймає фарбу із друкарської форми. Отримане зображення відрізняється більшою соковитістю, не просвічує на іншу сторону аркуша й не утруднює читання.

Застосування наповнювачів має також й економічне значення, тому що дозволяє замінити частину волокна більш дешевим мінеральним матеріалом. Незважаючи на значні втрати наповнювачів у виробництві, застосування їх є економічно вигідним.

Мінеральні наповнювачі *впливають на багато властивостей* паперу: товщину, об'ємну вагу, всмоктувальну здатність, повітропроникність, деформацію, гладкість і лоск, білизну, непрозорість, механічну міцність, ступінь проклейки й інші. Ступінь впливу на ці показники залежить від виду й кількості наповнювачів, що вводять.



Таблиця 1.7 – Вплив наповнювачів на властивості паперу

Збільшують показник	Зменшують показник
Об'ємна густина	Механічна міцність
Повітропроникність	Ступінь проклеювання
Вбираюча здатність	Вологоміцність
Пилення	Деформація
Гладкість і лоск	
Білизна	
Непрозорість	
Довговічність	
Рівномірність	
макроструктури	

Про кількість наповнювачів у папері судять за його *зольністю*. Знаючи природну зольність волокна й втрату при прожарюванні мінерального наповнювача в процесі озолення паперу, неважко підрахувати кількість наповнювача, що втримується в папері. Для більшості наповнювачів, крім крейди, істиний їх вміст у папері мало відрізняється від значення його зольності.

За вмістом наповнювачів всі види паперу умовно можна розбити на чотири групи:

- малозольні (до 6%),
- середньозольні (6-18%),
- підвищеної зольності (18-23%),
- високозольні (більше 23%).

До *першої групи* відноситься: електроізоляційний, фільтрувальний, деякі види просочувального паперу, папір-основа для фібри й пергаменту, жиронепроникний й інші. Перші два види паперу повинні мати найменшу зольність. Щоб знизити зольність і поліпшити споживчі властивості електроізоляційного й фільтрувального паперу, целюлозу, призначену для вироблення цих видів паперу, піддають знезолюванню.

До *другої групи* відноситься: газетний папір, шпалерний, мундштуковий, фотопідкладка - основа для світлочутливого паперу й інші. Газетний папір часто виробляють без наповнювача, хоча для підвищення її друкарських властивостей застосування наповнювачів було б корисно. Обмеження кількості наповнювача в композиції газетного паперу викликано побоюванням зниження його міцності.

До *третьої групи* відноситься: папір для письма, офсетний, літографський й інші.

У *четверту групу* входить: типографський, ілюстраційний, для глибокого друку, словниковий й інші. Максимальна зольність паперу рідко перевищує 25-30% щоб уникнути втрати її механічної міцності.

Розглянемо як впливає кількість наповнювача на деякі характеристики паперу.

**1. Товщина й об'ємна вага паперу.** Товщина паперу знижується при введенні мінеральних наповнювачів, а об'ємна вага - збільшується. Зміна цих властивостей паперу залежить від питомої ваги й ступеня дисперсності наповнювачів. Чим вище ступінь дисперсності наповнювача і його питома вага, тим більше знижується товщина й підвищується об'ємна вага паперу. Найбільшою питомою вагою відрізняються такі наповнювачі, як окис цинку (5,6), бланфікс (4,4), сульфід цинку (4,0), двоокис титану (3,9-4,2). Ці ж наповнювачі володіють і високим ступенем дисперсності. Переважний розмір часток у титанових і цинкових пігментів не перевищує 0,5 мк, у бланфікса він трохи вище. Із цієї причини зазначені наповнювачі більше за

інших знижують товщину й збільшують об'ємну вагу паперу.

## **2.Пористість і вбираюча здатність паперу**

Пористість, яка характеризується повітропроникністю, і вбираюча здатність паперу при використанні мінеральних наповнювачів зростають. Ці показники зростають тим більше, чим крупніше частки наповнювача. Дія мінеральних наповнювачів на показники повітропроникності й вбираючої здатності пояснюється тим, що частки наповнювача роз'єднують волокна й знижують міжволоконні сили зв'язку в паперовому аркуші, що приводить до підвищення пористості, всмоктувальної здатності й м'якості паперу й зменшенню опору розриву й зламу. При каландруванні паперів з мінеральним наповнювачем вони ущільнюються й повітропроникність їх знижується.

Мінеральні наповнювачі, що вводять у паперову масу, не повністю втримуються в папері. Значна їх частина виноситься разом з водами, що відходять, і якщо не приймати відповідних мір, втрати наповнювача складуть значний відсоток. При належній організації технологічного процесу ступінь утримання

наповнювачів сягає 70-80%, тоді як при поганій організації процесу втримання може становити лише 30-40%.

Механізми втримання наповнювача є різними. Розглянемо деякі з них.

1) Для *механічного утримання* наповнювача фільтрацією першорядне значення мають ступінь дисперсності, розмір і форма часток, а також розміри волокон і залежні від них розміри пор волокнистого фільтра на сітці папероробної машини. Розміри волокон у свою чергу залежать від природи волокна й ступеня розмолу.

2) *Адсорбційне втримання наповнювачів.* Мінеральні наповнювачі не мають спорідненості до целюлози. Їхні частки у водному середовищі, як і волокна целюлози, заряджені негативно, внаслідок чого вони взаємно відштовхуються й наповнювач не адсорбується волокном. Для того щоб перезарядити частки наповнювача або хоча б знизити їхній заряд, щоб перебороти сили відштовхування між волокном і наповнювачем, необхідно додати в паперову масу сірчаноокислий алюміній або іншу алюмінієва сіль і створити оптимальний рН маси. При цьому знижується

негативний потенціал як целюлози, так і наповнювача й навіть перезаряджаються його частки, здобуваючи позитивний заряд, і таким чином адсорбуються волокном.

3) Утримання наповнювачів за рахунок *флокуляції його часток*. Адсорбція тонкодисперсних часток наповнювача волокном внаслідок зниження його негативного заряду, перезарядження й координаційного зв'язку з катіоном алюмінію хоча й дозволяє значно підвищити втримання його в папері, однак не дає ще повного ефекту, який може бути отриманий флокуляцією тонкодисперсних часток наповнювача.

4) *Вплив проклеюючих речовин на ступінь утримання наповнювачів*. Введення в паперову масу *проклеюючих речовин* - крохмалю, карбоксиметилцелюлози, тваринного клею й рідкого скла - сприяє кращому втриманню наповнювачів у папері. У папері, проклеєному смоляним клеєм, ступінь утримання наповнювачів звичайно також вище, ніж у неклеєному папері. Однак це зв'язано не з дією смоляного клею, а з дією сірчаноокислого алюмінію, що вводить у паперову масу при проклейці.

5) *Вплив на ступінь утримання наповнювачів у папері інших виробничих умов.* До інших факторів, що впливають на втримання наповнювачів у папері, відносяться:

- порядок уведення проклеюючих речовин і наповнювачів,
- кількість наповнювачів, що вводять,
- ступінь використання зворотних вод у технологічних потоках,
- твердість води,
- вага 1 м<sup>2</sup> паперу,
- швидкість машини.

*Порядок введення в паперову масу клея чи наповнювачів не робить істотного впливу на втримання наповнювачів, а більше впливає на ефект проклейки паперу.*

Ще сильніше впливає на втримання наповнювачів *товщина вироблюваного паперу.* Підвищення товщини й ваги 1 м<sup>2</sup> паперу приводить до утворення на сітці більш товстого волокнистого фільтра, що краще затримує наповнювач.

*Швидкість папероробної машини* більше впливає на розподіл наповнювача в паперовому аркуші, чим на загальне його втримання в папері.

Досить важливим фактором утримання наповнювачів у виробничих умовах є *ступінь використання зворотних вод* і правильний вибір типу уловлювального апарата. До заходів, що сприяють підвищенню втримання наповнювачів у папері, відносять: найбільш повне використання оборотних вод; гарне освітління надлишкових вод масоуловлювальних установках; застосування флокулюючих речовин для коагуляції наповнювачів й інших тонкодисперсних суспензій при відливі паперу на машині; належне дозування сірчаноокислого глинозему й створення оптимального значення рН волокнистої суспензії.

Розглянемо властивості деяких найбільш поширених наповнювачів.

**Каолін**, або біла глина, є найпоширенішим наповнювачем. По своєму хімічному складу очищений каолін являє собою комплексну алюмокремнійову кислоту складу  $Al_2O_3 \cdot 2Si_2 \cdot 2H_2O$  і містить 39,6% окису алюмінію, 46,5% окису кремнію й 13,9% гідратної води. Каолін утворився з гірських порід – граніту й польового



шпату – у результаті вивітрювання й руйнування їх водою. Є родовища так званих первинних (на місці залягання материнської породи) і вторинних каолінів, тобто гірських порід, що утворилися в результаті руйнування, взмучування водою й відкладення на новому місці.

**Тальк** являє собою кислу сіль метакремнієвої кислоти складу  $3\text{Mg} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Відповідно до формули він містить 63,5%  $\text{SiO}_2$ , 31,7%  $\text{Mg}$  й 4,8%  $\text{H}_2\text{O}$ . У тальку звичайно втримуються домішки заліза й алюмінію, він дуже м'який і жирний на дотик, надає паперовій масі гладкість, м'якість і блиск. На проклеюку паперу він не дуже впливає. Завдяки лускатій формі й великому розміру часток тальк добре втримується в паперовому полотні механічно, при фільтрації через волокнистий шар. Тальк надає паперу непрозорість, однак білизна його є невисокою (70-92%). У природі тальк зустрічається різних відтінків, від білого до жовтого й зеленого. Талькову руду сортують по кольорах, просушують, піддають дробленню, а потім розмелу, після чого просівають. Розмір часток тальку коливається в межах 0,5-40 мк при наявності переважної фракції з розмірами часток 1-10 мк.

**Асбестин** являє собою волокнистий різновид тальку. По своєму хімічному складу він є кремнекислою сполукою магнію, алюмінію й вапна. Частки асбестина мають витягнуту (у вигляді паличок) форму. Завдяки волокнистій будові добре втримується в папері. Питома вага асбестина 2,3-2,7. По кольорах він, як і тальк, може бути білим, сірим, сіро-жовтим і зеленим. У паперовому виробництві застосовуються кращі сорти асбестина з гарною білизною. У закордонній практиці асбестин використають для наповнення картонів, пресшпану, слонового паперу, об'ємного паперу для друку, а також промокального й поштового паперу.

Хімічно чистий **гіпс** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) містить близько 21% води. Природний гіпс трохи забруднений і містить 18-20% води, що губиться при його прожарюванні. У паперовому виробництві гіпс застосовують у природному (ленцин) і обпаленому виді (аналін). Природний гіпс відрізняється великими розмірами часток (переважають зерна 1-10 мк). Природний гіпс сортують, дроблять, піддають тонкому розмелу, а потім просівають. Білизна природного гіпсу коливається в межах 68-93%. Недолік гіпсу - його розчинність у воді (при кімнатній температурі

концентрація його розчину становить близько 0,25%); утримання гіпсу в папері знижується внаслідок його втрат зі стічними водами. Гіпс надає паперу дзвінкість, твердість і мало знижує непрозорість. На проклею паперу гіпс впливає мало. Через грубодисперсність й твердість цього наповнювача поверхня паперу залишається шорсткуватою й погано згладжується при каландруванні.

За своїм хімічним складом **крейда** є майже чистим карбонатом кальцію -  $\text{CaCO}_3$ , що містить 56%  $\text{CaO}$  й 44%  $\text{CO}_2$ . У природних породах крейди втримуються також домішки окислів кремнію, магнію, алюмінію, заліза й деяка кількість води. Природну крейду, як і гіпс, дроблять, розмелюють і просівають, іноді піддають відмучуванню. Залежно від обробки гранулометричний склад крейди може бути досить різним. Білизна крейди може коливатися в досить широких межах - від 70-80% до 96%. Переважні розміри часток - нижче 5 мк. Крейда надає паперу м'якість, білизну, сприяє зниженню прозорості й одержанню гарного лоску при каландруванні, викликає порівняно невелике зниження міцності паперу, але володіє й одним істотним недоліком - вона розкладається навіть слабкими

кислотами з виділенням вуглекислоти, що приводить до сильного піноутворення, особливо при виробленні клеєного паперу. Як відзначають деякі дослідники, цей наповнювач погіршує проклейку паперу, тому що реагує із клеєм й утворює кальцієве мило.

Природний **сірчаноокислий барій барит**) грубодисперсний і відрізняється низькою покривальною здатністю, внаслідок чого в паперовому виробництві застосовується рідко. Практично користуються штучно приготовленим матеріалом - **бланфіксом**. Бланфікс відрізняється високим ступенем дисперсності й білизною. Білизна його коливається в межах 98–99%. Бланфікс досить добре втримується в папері, незважаючи на свою високу питому вагу (4,4), значно підвищує білизну, знижує прозорість і надає блиск паперу. Застосовується для наповнення високосортного паперу: фотопідкладки, паперу для друку й ін.

**Титанові пігменти** одержують із титанових руд, головним чином з рутилу ( $\text{TiO}_2$ ) і ільмениту ( $6\text{TiO}_3 \cdot \text{Fe} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), а також з відходів бокситу при виробництві алюмінію. Для наповнення паперу застосовують як чисто титанові пігменти, що складаються із двоокису титану, так і складні титанові пігменти, що містять двоокис

титану, гіпс і сірчаноокислий барій (останні два компоненти становлять 50-75%). Часто двоокис титану одержують із ільмениту, обробляючи його для відділення заліза (у вигляді сульфату) сірчаною кислотою. Сполуки, що залишилися в розчині, піддають гідролізу, при цьому двоокис титану випадає в осад. Титанові пігменти володіють, як і бланфікс, дуже високим ступенем білизни й дисперсності. Середній розмір часток титанових наповнювачів близько 0,3 мк. Коефіцієнт заломлення світла для різних титанових пігментів коливається в межах 1,98-2,7. Коефіцієнт відбивання світла сягає 86%, він вище, ніж в інших наповнювачів. Покривальна здатність найбільш висока в порівнянні з іншими наповнювачами. Тому титанові пігменти значно знижують прозорість паперу. Додавши в паперову масу при виробленні тонкого паперу для друку 5-6% двоокису титану, можна одержати достатню непрозорість паперового аркуша. Для досягнення таких же ефектів треба було б увести в масу близько 30% каоліну, що привело б до більшої втрати міцності паперу. Утримання титанових пігментів без допоміжних засобів є дуже низьким - (10-15%). При використанні як флокулятора алюмінату натрію або поліакриламіді воно

може досягти 85-95%. Шкідливу дію на втримання титанових пігментів спричиняє окислений крохмаль, що діє як захисний колоїд, адсорбується на поверхні часток пігменту й запобігає їх агломерації.

Титанові пігменти – наповнювачі дуже дорогі. Вони дорожче каоліну й крейди в 35-40 разів і дорожче тальку приблизно в 15 разів. Проте застосування їх виправдується економічно, тому що дозволяє при введенні невеликої кількості пігменту в масу різко підвищити якість паперу. Звичайно його витрати не перевищують 2-3% від ваги волокна. Часто його застосовують у ще менших кількостях у сполученні з іншими більш дешевими наповнювачами. Титанові наповнювачі дозволяють додати високу непрозорість і білизну паперу, просоченому маслом, парафіном або пластиками. Вони знаходять широке застосування для наповнення тонкого паперу для друку (для словників і довідників і т.п.).

В останні роки широке застосування одержали штучні силікатні наповнювачі, отримані на основі розчинних кальцієвих солей і силікату натрію (рідкого скла), а також солей алюмінію. Отримані в такий спосіб гідратовані кальційсилікатні й алюмосилікатні

наповнювачі відрізняються високим ступенем дисперсності й білизною, гарною покривальною здатністю. Вони добре сумісні з оптичними відбілювачами й порівняно недорогі. Тому вони можуть замінити більше дорогі титанові й цинкові наповнювачі у виробництві високосортного паперу. У даний час розроблені й застосовуються кілька способів одержання штучних силікатних наповнювачів, відомих під різними торговельними найменуваннями: силен ЕФ, байсикал, волокнистий наповнювач й ін.

### **1.2.3.3 Проклеювання паперу**

Проклеювання – це операція фізико-хімічної обробки волокна з метою зниження гідрофільності паперу (гідрофобізуюче проклеювання) і покращення зв'язку між волокнами в папері (зв'язуюче проклеювання).

Для надання паперу цих властивостей застосовують проклеюючі речовини. До їх числа відносять такі, що надають паперу водостійкість, а також і такі, які зв'язують волокна між собою в паперовому аркуші й тим самим сприяють підвищенню зімкнутості й

механічної міцності паперу. Перші будемо називати *гідрофобізуючими*, а другі - *зв'язувальними* проклеюючими речовинами.

За методом застосування проклеюючих речовин розрізняють:

- проклеювання паперу в масі,
- поверхнєве проклеювання.

У *першому* випадку речовина вводиться безпосередньо в паперову масу перед відливанням паперу на папероробній машині, внаслідок чого папір стає проклеєним у товщі аркуша.

У *другому* випадку проклеюванню піддають готовий папір шляхом просочення його в розчині клею чи/або його нанесення на поверхню аркуша. У цьому випадку папір піддається обробці речовинами лише з поверхні, а в товщі аркуша залишається непроклеєним. Поверхнєве проклеювання може бути здійснена на окремих машинах або безпосередньо на папероробній машині - у клеювальному пресі, а також на каландрі.

### ***Гідрофобізуюче проклеювання.***

До числа *гідрофобізуючих* матеріалів відносяться:



- звичайна й модифікована каніфоль (клей «Мерсайз», клей «Малроз» й інші),
- парафін,
- гірський віск,
- стеарати,
- силікони,
- бітум,
- латекс,
- синтетичні клеї на основі димерів алкилкетанів (аквапел), квилон і деякі інших.

Наявність в целюлозі великої кількості гідроксильних груп надає паперу гідрофільності, тому він добре змочується, всмоктує воду і навіть поглинає вологу з повітря (гігроскопічність). При цьому папір набухає, змінюється в розмірах, зв'язки між волокнами послаблюються і в результаті зменшується його міцність. Щоб зменшити вологосприйнятність паперу, потрібно зменшити гідрофільність целюлозного волокна, для чого в склад паперу вводять гідрофобні речовини, які не змочуються водою. Ці речовини надають паперу потрібний ступінь гідрофобності, знижують його здатність поглинати воду. Однак вони (за винятком латексів і бітумів, які мають сполучні властивості) не

збільшують, а навіть трохи знижують механічну міцність сухого паперу.

*Каніфольне проклеювання* робиться в масі. В якості гідрофобізуючого домішку використовується каніфоль – тверда смола, яку отримують із соснової смоли (живиці) після відгонки з неї скіпідару. Вона складається з суміші смоляних кислот (близько 80% в ній міститься абієтинової кислоти  $C_{19}H_{29}COOH$ ). Гідрофобність абієтинової кислоти пов'язана з наявністю в ній великого неполярного радикала —  $C_{19}H_{29}$ , перекриваючого полярність карбоксильної групи. Для проклеювання з твердої каніфолі, нерозчинної в воді, готують стабільну водну дисперсію, яку називають каніфольним клеєм.

Закріплення смоли на волокні ускладнюється через те, що і целюлоза, і колоїдні частинки клею мають внаслідок адсорбції іонів негативні заряди. Тому в масу, що проклеюється, додають розчин *сіркокислого алюмінію*, який, завдяки позитивному заряду поверхні, закріплюється на волокнах сам і утримує частинки смоли. В структуру паперу смола включається у вигляді окремих гідрофобних зерен. Це зменшує його

змочування водою і всотування ним води. Найбільш сильно проклясні види паперу містять 2 – 4% каніфолі.

***Парафінове і каніфольно-парафінове проклеювання.*** Для проклеювання паперу використовують також парафін, який представляє собою суміш твердих межових вуглеводнів. Їх неполярна структура надає їм високу гідрофобність. Парафін – дешевий і доступний матеріал. Проклеювання парафіном полегшується, якщо його застосувати в суміші з каніфоллю. Каніфольно-парафіновий клей готують шляхом диспергування суміші парафіну з каніфоллю і одночасним омиленням частини каніфолі. Каніфольно-парафінове проклеювання має *ряд переваг над каніфольним*: підвищується якість проклеювання, економиться дефіцитна каніфоль, зменшується піноутворення при відливанні паперу, знижується вартість проклеювання.

### ***Зв'язуюче проклеювання***

Проклеювання зв'язуючими речовинами проводиться в масі, а в разі необхідності – і з поверхні шляхом нанесення розчину клею на готовий папір. Воно посилює зчеплення волокон в структурі паперу, через

що збільшує його міцність і жорсткість та зменшує ворсистість. В результаті:

- збільшується гладкість паперу,
- збільшується опір вищипуванню волокон фарбою,
- знижується його пилення.

Крім того, зв'язуючі проклеюючі речовини сприяють утриманню наповнювача в папері.

До числа *зв'язувальних* матеріалів відносять:

- крохмаль (модифікований крохмаль, похідні крохмалю),
- тваринний клей,
- казеїн,
- соєвий протеїн,
- похідні целюлози (карбоксиметилцелюлоза, метилцелюлоза, діоксиетилцелюлоза),
- деякі рослинні камеді (манногалактани),
- рідке скло,
- синтетичні полімери (полівініловий спирт, полівінілацетат, поліакриламід, альгінати, латекси тощо).

До таких матеріалів відносять також «вологоміцні», мочевино- і меламіно-формальдегідні смоли, що надають паперу міцність не тільки в сухому, але й у вологому стані.

Більшість зв'язувальних матеріалів - гідрофільні органічні колоїди, вони мають спорідненість до целюлозного волокна й тому зв'язують між собою волокна, підвищуючи міцність паперу. Не маючи гідрофобних властивостей, вони не можуть замінити каніфоль й інші гідрофобізуючі речовини при проклеюванні паперу з метою одержання необхідної водостійкості. Однак застосування їх разом з каніфольним клеєм значно поліпшує проклеювання паперу.

Деякі з проклеюючих речовин, наприклад *латекс* і *бітум*, можна віднести до обох груп речовин, тому що вони володіють одночасно й гідрофобними й зв'язувальними властивостями.

### ***Фактори, що впливають на проклеювання***

Ефект проклеювання залежить від багатьох факторів:

- якості клея,

- порядку введення в паперову масу хімікатів при проклеюванні,
- кислотності середовища,
- якості води, що застосовується,
- температури паперової маси,
- ступеня розмолу паперової маси,
- режимів відливання, пресування, сушіння й каландрування паперу,
- властивостей вихідних волокнистих матеріалів й інших компонентів паперу.

Розглянемо деякі з названих факторів.

**Якість клея.** Як указувалося, клей може містити різну кількість вільної смоли залежно від методу його приготування. Той або інший клей необхідно вибирати з урахуванням місцевих умов на виробництві й виду паперу, що проклеюється. Із цих умов найбільше значення мають: якість виробничої води, вид волокнистих матеріалів, а також температурний режим сушіння паперу. Ці питання більш докладно будуть розглянуті нижче.

**Порядок введення в паперову масу хімікатів при проклеюванні.** Клей необхідно додавати в паперову масу раніше сірчанокиислому алюмінію, щоб він міг добре

перемішатися з волокном. При введенні сірчанокиисло-го глинозему раніше за клей утвориться грубозернистий осад смолянокислого алюмінію, що має гірші проклеюючі властивості у результаті передчасного осадження клею й неоднорідного розподілу осаду на волокні. Порядок введення наповнювача, очевидно, не робить істотного впливу на результати проклеювання. Однак існує думка, що кращі результати проклеювання досягаються при введенні наповнювача в масу після глинозему, а краща утримка наповнювачів у папері - при їхньому введенні до глинозему, проклеювання в останньому випадку трохи погіршується.

**Кислотність середовища.** Для ефекту проклеювання має значення як початковий рН маси до введення клею, так і кінцевий рН після введення сірчанокиисло-го глинозему. Початковий рН маси залежить від виду волокнистого матеріалу і якості виробничої води. Він вище при роботі на свіжій, жорсткій воді й при проклеюванні сульфатної целюлози або застосуванні кислої оборотної води. Оптимальним початковим рН маси для проклеювання паперу варто вважати 6,5-7. При такому рН клей рівномірно розподіляється в масі, і після введення сірчанокиисло-

глинозему виходять дрібні пластівці осаду, що дають тонкодисперсні клейові частки. При використанні кислої оборотної води початковий рН маси може знизитися до 4,5-5,5, що викликає передчасну коагуляцію клею з утворенням грубодисперсних пластівців. Чим кисліше маса, тим крупніше виходять пластівці й гірше проклеювання.

**Якість виробничої води.** Якість води, як відомо, характеризується тимчасовою (бікарбонатною) і постійною твердістю. Перша залежить від наявності у воді солей бікарбонатів кальцію й магнію, друга - від наявності хлоридів, сульфатів, нітратів і силікатів магнію й кальцію. Якість води дуже впливає на результати проклеювання, причому впливає по-різному й залежить від виду й складу клею. Нейтральний клей чутливий до солей як тимчасової, так і постійної твердості й починає коагулювати при твердості вище 7-9° Н (2,5-3,2 мг-екв/л) з утворенням грубодисперсних осадів резинатів кальцію й магнію, що мають гірші проклеюючі властивості, ніж резинат алюмінію.

**Температура маси при проклеюванні паперу.** Як уже вказувалося, ступінь дисперсності клейових часток в емульсії має важливе значення для ефекту



проклеювання. Тому потрібно прагнути до того, щоб зберегти їхню високу дисперсність до кінця проклеювання, тобто до остаточного закріплення клейових часток на волокні. Підвищення температури маси при проклеюванні викликає злипання й укрупнення смоляних часток у клейовому осаді, що спричиняє зниження ступеня проклеювання паперу. Із цієї причини відбуваються утруднення при проклеюванні паперу в найбільш теплу пору року, коли підвищується температура виробничої води й паперової маси при розмелі.

**Сушіння паперу.** Процес проклеювання паперу завершується при сушінні паперу на машині: смоляний осад, що складається зі складного комплексу вільної смоли, резинатів і гідроокису алюмінію, розм'якшується й сплавляється («спікається»), прилипаючи до волокон у вигляді окремих дискретних часток, при цьому він набуває гідрофобних властивостей. Вважають, що смоляний осад для одержання гарного проклеювання паперу не повинен повністю розплавлятися й переходити в рідкий стан, тому що в цьому випадку смоляні частки укрупнюються, розріджуються й можуть перейти на сукно й на сушильні циліндри.

**Властивості паперової маси.** Властивості паперової маси: ступінь розмолу, вид і кількість наповнювачів й інших хімічних добавок, а також вид волокнистих матеріалів впливають на результати проклеювання. Ступінь проклеювання паперу, що характеризується швидкістю проникнення рідини в капіляри, залежить від їх розмірів. Останні у свою чергу залежать від ступеня розмелу паперової маси. Збільшення ступеня розмелу маси повинне сприяти підвищенню проклеювання паперу, тому що при розмелі збільшуються поверхня волокон й їхня адсорбційна здатність стосовно смоляних осадів.

Наповнювачі, що входять до складу паперової маси, знижують ступінь проклеювання паперу, особливо при високому їхньому вмісті. Менше інших знижує проклеювання двоокис титану, тальк і гіпс, більше сульфат барію, сірчистий цинк та особливо сильно карбонат кальцію, що розкладається в кислому середовищі, утворюючи резинат кальцію.

Для зменшення шкідливої дії наповнювачів на проклеювання рекомендується вводити їх у паперову масу після клею й глинозему.

Зв'язувальні речовини, особливо окислений крохмаль, карбоксиметилцелюлоза й протеїни, значно поліпшують смоляну проклеювання паперу. Будучи захисними колоїдами, вони сприяють кращому розподілу смоляного клею в паперовій масі й випаданню осаду на волокнах у тонкодисперсному стані, а також охороняють смоляні частки від окислювання.

Катионно-активні сполуки (катионний крохмаль, меламіно-формальдегідна смола й ін.) значно поліпшують проклеювання паперу, підвищуючи утримання смоляного клею на волокнах,

Особливо ефективне додаткове поверхнєве проклеювання паперу на клеїльному пресі крохмалем й іншими сполуками. Воно часто застосовується при виробництві високосортних видів паперу й дозволяє значно поліпшити якість клеєного паперу.

По-різному ставляться до проклеювання різні волокнисті матеріали: одні проклеюються легко, інші набагато суцужніше й вимагають більшої витрати каніфолі. У порядку зменшення *сприйнятливості проклеюючих речовин* волокнисті матеріали можна розташувати в наступному порядку:

- сульфатна невивілена целюлоза,

- деревна маса,
- сульфатна білена целюлоза,
- солом'яна целюлоза,
- сульфітна білена целюлоза,
- сульфітна невібілена целюлоза,
- облагороджена целюлоза,
- ганчіркова напівмаса.

Такий порядок розташування обумовлений вмістом геміцелюлозних супутників у волокнистих матеріалах і їх адсорбційною здатністю. Чим вище адсорбційна здатність волокнистого матеріалу, тим легше він проклеюється.

Каландрування паперу на суперкаландрах (а також і на машинних каландрах) сильно знижує ступінь тиску, тертя й тепла, що розвивається - каландрові вали руйнують проклеювання паперу. Зниження ступеня проклеювання паперу при каландруванні може сягати 50-60% і залежить від його композиції, ваги квадратного метра, вологості й величини тиску при каландруванні. У меншій мірі (10-20%) проклеювання знижується при каландруванні високосортних видів паперу з ганчір'я й целюлози й особливо паперу з додатковою поверхневою проклеюванням крохмалем. Значно знижується ступінь

проклеювання (до 40-50%) паперу, що містить деревну масу. Вологий папір (6-8% вологи) більше знижує проклеювання при каландруванні, ніж сухий папір (4-5% вологи), а тонкий папір більше, ніж товстий, з більшою вагою квадратного метра. Проклеювання паперу знижується прямо пропорційно підвищенню тиску при каландруванні.

Шкідливий вплив каландрування на проклеювання паперу можна знизити добавкою до каніфольного клею парафіну, зменшенням вологості паперу, зниженням питомого тиску при каландруванні й поверхневим проклеюванням паперу на клейльному пресі. Кращі результати проклеювання виходять при відлежуванні добре висушеного й помірковано зволоженого паперу перед каландруванням.

**Явище розклеювання паперу.** Ступінь проклеювання паперу звичайно не залишається постійною й згодом змінюється. Часто спостерігається, що папір через кілька годин після її вироблення знижує ступінь проклеювання. Падіння ступеня проклеювання паперу триває 5-6 днів й іноді сягає значних розмірів - 40-50% первісної її величини. Досягнувши мінімуму, при подальшому зберіганні паперу, ступінь його

проклеювання починає підвищуватися й знову досягає первісного значення через 2-3 місяці. У деяких випадках нормальний ступінь проклеювання так і не відновлюється.

Явище розклеювання спостерігають й при впливі на папір сонячного світла й електричних розрядів. Встановлено, що руйнуючу дію на проклеювання здійснюють тільки промені ультрафіолетової й фіолетової частин сонячного спектра. Навпаки, інфрачервоні й червоні промені (теплове прогрівання паперу) підвищують ступінь проклеювання паперу. Причини розклеювання паперу при зберіганні й при опроміненні світлом у даний час ще не з'ясовані. Очевидно, це пов'язане із процесом зміни орієнтації молекул смоляної кислоти на поверхні смоляних часток і зміною величини вільної енергії поверхні.

### **Водостійкість**

При зануренні у воду й намоканні звичайний папір губить до 95% своєї первісної міцності в сухому стані. Проклеювання паперу каніфольним клеєм й іншими речовинами, що підвищують його гідрофобність, тільки затримує процес намокання паперу у воді, але не може запобігти втратам міцності паперу після його

намокання. Властивістю зберігати міцність у вологому стані - вологоміцністю, повинні володіти багато видів паперу: пакувальний, мішечний, картографічний, документний, серветковий, фотопідкладковий, папір для рушників тощо, а також деякі види картону. Ця властивість надається паперу проклеюванням мочевино- і меламіно-формальдегідними смолами. Рідше застосовуються для цієї мети поліетиленамін, гліоксаль і діальдегідкрохмаль. Синтетичні латекси також надають паперу вологоміцність, але на відміну від вищезгаданих речовин вони змінюють й інші властивості паперу, наприклад знижують вбиральну здатність.

#### **1.2.3.4 Фарбування паперу**

Багато видів паперу випускаються пофарбованими. До їхнього числа відносяться: писальний кольоровий, літографський, для глибокого друку, основа фібри, поштовий, промокальний, обкладинковий для зошитів і книг, різні види обгорткового паперу, для пакування, шпалерний й інші.

Папір може бути пофарбований:

- в масі,
- з поверхні.

*Перший спосіб* фарбування більш розповсюджений. При цьому способі розчин барвника вводять безпосередньо в паперову масу в процесі її підготовки, барвник адсорбується волокном або закріплюється на ньому спеціальними засобами. Папір, виготовлений з такого волокна, виявляється профарбованим у всій товщині.

*У другий спосіб* папір можна фарбувати на клеїльному пресі папероробної машини, на суперкаландрі або на спеціальних фарбувальних машинах. У цьому випадку внутрішні шари паперу залишаються непрофарбованими. Подібний спосіб фарбування вимагає менше барвника в порівнянні з першим і може виявитися раціональним при фарбуванні товстого паперу й картону. Він дозволяє вести фарбування паперу малими партіями, але зате вимагає додаткових витрат і робочої сили.

Крім фарбування паперу, для надання йому більш-менш *інтенсивних кольорів, підвищення видимої білизни й поліпшення відтінку* широко практикують також *підфарбовування* білого паперу. З цією метою звичайно використовують невеликі кількості синіх, або суміші фіолетових та червоних барвників, а також



оптичних білителів (бланкофорів), що усувають жовтизну паперу й підвищують його світлоту. Як правило, всі види білого паперу починаючи з газетного й закінчуючи високоякісним документним папером і папером для друку випускаються з підфарбовуванням.

Причиною кольоровості є вибіркове поглинання тілами світлових хвиль певної довжини.

У практиці фарбування для досягнення необхідного відтінку часто доводиться користуватися сполученням двох, трьох і більше барвників.

**Білизну паперу** можна підвищити інтенсивним відбілюванням волокна й застосуванням найбільш білих мінеральних наповнювачів, однак процес відбілювання пов'язаний з деякою втратою міцності волокна, а наповнювачі знижують міцність паперу. Навіть при найвищому ступені відбілювання для целюлозного волокна завжди характерна деяка жовтизна. Тому для усунення жовтизни паперу застосовують підфарбовування паперової маси, вводячи в неї невелику кількість (5-50 г на 1 т паперу) синього, або суміші фіолетового з червоним барвників. Вони усувають жовтизну паперу й вирівнюють спектр променів світла, відбитих від нього. Такий папір здається нам більш

білим, хоча істина білизна паперу, що реєструється фотометром, не підвищується, а навіть навпаки, трохи знижується.

Останнім часом поряд зі звичайними барвниками для підфарбовування паперу стали застосовувати так звані *оптичні білителі*, або *бланкофори*, які дозволяють істотно підвищити істину білизну паперу. Ці речовини поглинають невидимі ультрафіолетові промені сонячного світла з довжиною хвилі 300–390 нм й, трансформуючи їх у видимі промені синьо-фіолетової частини спектра, випромінюють їх разом з відбитою частиною променів світла, що падають на папір. При цьому білизна паперу тим вище, чим більше ультрафіолетових променів у світлі, що опромінює папір.

Підвищення білизни паперу під впливом оптичних білителів не виявляється звичайними фотометрами, дія яких заснована на вимірюванні відбитих світлових променів з довжиною хвилі 457 нм, тому що максимальна емісія світла оптичними білителями приходить на промені з довжиною хвилі 430-440 нм.

Для визначення білизни паперу з оптичними білителями застосовують спектрофотометри, у яких

випробуваний зразок паперу наświetлюється ртутною або ксеноновою лампою.

Оптичні білители можуть мати різну хімічну будову. Найчастіше це похідні *кумарину*, *імідозолу* або *стильбену*. У паперовому виробництві переважно застосовуються оптичні білители стильбенового ряду: похідні діаміностильбендісульфо кислоти й нітроаміностильбендісульфо кислот. За хімічною будовою, розчинністю й спорідненістю до рослинного волокна їх можна віднести до прямих барвників. Вихідним матеріалом для їхнього одержання служить толуол. На ефект посвітління паперу оптичними білителями впливають багато технологічних факторів: якість води, проклеюючі і наповнюючі речовини, температура сушіння паперу, рН й інше.

Наявність у воді катіонів полівалентних металів, особливо заліза, і зважених речовин різко знижує дію оптичних білителей. Знижує білизну паперу й смоляне проклеювання. Цьому сприяє також сірчано кислий глинозем і кисле середовище, необхідні для проклеювання.

Мінеральні наповнювачі поведуться по-різному. Найкращий ефект спостерігається при використанні

штучних силікатних наповнювачів, більш високий, ніж у випадку застосування двоокису титану. Гірші результати повітління паперу виходять при використанні каоліну як наповнювача.

Витрати оптичного білителя як при виробленні неклеєних або слабоклеєних видів паперу звичайно становить 0,1-0,2%, а при виробленні паперу з гарною проклеюю - 0,2-0,3% від ваги волокна. При цьому білизна паперу підвищується в першому випадку на 12-15%, а в другому на 8-10%.

Барвники, які застосовують в паперовому виробництві, поділяють на *мінеральні й органічні*. Серед них є природні й штучні.

Найбільше застосування для фарбування паперу знайшли органічні синтетичні барвники, які одержують із продуктів перегонки кам'яновугільної смоли. Вони відрізняються більшою розмаїтістю кольорів, відтінків і високою барвною силою.

*Синтетичні барвники* поділяють на:

- водорозчинні барвники,
- нерозчинні у воді пігменти.

Для фарбування паперу тепер застосовуються головним чином органічні синтетичні барвники й пігменти.

**Барвником** називається розчинна барвна речовина, розчин якої вводиться в матеріал і засвоюється волокнами адсорбційно або хімічно, повністю або частково, надаючи їм необхідне забарвлення. За своїм хімічному складом барвники являють собою нейтральні лужні солі сульфонових або карбонових кислот, складних за структурою молекул, або неорганічні солі органічних катіонів й аніонів.

**Пігментами** називають нерозчинні барвні речовини, які самі по собі не можуть фарбувати, але їх можна застосовувати для фарбування іншим шляхом: їх можна синтезувати на волокнах з колоїдних дисперсій за допомогою сірчаноокислого алюмінію й інших методів.

Розглянемо більш детально барвники.

### **Барвники**

За ступенем сприйняття різними волокнами й за поведженням при фарбуванні барвники поділяють на 3 групи. Нейтральні барвники першої групи називають *прямими*, другої - *катіонними*, або лужними, третьої - *аніонними*, або кислотними.

## **Лужні барвники**

Лужні барвники відрізняються яскравістю й інтенсивністю фарбування, а також відносною дешевизною, однак вони малостійкі до світла, кислот, луг і хлору. До лужних барвників відносяться: аурамін, родамін, сафранін, метиленовий голубий, хризоїдин, метилвіолет, вікторія блакитна, малахітова зелень, везувін й інші.

## **Кислотні барвники**

Більша частина їх належить до азобарвників. Кислотні барвники менш чутливі до жорсткої води, краще інших розчиняються й дають мономолекулярні розчини з утворенням аніона у формі складного кислотного залишку. Розчинність їх підвищується зі збільшенням числа сульфогруп.

## **Прямі барвники**

Вони називаються прямими тому, що мають безпосередню спорідненість до целюлози, зафарбовуючи її без усяких протравлень. Однак вони краще зафарбовують очищені волокна целюлози й ганчіркової напівмаси, ніж деревну масу. Прямі барвники є найпоширенішими й найбільш широко застосовуються для фарбування паперу. Вони відрізняються високою

світлостійкістю (більшою, ніж в лужних і навіть кислотних барвників), але поступаються лужним барвникам по барвній здатності й дають порівняно темні тони.

Прямі барвники застосовуються головним чином для фарбування неклеєного паперу, що не містить деревної маси.

До прямих барвників відносяться: хризофенін, кон-

го червоний, бензопурпурин, прямий жовтий, прямий червоний, прямий бордо, прямий голубий, прямий синій й інші.

### **Фарбування паперової маси барвниками різних груп**

При спільному фарбуванні лужними й кислотними барвниками не можна змішувати разом розчини цих фарб, тому що вони при цьому випадають в осад, реагуючи один з одним. Необхідно вводити їх у паперову масу роздільно: спочатку кислотний барвник, а потім, після введення клею й глинозему, лужний барвник. Спільне фарбування кислотними й лужними барвниками сприяє кращому використанню перших і зменшенню втрат барвників зі стічними водами.

При спільному фарбуванні паперової маси прямими й лужними барвниками, які при змішуванні також коагулюють, першим у паперову масу варто вводити прямий барвник (при рН маси вище 6), а потім, після перемішування з масою й додаванні глинозему, при рН 4,5-5,5 лужний барвник.

Кислотні й прямі барвники при змішуванні розчинів не дають осадів, однак все-таки доцільніше вводити їх у паперову масу роздільно. Першим у паперову масу варто вводити прямий барвник.

### **Дефекти фарбування паперу.**

При виробленні фарбованого й білого паперу можуть бути наступні дефекти:

- нерівномірне зафарбовування волокон паперу в результаті чого виходить так званий мармуровий папір,
- двобічність, тобто розходження в кольорі паперу з лицьової й сіткової сторін аркуша,
- різновідтінковість (головним чином).

### **Теорія фарбування**

Щоб усвідомити взаємодію барвників і волокон при фарбуванні, розглянемо фізико-хімічні властивості



волокон і барвників й їхнє поведження у водяних розчинах.

*Целюлозне волокно* має складну будову, має пористу структуру з великим числом мікроскопічних і субмікроскопічних пор і великою внутрішньою поверхнею, здатною адсорбувати різні речовини. У воді целюлозні волокна набухають, причому вода проникає в пори, капіляри й у неорієнтовані міжміцелярні простори (аморфні ділянки), послабляє й навіть руйнує на окремих ділянках водневі зв'язки усередині волокна й зв'язується з вільними гідроксильними групами целюлози, що полегшує надалі процес фарбування волокна.

У водному середовищі волокна целюлози заряджені негативно, що створює відомий бар'єр для адсорбції волокном барвників з одноіменним зарядом й, навпаки, сприяє притягуванню й адсорбції катіонних барвників.

Дослідження показали, що прямі барвники зв'язуються переважно з первинними гідроксильними групами целюлози. При фарбуванні барвник спочатку адсорбується волокном, а потім дифундує з поверхні вглиб волокна доти, поки не наступить рівновага між

концентраціями барвника в розчині й у волокні, при якій барвник рівномірно розподіляється в товщі волокна.

### **Фактори, що впливають на якість фарбування**

На фарбування паперової маси впливають багато факторів:

- ступінь розмелу й вид волокна,
- вміст проклеюючих речовин, мінеральних наповнювачів і сірчанокислового глинозему,
- рН середовища,
- температура при фарбуванні,
- температура сушіння паперу,
- каландрування тощо.

Підвищення *ступеня розмолу* паперової маси завжди поліпшує фарбування паперу, інтенсивність і глибину тону при меншій витраті барвника. Це пояснюється частково збільшенням поверхні волокон і деяким підвищенням їхніх адсорбційних властивостей, але головним чином зміною фізичних властивостей паперу при розмелі волокна, підвищенням його щільності й зниженням пористості, у результаті чого кількість відбитого світла зменшується, а пропущеного - збільшується. Якщо через папір проходить більше світла, то барвник, що перебуває в ньому, більше поглинає

світлових променів певного діапазону й тим самим збільшує барвистість. Каландрування також впливає на збільшення інтенсивності фарбування паперу, однак у меншій мірі, ніж розмел паперової маси.

Як ми вже відзначали при характеристиці окремих груп барвників, різні види волокнистих матеріалів по-різному зафарбовуються барвниками різних груп залежно від ступеня очищення й хімічного складу волокна.

*Лужні барвники* добре зафарбовують деревну масу, напівцелюлозу й невивілену целюлозу. Значно гірше й тільки за допомогою сірчаноокислого глинозему й інших протравлень вони зафарбовують білену целюлозу й ще гірше облагороджену целюлозу, ганчіркову й бавовняну напівмасу.

*Прямі барвники* добре зафарбовують білену целюлозу, бавовняну й ганчіркову напівмасу, трохи гірше невивілену целюлозу й, особливо, деревну масу.

*Кислотні барвники* зафарбовують всі види рослинних волокон, але тільки за допомогою глинозему й ще краще з проклейкою каніфоллю. Без глинозему, при виробленні неклесного паперу, кислотні барвники не

застосовуються, тому що вони погано зафарбовують рослинне волокно, не маючи до нього спорідненості.

*Пігментні барвники* зафарбовують всі види рослинних волокон, але тільки при використанні сірчанокислового глинозему. Через порівняльну дорожнечу вони застосовуються головним чином для фарбування високосортного паперу.

Багато *мінеральних наповнювачів* мають гарну спорідненість до лужних і погану до прямих барвників. Каолін має більшу спорідненість до лужних барвників, ніж невибілена целюлоза, тому він поглинає барвник з розчину при фарбуванні паперової маси й погіршує фарбування паперу. Щоб знизити адсорбцію барвника наповнювачами, доцільно вводити їх у паперову масу після адсорбції й закріплення барвників на волокні. Різний ступінь фарбування наповнювача й волокна - одна з головних причин двобічності пофарбованого паперу, тому що наповнювач нерівномірно розподіляється при відливанні по сторонах паперового аркуша.

Оптимальний рН при фарбуванні паперової маси основними, кислотними й пігментними барвниками перебуває в межах 4,5-5,5, а при фарбуванні прямими барвниками - у межах 6-7,5.

Деякі барвники змінюють колір залежно від кислотності середовища, що служить причиною різновідтінковості паперу.

### **1.2.3.5 Відливання та оброблювання паперу**

Папероробна машина - це «серце» папероробної фабрики.

На підприємствах неперервного циклу машина працює неспинно 24 години на добу протягом усього року. Її зупиняють тільки по великих святах і на ремонт. Ці зупинки варто планувати, для того, щоб оптимізувати кількість зупинок машини.

Кожна машина робить певний спектр паперу. Деякі машини менші за розмірами, вони є багатоцільовими; інші, спеціалізовані на певний тип виробів, можуть досягати високих швидкостей виробництва. Це потужна машина, продуктивність якої може сягати **5-10 тонн на годину**. Нині є різні її моделі, але тут ми обмежимося лише описом типової схеми.

До надходження в машину паперову масу очищують від важких сторонніх частинок *гідроциклонами*, а від самих грубих частинок - *центрифужними очисниками*.

Виробництво паперу здійснюється на папероробних машинах, що складаються із чотирьох частин:

- сіткової;
- пресової;
- сушильної;
- оздоблювальної (з накатом - намотуванням у рулони).

Їх можна об'єднати у дві технологічні зони: **вологу зону** (складається із секції сіток і пресів) і **суху зону** (складається із сушильних пристроїв і каландрів).

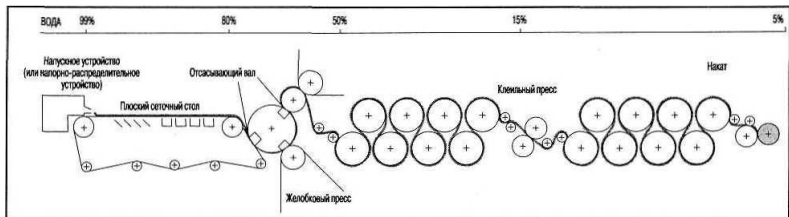


Рисунок 1.16 – Машина безперервної дії із плоским сітковим столом

### 1.2.3.5.1 Відливання паперу

**Відливання паперової маси** – остаточна підготовка паперової маси перед подачею її в напірний ящик машини. Відливання являє собою процес об'єднання волокон у форму листа зі створенням певної об'ємної капілярно-пористої структури.

### ***Волога зона***

Приготовлена паперова маса надходить у машинний басейн. Концентрація волокна в паперовій масі в машинному басейні становить 3,0...4,0 %. Масу розбавляють оборотною водою (що виділяється при зневоднюванні паперового полотна на сітковій частині машини) до концентрації, що залежить від виду продукції: від 0,1 % у випадку виготовлення найтонших видів паперу до 1,8 % при виготовленні картону.

Для відливанні паперового полотна використовують *напускні пристрої*, які покликані забезпечувати необхідний ступінь диспергування маси; стабільність потоку струменя відносно концентрації маси; гасіння пульсацій; потік суспензії у формі плоского струменя; необхідне співвідношення між швидкостями маси й сітки; встановлений кут зіткнення потоку паперової маси із сіткою.

З напірного ящика маса надходить на поверхню сіток - рухомої, віброуючої неперервної стрічки з міцної пластмаси, ширина якої визначає ширину формованого рулону паперу. Ширина папероробних машин становить від трьох до восьми (і більше) метрів.

Важливим технічним параметром є співвідношення між швидкістю маси й швидкістю сітки, що виражається наступною формулою:

$$K_M = v_M / v_c ,$$

де  $v_M$  – швидкість маси, що надходить на сітку, м/хв;  $v_c$  – швидкість сітки або окружна швидкість обертання формуючого циліндра, м/хв.

Швидкість напуску маси на сітку повинна бути на 5–10 % нижче швидкості сітки. Якщо швидкість маси значно відстає від швидкості сітки, то збільшується поздовжня орієнтація волокон (орієнтація в машинному напрямку) і міцність паперу в поздовжньому напрямку. Якщо  $K_M \ll 1$ , волокна клітковини при торканні сітки одержують велике прискорення в машинному напрямку, і папір виявляється сильно анізотропним. Якщо ж  $K_M \gg 1$ , то напливи маси, що утворюються на сітці, погіршують однорідність структури паперу. При виготовленні паперу для друку  $K_M \approx 0,95-1,00$ .

Швидкість маси, що надходить на сітку, забезпечується величиною напору  $h$ . При розрахунку напору  $h$  для заданої величини  $K_M$  потрібно мати на увазі,



що  $v_c$  відрізняється від швидкості машини, тобто швидкості намотування паперу  $v_n$ , так що

$$v_c = K_c v_n, \quad (1.2)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт відставання швидкості сітки від швидкості намотування паперу залежно від виду паперу ( $K_c = 0,90-0,95$ ). Швидкість роботи машини (м/хв) забезпечується напором

$$h = (K_c K_m / 60\mu) (v^2 \mu / 2g), \quad (1.3)$$

де  $g$  – прискорення сили тяжіння;  $\mu$  – коефіцієнт витікання (у досконалих напускних пристроїв  $\mu = 0,95-0,99$ ).

З маси, що надійшла на сітку, швидко видаляється вода, після чого, у результаті швидкого переміщення сітки і її вібрацій, волокна переплітаються й зчіплюються разом. При цьому вони вибудовуються в напрямку просування паперової маси в машині (машинний напрямок).

У самому кінці сіткової секції перебуває вирівнювач (егутер), що стискає й згладжує волокна, а також надає паперу який-небудь візерунок (сухість паперового полотна повинна складати 6-7%). Егутери (стандартні вирівнюючі валики, обтягнуті дрібною

бронзовою або сталлюю сіткою) мають поверхню з фактурою, що нагадує тихорецьке плетиво. Так, наприклад, валики типу «верже» залишають на папері паралельні лінії поперек ширини полотна, де вони перетинаються під прямим кутом більш широкими ланцюговими лініями й формують традиційний для паперу «верже» візерунок. Таким же способом створюються різні водяні знаки.

У міру того як паперова маса рухається по сітці, з неї видаляється не тільки волога, але й деяка кількість волокон і наповнювачів, які скопичуються на нижній стороні паперового полотна, через що воно має різні характеристики нижньої й верхньої сторін. Такий папір ще називають двостороннім.

А деякі машини мають також одну дренажну сітку, що рухається уздовж верхньої поверхні полотна й поглинає з неї вологу. При цьому полотно формується з більш однорідними властивостями поверхонь. Але ще більшій однорідності паперового полотна можна домогтися на двосіткових машинах, де використовуються дві сітки, кожна з яких обробляє окреме полотно паперу. Потім ці два полотна

накладаються одне на інше в пресовій секції, утворюючи двошарове полотно.

Після сітки полотно пригладжується гауч-валом, а потім проходить через ряд вовняних сукон, які підтримують полотно й направляють його в пресову секцію.

Пресова секція складається з ряду циліндричних валиків, які вичавлюють залишки води з полотна в міру проходження паперу між ними.

Вміст води на цьому етапі становить близько 80%.

### **Суха зона**

Після пресової секції паперове полотно надходить у секцію сушіння — ряд барабанів з паровим нагріванням, через які проходить паперове полотно, розміщене на сукні. У барабанах за рахунок стискання й нагрівання відбувається послідовне сушіння полотна. У середині секції сушіння, як правило, є проклеюючий прес. Це пристрій, що здійснює покриття поверхні паперу нанесенням аерозольного шару або зануренням полотна в просочувальну ванну. Такий процес називається поверхневим проклеюванням (або зовнішнім), на додаток до внутрішнього проклеювання.

### **1.2.3.5.2. Оброблювання паперу**

В сушильній частині машини закінчується процес формування паперу, але для підвищення його якості, надання певних властивостей, товарного вигляду й забезпечення належного зберігання проводять певні операції з оброблювання паперу.

Розглянемо деякі з основних операцій з оброблювання паперу.

#### **Каландрування**

В залежності від призначення випускають такі види паперу:

- без оброблювання,
- каландрований в машинному каландрі (машинної гладкості),
- оброблений в суперкаландрі (каландрований або супер каландрований).

Іноді папір машинної гладкості плутають із каландрованим папером. Крім тих розходжень, які є у двох машин, що виконують ці операції, папір машинної гладкості ніколи не буває глясовим. Іноді з естетичних або технологічних причин віддають перевагу паперу машинної гладкості, іноді - каландрованому. Технологічні причини залежать від того, що можливість

задруковквання паперу в друкарні способом глибокого друку, насамперед, тісно пов'язана з однорідністю (зімкнутістю) та гладкістю його поверхні. Папір машинної гладкості ніколи не відрізняється зовсім однорідною поверхнею, а тому глибокий друк звичайно не дає гарних результатів через так званий "непродрук" ділянок листа, на які не потрапила фарба через те, що вони не стикнулися з нею. В офсетному друці гарні результати дає й папір машинної гладкості, й каландрований папір, оскільки офсетна гума пристосовується як до тонких, так і до грубих поверхневих нерівностей.

Навпроти, довідники, підручники, художню літературу варто друкувати на гладкому, але матовому, а не на глянсовому папері, оскільки блиск стомлює зір і читання стає скрутним. Що ж стосується газет, тут думки розходяться. Папір машинної гладкості м'якше, більш пухкий, більш непрозорий; фарба на ньому легше сохне. Каландрований папір дає більш чіткий друк, більш точно зображення, краще видимий текст.

Ще одне розходження між обробкою в машинному каландрі й каландруванням полягає в тому, що папір до надходження в машинний каландр не змочується, а той

папір, що йде на суперкаландр, повинен зволожуватися. Ступінь зволоження досить різна, залежно від типу паперу, його маси, від типу обраного каландра, температури, робочий тиску й т.д. Вологість, необхідна, щоб надати паперу гарну каландрованість, може змінюватися від 7-8% для легкого крейдованого паперу до 25% для "жирного" паперу типу пергаміну.

Зволоження переслідує різні цілі - зробити папір менш тендітним, інакше він буде легко рватися; забезпечити інтенсивне випарювання води, що втримується папером, викликане нагріванням циліндрів супер каландра; забезпечити глянцевість паперу, що є досить посередньою у сухого паперу.

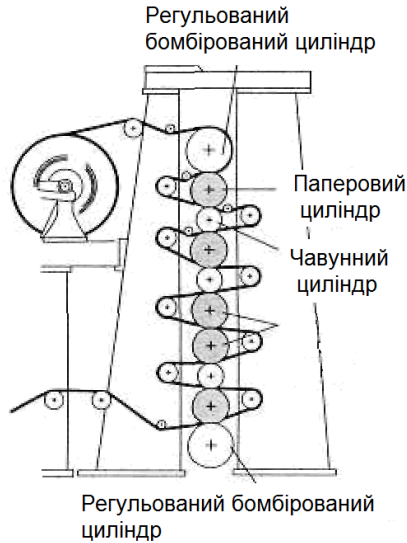


Рисунок 1.17 – Технологічна схема побудови каландру

За дуже загальною класифікацією каландри поділяють на *холодні* й *гарячі*. Перші піддаються невеликому нагріванню винятково за рахунок тертя між циліндрами; у других є можливість підігріву за рахунок вкидання пари під тиском у порожнину циліндрів.

Холодні каландри складаються з ряду циліндрів, що перекривають один одного поперемінно із чавуну кокільного лиття, та більш м'якої волокнистої маси (бавовни, суміші целюлози з вовною або азбестом).

Папір заводиться в каландр зверху, між самим верхнім і наступним за ним циліндрами, тому кожна поверхня торкається поперемінно чавунної й паперової поверхні. Приблизно в середині каландра перебувають два суміжних паперових циліндри, які перевертають поверхні паперу: та, що спочатку торкалася чавунних циліндрів, буде торкатися паперових циліндрів, і навпаки.

Глянцевитість надається твердою дзеркальною поверхнею чавунних циліндрів; паперові циліндри тільки забезпечують контртиск й, за рахунок їх відносно більш шорсткої поверхні, забезпечують більше прилипання паперу, тому що він в такий спосіб ковзає по гладкому металевому циліндрові. Твердість паперових циліндрів визначає ширину контактної смуги, а виходить, і тиск каландрування. Для крейдованих паперів необхідно, крім того, глянцювання тертям, для чого в багатьох випадках використовуються бавовняні циліндри, дуже м'які й з гарною здатністю глянцювання.

Гарний результат у каландруванні залежить не тільки від типу каландра й від процедури каландрування але, у великій мірі, і від каландрованості паперу: дуже розмелена маса дасть більш каландрований папір, але й



на м'якому папері можна одержати гарне каландрування, оскільки можна збільшити тиск, не одержуючи при цьому сірого паперу.

### **Нанесення покриття**

Під час виготовлення паперу на нього можуть наносити різного роду покриття. Найчастіше це поверхневе проклеювання та крейдування. Про поверхневе покриття та необхідність його нанесення говорилося раніше (проклеювання паперу).

### ***Крейдування паперу***

В папероробній термінології крейдова суспензія - водна дисперсія найтонших в'язучих і пігментів, що наноситься на одну сторону (односторонньо крейдований папір) або на обидві сторони паперового листа (двусторонньо крейдований папір). Після висушування крейдованого покриття на папері утвориться однорідний дуже гладкий шар, що скрадає шорсткості волокнистої основи. Покриття має мікропористу структуру, що забезпечує високу якість друку навіть із растром високої лініатури.

Крейдування здійснюють двома різними способами:

- поза машиною, тобто на вже готовий змотаний папір;

- у машині, тобто під час виготовлення паперу в машині неперервної дії.

У першому випадку машина, на якій виконують крейдування - крейдувальна машина - являє собою окремий виробничий комплекс. У другому випадку крейдувальна група включена до складу папероробної машини неперервної дії, у позиції клеювального преса.

Перші установки крейдування паперу в машині були виготовлені відразу після Другої світової війни. Крейдувальний елемент розташований приблизно в середині всієї машини, коли папір уже повністю осушений. Однак, на противагу цій тенденції, виникла й інша, що завоювала переважну позицію, - постачати машину неперервної дії окремою крейдувальною установкою. Встановлено, що економічніше розділяти дві операції по виробництву основи й крейдування, вважаючи останню частиною єдиного процесу, але такою, що йде слідом за виготовленням листа. Хоча це приводить до зайвої операції (змотуванню основи). Коли крейдувальна машина підключається в кінці машини неперервної дії, будь яка її зупинка або обмеження виробництва (зміна сіток, повстей тощо) приведе до

зупинки також і всього крейдувального комплексу; а будь яка зупинка крейдувальної машини приводить до шкідливої зупинки машини неперервної дії, і її буде складно включити.

Крейдувальні пристрої поза машиною бувають різного типу:

- з повітряним шабером,
- валикові,
- з металевим шабером,
- з використанням хромованого циліндра.

Крейдований шар можна наносити на дві сторони за дві послідовні операції, або за одну операцію.

Маса крейдового шару, що осаджується на паперову основу, коливається від 7-8 г/м<sup>2</sup> на сторону при більш дешевому крейдуванні, до 20-25 г/м<sup>2</sup> при більш дорогому крейдуванні.

Крейдований папір підрозділяється на дві великі групи:

- глясовий крейдований папір,
- матовий крейдований папір.

Основне розходження між ними в тому, що папір першого типу каландрований, а другого типу - ні.

### Склад суспензії для крейдування

Крейдувальна суспензія складається з наступних компонентів:

- пігменту;
- колоїдно-водорозчинної клеючої речовини;
- води;
- різних добавок.

Найчастіше при крейдуванні використовується *карбонат кальцію й каолін* або інший досить коштовний пігмент - *білий сатиніт* (його одержують шляхом реакції вапняного молока з розчином сульфату алюмінію).

Крім згаданих пігментів, використовуються також й інші неорганічні пігменти: титанові білила, сульфат барію тощо, майже завжди в суміші з карбонатом кальцію.

Протягом років карбонат кальцію затвердився, як найважливіший для крейдування пігмент, тому що він відрізняється високою білизною, є недорогим і дозволяє одержати матовий крейдований папір з високим ступенем гладкості.

Клеючі речовини складаються з водорозчинних колоїдів. Традиційною речовиною для крейдування є казеїн у лужному розчині. Втім, в наш час колоїди, які знайшли широке застосування - це модифіковані крохмали, тобто крохмали, які після певної обробки (окислювання, гідроліз, ферментна обробка тощо) стали водорозчинними.

В останні роки казеїн поступово замінюють синтетичними речовинами, особливо полівініловим спиртом (полімером, розчинним у воді).

Рецептуру крейдувальної суспензії встановлюють залежно від способу друку, для якого призначений папір (для високого, офсетного або глибокого), оскільки для кожного із цих способів потрібний папір з особливими поверхневими властивостями.

### Методи крейдування

Деякі системи забезпечують одночасне крейдування на обох сторонах паперової стрічки, інші забезпечують крейдування лише однієї сторони паперу, слідом за чим проводиться аналогічна операція на протилежній стороні. Останні машини називаються простими, а ті, які забезпечують одночасне двостороннє крейдування - подвійними.

Із введенням подвійних машин папір, що виходить зі стадії крейдування з одночасним двостороннім покриттям, повинен пройти через тунель, у якому потоки гарячого повітря піднімають лист метрів на двадцять, поки він частково не обсохне, після чого він надходить у ряд сушильних циліндрів, що нагріваються паром.

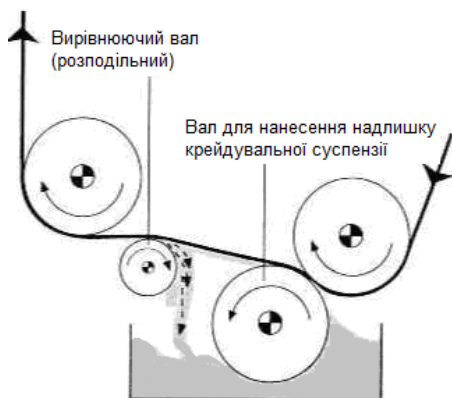


Рисунок 1.18 – Валиковий крейдувальний пристрій

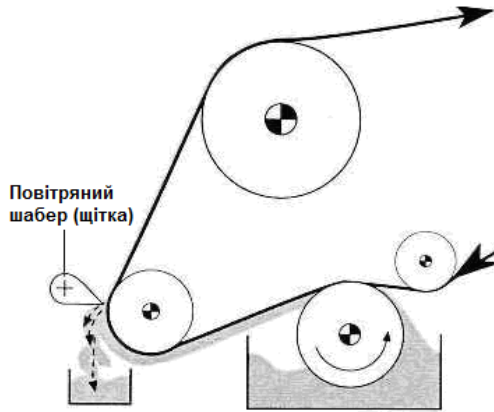


Рисунок 1.19 – Крейдування за допомогою повітряного шабера

*А)Валикове крейдування*

Значним прогресом у крейдуванні паперу стало введення керованих хромованих циліндрів, що обертаються зі швидкістю, рівною або відмінною від швидкості паперу: деякі з них можна тягти або навіть котити в напрямку, протилежному руху паперу.

Сушіння паперової стрічки проходить у тунелі за допомогою гарячого повітря. У деяких установках потужність сушіння збільшена за рахунок інфрачервоного випромінювання, що випромінюють електричні опалювальні панелі або газові пальники.

*Б)Крейдування за допомогою повітряного шабера*

Паперова стрічка, що йде з катушки на размотувач, прилипає до рухомого металевого циліндра, що зачерпує крейдувальну суміш з бака, тому лист покривається надлишковою кількістю крейдувальної суміші. Надлишок здувається з листа тонким повітряним струменем, спрямованим під кутом до поверхні паперу, збирається у ванну, де перемішується й рекуперується зі свіжим повітрям. Можна відрегулювати зазор (ширину повітряного струменя), кут його нахилу й швидкість вихідного повітря.

Система крейдування повітряним шабером дає папір з гарною якістю поверхні, у тім відношенні, що виникаюче згладжування частково скрадає поверхневі шорсткості волокнистої основи.

#### *В) Крейдування металевим лезом - шабером*

Принцип надзвичайно простий: паперову стрічку, що прилипає до циліндра з напів'якого каучуку, покривають надлишковою кількістю крейдувальної суміші, а гнучке металеве лезо (шабер) зіскрібає з поверхні надлишок суміші.

Крейдування металевим шабером має ряд значних переваг у порівнянні з усіма іншими системами: насамперед, швидкість дії. За рахунок зіскребування й



проглажування нерівності основи майже знищуються і поверхня стає однорідною, бархатистою, набуває високого ступеню каландрованості.

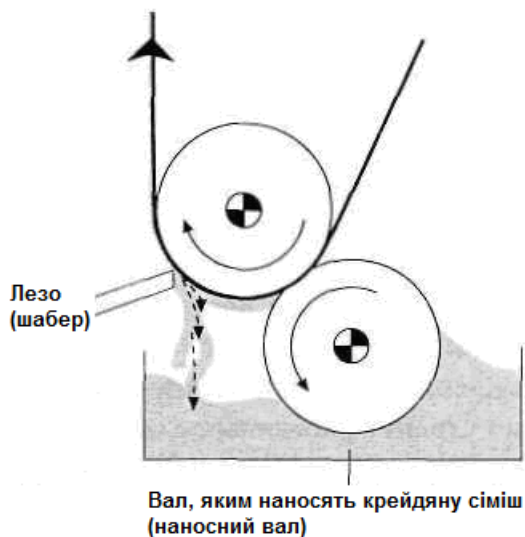


Рисунок 1.20 – Крейдувальний пристрій з металевим шабером

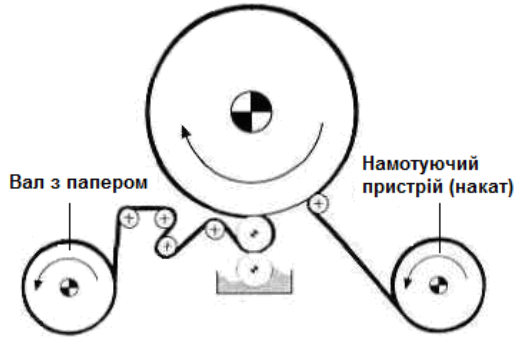


Рисунок 1.21 – Крейдування за допомогою хромованого циліндра

*Г) Крейдування за допомогою хромованого циліндра*

Ця система така ж, як і та, яка використовується для одержання паперу однобічної гладкості, або «афішного паперу». Такий тип паперу - природного, тобто, некрейдованого - зобов'язаний своїм глянцем наступному механізму: ще вологий, тобто пластичний лист притискається до поверхні великого циліндра, нагрітого до високої температури. Тиск моделює поверхню листа до точної відповідності поверхні циліндра.

У системі крейдування хромованим циліндром використовують той же принцип: папір, на який нанесений дозований шар вологого крейдованого

покриття, притискаючись до хромованого циліндра, прилипає й приклеюється до поверхні. Температура циліндра висушує крейдований лист, який сам відлипає, набуваючи дзеркальної поверхні. Цей метод, особливо придатний для важкого паперу й напівкартону, називається також «литим крейдуванням» ( cast-coating).

### **Намотка паперу (накати)**

Машина, яка перетворює великий рулон, що виходить із машини неперервної дії, в більш дрібні рулони, називається *намотувальною машиною*. Вона повинна змотати стрічку з вала, розрізати папір на кілька стрічок певної ширини, обрізати крайки й намотати їх під регульованим тиском на картонну втулку. Різання - це дуже тонка операція; вона виконується циркулярними ножами й контрножами, керованими таким чином, що два леза діють, як єдині циркулярні ножиці.

Регулярний постійний натяг паперової стрічки забезпечує одержання компактного рулону, готового до подальшого використання.

### **Нарізка паперу**

На останній стадії процесу виробництва паперу великий рулон перемотується й нарізається на рулони меншого розміру. Якщо необхідно одержати аркуші, то

рулони відправляються в цех розкрою або на інше підприємство, що спеціалізується на різанні.

Паперорізальні машини перетворюють рулон паперу з неперервної стрічки в аркуші. Паперорізка - проста машина; вона складається з каркаса рулоноутримувача, групи поздовжнього розрізу обертовими ножами й багатоножової групи, що забезпечує поперечне різання. Симплексні паперорізки забезпечують різання одного формату; дуплексні можуть різати одночасно з одного або декількох рулонів аркуші різних поздовжніх і поперечних розмірів.

Поздовжнє різання однієї або декількох паперових стрічок виконуються обертовими ножами: подвійна пара з боків, що зрізує крайки, і інші пари (ніж і контрніж), що зміщуються таким чином, щоб одержати бажані розміри.

Поперечне різання виконується ножем, змонтованим на утворюючу металевого циліндра. Виступаючий ніж на кожному колі зустрічається з нерухомим контрножем, розташованим на відповідному супорті. Регулюючи швидкість подачі паперу падінням ножа (швидкість обертання циліндра), одержують нарізку бажаного формату й з допусками, необхідними сучасними листовим друкованими машинами.

## **Кондиціонування паперу**

Кондиціювати папір - значить довести ступінь його вологості до певного постійного значення на всьому листі й в усій партії. Якщо кондиціонований папір перебуває в кондиціонованій атмосфері, тобто за відносної вологості, тотожній за вмістом вологи, вона буде стабільною за розмірами при різних маніпуляціях і не буде ні гофруватися, ні морщитися.

Однак умови споживання висунули нові вимоги: більш швидкісні друкарські машини, швидкість вимикання, зменшення відходів, вимоги отримання все кращих результатів тощо.

Майже повсюдно в друкарських цехах зазвичай підтримують кондиціоновану атмосферу з відотною вологістю 50% і температурою 23°C.

## 1.3 Основні властивості паперу

Властивості паперу складають досить великий перелік. Тому їх прийнято групувати за такими ознаками:

- структурно-розмірні (товщина, грамаж, щільність, пористість, зольність, рівність, гладкість, нерівномірність структури);
- механічні (міцнісні, деформаційні);
- сорбційні (гідрофільність, гідрофобність, усмоктувальна здатність);
- оптичні (білизна, глянець, прозорість, світлостійкість).

### 1.3.1 Структурно-розмірні властивості

Під структурно-розмірними властивостями паперу розуміють такі, що визначають його формат, масу, товщину, щільність, поверхневі та об'ємні характеристики та їх рівномірність.

*Товщина паперу* є основною характеристикою будь-якого листового матеріалу й істотно впливає на механічні й оптичні властивості паперу, а також на проходження його в друкарській машині. Наприклад, за інших незмінних умов зі збільшенням товщини

зростають міцність паперу, непрозорість, деформація стискуванню тощо.

Для друкування використовують папір товщиною від 30 до 250 *мкм*. Товстіший матеріал, товщиною до 300 *мкм*, називають картоном. Основна маса паперу для друку має товщину 70—100 *мкм*. Оцінюють даний показник за стандартом ГОСТ 27015. Товщину вимірюють за допомогою товщиноміра з точністю до 1 *мкм*.

Неоднорідний за товщиною папір характеризують середнім значенням товщини. Якість відбитків значною мірою залежить від однорідності товщини паперу в аркуші, стопі, рулоні. Відхилення за товщиною спричиняє дефекти в процесі друкування.

В міжнародній практиці товщину (caliper) вимірюють в мікронах або в тисячних частках дюйма - пунктах (thou, point).

*Маса квадратного метра* — другий важливий показник характеристики паперу. При однаковому складі та ступені каландрування, маса квадратного метра пропорційна середній товщині аркуша. Папір для друку використовують масою від 30 до 250  $г/м^2$ . Матеріал,

маса якого більше  $250 \text{ г/м}^2$  прийнято називати картоном. Масу  $1 \text{ м}^2$  паперу перевіряють за ГОСТ 13199.

За міжнародним стандартом *папером* вважають виробу з масою до  $225 \text{ г/м}^2$ , а *картоном* – понад  $225 \text{ г/м}^2$ . Проте, такий поділ є умовним, оскільки деякі виробу з масою понад  $225 \text{ г/м}^2$  називають картоном, а виробу з масою понад  $225 \text{ г/м}^2$  — папером. До прикладу, у **Німеччині** використовують поділ: папір — від 7 до  $150 \text{ г/м}^2$ ; картон — від 250 до  $450 \text{ г/м}^2$ ; папка — понад  $600 \text{ г/м}^2$ .

Масу одиниці площі можна описати як «масу  $1 \text{ м}^2$ » - *грамаж* (grammage), оскільки вона вимірюється в грамах на квадратний метр ( $\text{г/м}^2$ ). Інші близькі терміни - це маса стопи («basis weight» й «substance»), що звичайно відповідає вазі (у фунтах) певної кількості аркушів заданого розміру - наприклад, 500 аркушів розміром  $24 \times 36$  дюймів загальною площею 3000 кв. футів. У деяких галузях використовуються й інші одиниці - наприклад, фунти на 1000 кв. футів або фунти на 2000 кв. футів.

Розмірний показник маси квадратного метра є основним при розрахунках необхідної кількості паперу



для видання, а також при різних розрахунках під час приймання від постачальника.

Для друкування газет використовують, головним чином, папір масою 45—51 г/м<sup>2</sup>, для книг, інструкцій, інформаційних листівок — 55—70 г/м<sup>2</sup>. Для листівок, проспектів і буклетів найчастіше застосовують папір із масою 115—150 г/м<sup>2</sup>, для плакатів — 130—200 г/м<sup>2</sup>. Візитні картки, рекламні папки й обкладинки, кишенькові календарі тощо, зазвичай, друкують на папері — 200—300 г/м<sup>2</sup>. Слід також врахувати, що сорти паперу з однаковою масою квадратного метра можуть мати різну товщину аркуша і відрізнятися за жорсткістю.

**Щільність паперу** залежить від:

- виду та ступеня розмелювання волокон,
- кількості наповнювача,
- ступеня каландрування паперу тощо.

Наповнювач суттєво зменшує об'єм пор паперу: зменшується об'єм великих пор і збільшується об'єм пор малих радіусів. Для друкарських сортів паперу показник щільності паперу знаходиться в межах від 0,5 до 1,35 г/м<sup>3</sup>. Щільність паперу тісно пов'язана з пористістю. Для характеристики пористої структури паперу інколи використовують термін «пухкість» — величину

обернену щільності. Пухкість друкарських паперів коливається, у середньому, від  $2 \text{ см}^3/\text{г}$  (для пухких, пористих) до  $0,73 \text{ см}^3/\text{г}$  (для високощільних каландрованих паперів).

**Пористість** — це ступінь заповнення міжволокнистого простору паперу порожнинами. Вона визначається відношенням об'єму пор до об'єму паперу. Чим більша пористість паперу, тим менша його щільність. Висока пористість паперу забезпечує добру вбирну здатність і, відповідно, впливає на швидкість закріплення фарби, але водночас при сильному вбиранні фарби, відбитки виходять менш контрастними і насиченими. На більш щільному, менш пористому папері зображення отримуються чіткішими.

**Зольність** характеризує вміст наповнювача в папері. Волокнисті матеріали та органічні сполуки практично повністю сгорають. В золі залишаються тільки неорганічні наповнювачі та деякі пігменти. Тому зольність визначається відношенням маси паперової золи до початкової маси паперу (у процентах).

Розрізняють папери:

- малозольні (до 6%),
- середньозольні (6-18%),

- підвищеної зольності (18-23%),
- високозольні (більше 23%).

При оцінюванні рельєфу поверхні паперу розрізняють такі поняття як рівність і гладкість, які проявляються в залежності від співвідношення *мікро- та макронерівностей* поверхні. Під макронерівностями розуміють нерівності з великим кроком (більшими за 1 мм<sup>2</sup>).

**Рівність** паперу – це параметр, що визначає збереження загального рівня поверхні паперу, тобто *макронерівність*.

**Гладкість** паперу пов'язана з мікрорельєфом поверхні – відсутністю *мікронерівностей*, і визначає його «роздільну здатність» - тобто здатність передавати без розривів і спотворень найтонші барвисті лінії, точки і їхні комбінації. Це одна з найважливіших друкарських властивостей паперу. Чим вище гладкість паперу, тим більше контакт між її поверхнею й друкарською формою, тим менший тиск потрібно прикласти при друкуванні, тим вище якість зображення. Гладкість паперу визначається в секундах за допомогою пневматичних приладів або за допомогою профілограм, що дають наочне уявлення про поверхню паперу. При застосуванні

пневматичних приладів гладкість визначається кількістю секунд, які необхідні для проходження через папір 10 мл повітря при середньому значенні вакууму в приладі 380 мм Нг.

Різні способи друку пред'являють до паперу різні вимоги за гладкістю. Так каландрований типографський папір повинен мати гладкість від 100 до 250 сек, а офсетний папір того ж ступеня обробки може мати гладкість набагато нижче - 80-150 сек. Папір для глибокого друку відрізняється підвищеною гладкістю, що становить від 300 до 700 сек. Газетний папір не може бути гладким через високу пористість. Істотно поліпшує гладкість поверхні нанесення будь-якого покривного шару - поверхневе проклеювання, пігментування, крейдування (яке, у свою чергу, може бути різним: одностороннім і двостороннім, однократним і багаторазовим тощо).

**Неоднорідність структури** проявляється у:

- зміні властивостей паперу у різних напрямках (машинний та попереківий напрям),
- зміні властивостей паперу з різних сторін (сіткова та лицьова сторона),

- зміні властивостей паперу на просвіт (хмаристість).

*Неоднорідність структури паперу* пояснюється його багатокомпонентним складом та особливостями технології виготовлення.

У процесі виготовлення паперу, паперова маса стрімким потоком надходить на сітку папероробної машини, що досить швидко рухається. Тому властивості паперового аркуша в повздовжньому та поперековому напрямках будуть дещо різними.

Волокна розподіляються в товщині аркуша нерівномірно. Нерівномірно розташовуються, наприклад, частинки наповнювача. Вміст наповнювача зі зворотного боку на 15-18% менший, ніж з лицьового. Тому лицьовий бік паперу, протилежний бокові, що контактує з сіткою папероробної машини, буде рівнішим, ніж зворотний.

Машинний напрямок паперу — це переважний напрямок волокон. Його може визначити й неспеціаліст.

*Випробування 1.* Зволожите одну сторону листа паперу водою. Папір зігнеться в напрямку, перпендикулярному напрямку волокон, оскільки в цьому напрямку волокна можуть розширюватися легше всього.

*Випробування 2.* Надірвіть папір з двох сторін листа, що перебувають під прямими кутами один до одного. Та сторона, де розрив паперу відбувається за більш-менш прямої лінії, показує машинний напрямок. Це пов'язане з тим, що папір рветься паралельно напрямку волокон. У поперечному напрямку папір розірвати сутужніше, а сам розрив буде нерівним і вигнутим, оскільки він впливає на волокна вертикально.

*Випробування 3.* Проведіть обидва краї паперу між нігтями великого й середнього пальців. У машинному напрямку легкий тиск нігтя не зробить ніякого впливу, тоді як у поперечному напрямку воно викличе появу слабкої хвилястості.

Відомо, що просвіт паперу характеризує ступінь однорідності його структури, тобто ступінь рівномірності розподілу в ньому волокон. Про просвіт судять за спостереженням паперу напросвіт. При цьому можна спостерігати, наскільки він є оптично однорідним. Хмаристість паперу, тобто наявність у ньому світлих і темних місць, свідчить про недостатньо рівномірне розташування в папері волокон і нерівномірну його товщину.

Папір з незадовільним просвітом відрізняється поганими друкарськими властивостями й при зволоженні стає хвилястим.

Сильнохмаристий папір виглядає плямистим й має знижене значення показника білизни. Неоднорідна структура приводить також до нерівномірного фарбування поверхні паперу, впливає на показники механічної міцності, повітропроникність, всмоктувальну здатність.

*Рівномірність просвіту* паперового полотна обумовлюється цілим рядом факторів, опис яких і механізм взаємодії розкриті ще далеко не повністю. До них варто віднести:

- ступінь і характер розмелу волокнистої маси,
- наявність або відсутність у масі наповнювачів і проклеюючих речовин,
- швидкість надходження маси на сітку відносно швидкості самої сітки,
- умови тряски на сітковому столі,
- температуру паперової маси при її надходженні на сітку,
- рН середовища при відливанні паперу,

- конструктивні особливості сіткового стола папероробної машини й багато інших.

Рівномірність просвіту паперового полотна визначають наступними методами:

- *оптичним* (полягає у фіксуванні коливань білизни паперу);
- *гравіметричним* (заснований на коливаннях маси невеликих ділянок паперового полотна);
- *експертним* (заснований на почуттєвому сприйнятті просвіту паперу групою осіб).



### 1.3.2 Механічні властивості

Наступна група - це **механічні властивості** паперу, які можна поділити на:

- міцнісні,
- деформаційні.

*Деформаційні властивості* проявляються при впливі на папір зовнішніх сил і характеризуються тимчасовою або постійною зміною форми або об'єму листа. Основні технологічні операції супроводжуються істотним деформуванням паперу. Папір піддається різним деформуючим впливам: розтягання, стискання, вигину. Від того, як поведеться папір при цих впливах, залежить нормальний плин технологічних процесів друкування й наступної обробки. Так, наприклад, при друкуванні високим способом із твердих форм при великих тисках папір повинен бути м'яким, тобто легко стискуватися, вирівнюватися під тиском, щоб забезпечити найбільш повний контакт із друкарською формою.

Залежно від величини і часу дії навантаження, властивостей самого паперу, а також особливостей проведення конкретної технологічної операції виникає

деформація різного характеру: *пружна, еластична й пластична.*

**Пружність** — це властивість матеріалу змінювати свою форму під дією відповідної напруги і після усунення її дії миттєво відновлювати цю форму. Отже, пружність — це повністю зворотна деформація, що миттєво виникає і відповідно до закону Гука пропорційна значенню прикладеної напруги:

$$\varepsilon = \frac{P}{E}, \quad (1.4)$$

де  $P$  – напруженість,  $[Н/м^2]$ ,  $E$  – модуль пружності (модуль Юнга, безрозмірна величина). Такі властивості мають тверді тіла, деформація в яких відбувається за рахунок розтягування хімічних зв'язків або подолання сил іонного або молекулярного тяжіння. Ці сили діють тільки на малих віддальх, тому пружні деформації мають невелике значення, перевищення якого зразу приводить до руйнування структури тіла. Пружність є мірою жорсткості матеріалу. Пружні деформації розповсюджуються у матеріалі зі швидкістю звука.

Твердість паперу різна залежно від напрямку волокон. При розтягненні папір володіє властивостями пружного, твердого матеріалу, і його можна розтягнути

лише на 1—2%. У повздовжньому напрямку папір більш твердий і видовжується в декілька разів менше, ніж у поперечному. При стисканні папір деформується на 10—30% за рахунок пористої структури.

*Еластичність* — властивість матеріалу зазнавати великих зворотних деформацій при невеликих навантаженнях з пропорційністю, подібною до закону Гука:

$$\varepsilon = \frac{P}{E_e}, \quad (1.5)$$

де  $E_e$  - модуль еластичності. Еластичні деформації поступово зникають після усунення дії напруги, а тіло відновлює свою попередню форму та розміри. При деформації еластичних матеріалів долається не енергія зв'язків, а енергія теплового руху. Еластична деформація виникає не миттєво, як пружна, а з часом. Тому її іноді визначають як затриману у часі пружну деформацію. Цей тип деформації притаманний високомолекулярним сполукам, наприклад таким, як целюлоза.

*Пластичність* — властивість матеріалу залишатися деформованим після зняття напруги. Отже, пружно-еластична деформація є повністю зворотною

деформацією, а пластична — незворотною. Пластичність є прикладом того, як в реальних матеріалах сполучаються різні деформаційні властивості, притаманні рідким і твердим тілам – плинність та пружність.

Основа паперу — *целюлоза* — пружний еластичний полімер, який при певних зусиллях володіє залишковою деформацією. Пружно-еластичні властивості целюлози позитивно впливають на друкування, хоча деколи бувають недостатніми для вирівнювання поверхні паперу під час друкування. Підвищення пружно-еластичних властивостей паперу є проблематичним, а для брошурувально-палітурних процесів може бути небажаним. Поруч з тим, підвищують пластичність паперу кількома шляхами. До прикладу, папір, з деревною масою, волокнами целюлози пісного розмелу, та значною кількістю наповнювача та води є пластичним. При цьому сухий, малозволожений, ненаповнений папір – еластичний. При значній нарузі в структурі паперу спостерігається розрив окремих волокон, що спричиняє виникнення додаткових залишкових деформацій. З іншого боку, у надмірно зволоженому папері волокна розсуваються

тоненькими прошарками води, і сила водневих зв'язків між волокнами слабшає. У вологому папері надлишкова деформація волокон збільшується під дією зусиль.

Пластичність паперу сприяє підвищенню чіткості відбитка країв друкувальних елементів і протидіє видавлюванню фарби за межі вічка, що дає змогу отримати відбитки кращої якості. Однак, при надмірному натискуванні друкарського циліндра залишкова деформація може бути настільки сильною, що відбитки отримують зворотний рельєф. Утворення рельєфу небажане, бо він утруднює друкування зі зворотного боку аркуша. Відповідно, при друкуванні в папері повинні виникати лише зворотні пружно-еластичні деформації.

В офсетному друці можна використовувати більш твердий папір, бо його нерівна поверхня добре контактує з гумовим циліндром і відбиток на твердому папері отримують внаслідок деформації гуми. Офсетний папір не має бути пластичним, оскільки це спричинює деформацію (розтискування) друкувальних елементів і нанесені фарби не співпадають.

У брошурувально-палітурних процесах при фальцюванні аркушів паперу, пресуванні книжкових

блоків необхідно, щоб у папері проявлялась залишкова деформація, як внаслідок ущільнення структури та локального руйнування волокон, що забезпечує стабільність рельєфного зображення, стійкість фальцю, дає можливість отримати більш компактний книжковий блок. Щоб досягти залишкової деформації, взірці витримують під дією пресу протягом тривалого часу.

Деформаційні властивості паперу також відображає такий параметр як *м'якість*. М'якість паперу пов'язана з її структурою, тобто з його щільністю й пористістю. Наприклад, крупнопористий газетний папір може деформуватися при стисканні до 28%, а в щільного крейдованого паперу деформація стискання не перевищує 6-8%. Для високого друку важливо, щоб ці деформації були повністю зворотними, щоб після зняття навантаження, папір повністю відновлював первісну форму. У протилежному випадку, на відбитку будуть видними сліди оборотного рельєфу, що говорить про те, що в структурі паперу відбулися серйозні зміни. І навпаки, якщо папір призначений для обробки тисненням, то метою стає залишкова деформація, а показником якості є незворотність, тобто стійкість рельєфу тиснення.

*Міцність паперу* — важлива характеристика, що визначає можливість чинити опір руйнуванню при дії механічних сил. Вона забезпечує можливість використання паперу на поліграфічних машинах з великими швидкостями, а також збереження та довговічність готової друкарської продукції. Недостатня міцність паперу є причиною збільшення відходів і зниження продуктивності друкування.

Головними *факторами*, від яких залежать властивості міцності та деформації паперу є:

- волокнистий склад;
- ступінь розмелу волокнистих напівфабрикатів;
- наявність в папері наповнювача;
- поверхнева проклейка;
- ступінь каландрування;
- вологість паперу.

Міцність паперу залежить від складу та структури. Рослинні волокна мають доволі високу механічну міцність, яка порівняна з міцністю багатьох металів. Тобто, якщо папір був би суцільним матеріалом, то його міцність могла бути аналогічною міцності сталюого листа. Але міцність паперу зазвичай визначається не міцністю самого волокна безпосередньо, а міцністю

зв'язків між волокнами, що в свою чергу задається ступенем фібрилювання волокон і щільністю паперу. На такі властивості впливає його волокнистий склад. Тобто, деревна маса є менш гнучкою і має меншу здатність до встановлення водневих зв'язків, чим целюлоза та знижує міцність паперу. Подібним чином на міцність паперу впливають наповнювачі, які послаблюють контакти між волокнами.

Для дослідження міцності паперу використовують різноманітні методи, які відтворюють умови стадій технологічного процесу при виготовленні поліграфічної продукції. Значення даних показників умовні й залежать від способу їх визначення.

**Основними показниками міцності є:**

- міцність паперу на розривання і видовження;
- міцність паперу на згинання;
- міцність паперу на надривання;
- міцність поверхні до стирання.

*Міцність паперу на розривання і видовження* при розтягуванні визначається зусиллям, необхідним для розривання смужки паперу стандартної ширини (15 мм) і вимірюється на спеціальному приладі — динамометрі.



Перед тим як розірватися на розривній машині, досліджувана смужка паперу розтягується. Показник розтягування паперу перед його розриванням доволі важливий, бо він частково характеризує еластичність паперу, здатність його не розриватися при значних навантаженнях на паперову стрічку, які можуть несподівано виникнути на ротаційних машинах при вібраціях машини та випадкових поштовхах.

За стандартами міцність паперу на розривання визначається розривною довжиною. *Розривна довжина* — це розрахункова довжина смужки паперу, яка під час підвішування за один кінець розривається під дією власної ваги. Розривну довжину можна розрахувати, знаючи зусилля, при якому розривається смужка паперу певної ширини. Так для більш м'яких типографських паперів, розривна довжина становить не менше за 2500 м, а для твердих офсетних - до 3500 м і більше.

*Міцність паперу на згинання* є важливою в процесі використання поліграфічної продукції. Важливий цей показник для паперу картографічного, обкладинкового, документного, форзацного, призначеного для виготовлення велико-форматних

вклейок, вкладок, які в процесі складання багато разів згинаються.

*Міцність паперу на згинання* визначається кількістю подвійних згинів (на  $180^\circ$ ), які витримує смужка паперу до того, як розірватися на спеціальному приладі — фальцері.

*Міцність паперу на надривання* є важливою для рулонного паперу, і значно для друкування газет на ротаційних швидкісних машинах, коли часто відбувається обрив паперового полотна у зв'язку з недостатністю опору краю паперу надриванню. Міцність паперу на надривання можна визначити на динамометрі, затиснувши взірець паперу з перекосом. Тоді зусилля розтягування нерівномірно розподіляється по усьому розрізу смужки паперу, і сконцентроване на натягнутому краї.

Мірою опору паперу до висмикування волокон у процесі друкування є *міцність поверхні до стирання* є. Висмикування волокон залежить від міцності поверхні паперу, а також і від липкості фарби. А також воно викликається високою швидкістю роботи друкарської машини або значним зниженням температури фарби. Висмикування залежить також, у значній мірі, від

товщини фарбового шару, величини поверхні контакту фарби з папером. Міцність поверхні паперу залежить від сил скріплення волокон і значно підвищується при введенні поверхневої проклейки. Кількісно стійкість поверхні паперу до висмикування характеризується швидкістю друкування (*м/сек*), при якій це відбувається. Визначення цього показника здійснюється на пробних друкарських пристроях.

### 1.3.3 Сорбційні властивості

До сорбційних властивостей паперу відносять:

- гідрофобність,
- гідрофільність,
- всмоктувальну здатність.

*Гідрофобні та гідрофільні властивості* є надзвичайно важливими для визначення ступеню проклеювання, вбирної здатності, водопоглинання, деформації паперу при зволоженні, гігроскопічності, вологості.

Вбираюча здатність паперу, у першу чергу, залежить від її структури. Перш ніж говорити про особливості цієї взаємодії в тих або інших випадках, необхідно ще раз згадати основні типи структур сучасних друкарських паперів. Якщо зобразити структури паперу у вигляді шкали, то на одному з її кінців розмістяться крупнопористі папери, що складаються цілком з деревної маси. Інший кінець шкали займуть чистоцелюлозні мікропористі папери. Трохи лівіше розташуються чистоцелюлозні некрейдовані папери, теж мікропористі. А всі інші займуть проміжок, що залишився.

Макропористі папери добре сприймають фарбу, усмоктуючи її як єдине ціле. Тут необхідні малов'язкі фарби. Рідка фарба швидко заповнює великі пори, усмоктуючись на досить значну глибину. Причому надмірне її усмоктування може навіть викликати "пробивання" відбитка, тобто зображення стає видимим зі зворотного боку листа. Підвищена макропористість паперу небажана, наприклад, при друці ілюстрацій, коли надмірне всмоктування приводить до втрати насиченості й глянцеvitості фарби. Для мікропористих (капілярних) паперів характерний механізм так званого "вибіркового

усмоктування", коли під дією сил капілярного тиску в мікропори поверхневого шару паперу усмоктується, переважно, малов'язкий компонент фарби (розчинник), а пігмент і плівкоутворювач залишаються на поверхні паперу. Саме це й потрібно для одержання чіткого зображення. Через те, що механізм взаємодії папір-фарба в цих випадках різний, для крейдованих і некрейдованих паперів готують різні фарби.

### **Лінійна деформація при зволоженні**

Збільшення розмірів зволоженого аркуша паперу по його ширині й довжині, виражене у відсотках стосовно початкових розмірів сухого аркуша, називається лінійною деформацією при зволоженні. Значення деформації паперу при намоканні й залишковій деформації є важливими показниками для багатьох видів паперу. Високі значення цих показників приводять до неспівпадання контурів фарб при друці й, як наслідок, до одержання неякісного друку. Однак слід зазначити, що в стандарті закладені дуже жорсткі умови випробувань (намокання каліброваної смужки паперу протягом певного часу), використання яких для більшості друкованих видів паперу є недоцільним. Європейські

норми припускають використання терміна «вологорозширення», що визначає зміну лінійних розмірів смужки паперу при зміні вологості повітря від 30 до 80%.

Папери, призначені для плоского друку, повинні мати мінімальну деформацію при зволоженні, тому що за умовами технології друкарського процесу вони стикаються поверхнями, які повинні бути зволженими. Папір є гігроскопічним матеріалом: при збільшенні вологості його волокна набухають і розширюються, зазвичай за діаметром. Папір змінює та втрачає форму, морщиться та жолобиться, а під час висушування спостерігається зворотний процес: папір дає усадку, і, як наслідок, змінюється формат. Підвищена вологість суттєво знижує механічну міцність паперу на розрив, папір не витримує високих швидкостей друкування й рветься. Зміна вологості паперу в процесі багатокольорового друку приводить до неспівпадання фарб і порушення передачі кольору.

### **Вологоміцність**

Вологоміцність, або міцність у вологому стані, — ще один важливий параметр більшості паперів, що

особливо критичний для паперу, виготовленого на швидких папероробних машинах, тому що вона повинна забезпечувати безперервну роботу машини при переході паперового полотна з однієї секції машини в іншу. Про вологоміцність паперу судять за ступенем збереження ним у вологому стані початкової своєї міцності, тобто тієї міцності, що він мав до зволоження, перебуваючи в повітряно сухому стані.

Вологостійкість паперу може бути підвищена двома способами: або до складу паперової маси при виготовленні додають гідрофобні речовини (ця операція називається проклеюю в масі), або речовини наносяться на поверхню вже готового паперу (поверхнева проклеюка). Сильно проклеюються офсетні папери, особливо ті з них, які при використанні піддаються різким змінам кліматичних умов або задруковуються в багато прогонів, наприклад картографічні папери.

## **Вологість**

Співвідношення целюлози й води є найбільш важливим фактором у хімії паперу. Кількість води, що втримується в окремих волокнах, впливає на їхню

міцність, еластичність і на папероутворюючі властивості. Вміст вологи в папері впливає на її вагу, міцність, незмінюваність, стійкість розмірів і на електричні властивості. Вологість має дуже важливе значення при каландруванні, друкуванні, покритті й просоченні. При випробуванні паперу його звичайно кондиціонують для того, щоб створити постійну, строго певну вологість.

### **1.3.4 Оптичні властивості**

Серед властивостей паперу оптичні властивості є одними з головних. Оптичні властивості визначають такі характеристики якості поліграфічного зображення як контрастність, точність кольоропередачі при багато фарбовому друці та загальне візуальне сприйняття.

До оптичних властивостей відносять:

- *білизну,*
- *глянець,*
- *прозорість (непрозорість),*
- *світлостійкість.*

З точки зору фізичних явищ, які виникають у папері при взаємодії зі світлом, його відносять до класу світлорозсіюючих поглинаючих середовищ. В результаті



взаємодії світла з структурними складовими паперового шару падаюче випромінювання  $I_0$  розбивається на три частини (рис.1.22): частково пропускається папером  $I_{\text{пр}}$ , частково поглинається в ньому  $I_{\text{пог}}$  та частково повертається в зворотньому напрямку – відбивається  $I_{\text{від}}$ . При цьому виконується закон збереження світлової енергії:

$$I_0 = I_{\text{пр}} + I_{\text{пог}} + I_{\text{від}}. \quad (1.6)$$

Якщо поділити праву і ліву частину рівняння на  $I_0$  отримаємо:

$$1 = \frac{I_{\text{пр}}}{I_0} + \frac{I_{\text{пог}}}{I_0} + \frac{I_{\text{від}}}{I_0}. \quad (1.7)$$

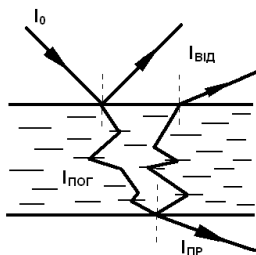


Рис.1.22 – Взаємодія випромінювання з шаром паперу

Величину  $I_{\text{пр}}/I_0 = T$  називають коефіцієнтом пропускання паперу, величину  $I_{\text{пог}}/I_0 = A$  - коефіцієнтом поглинання паперу, величину  $I_{\text{від}}/I_0 = R$  - коефіцієнтом відбивання паперу. Таким чином закон збереження світлової енергії виглядає так:

$$T + A + R = 1, \quad (1.8)$$

або

$$T + A + R = 100\%. \quad (1.9)$$

Друкарський папір має відбивання на рівні 60-85 %, поглинання 10-30% і пропускання до 30% світла.

### **Білизна**

**Білизна (B)** характеризує здатність паперу в рівній мірі відбивати випромінювання різних довжин хвиль у видимій області спектру (0,38÷0,76 мкм).

Для оцінки білизни найбільше поширення одержали наступні характеристики:

- білизна (Brightness) - визначається коефіцієнтом дифузного відбивання поверхні стосу паперу при опроміненні певним джерелом світла, виміряним при довжині хвилі 457 нм;

- білизна CIE (Whitness), розраховується за координатами кольоровості;
- яскравість CIE, що визначається в координатах кольоровості L, a, b і являє собою різницю між чорним і білим.

**Білизна (Whiteness)** — комплексна властивість візуального відчуття, що характеризує ступінь наближення об'єкта до білого за силою його підвищеної яскравості, за високою розсіюючою здатністю, і за мінімальним колірним відтінком (ISO). Істинна білизна паперу пов'язана з його яскравістю або абсолютною відбиваючою здатністю, тобто з візуальною ефективністю.

Оцінка білизни, як функції сприйняття кольору, базується на колометрії. За пропозицією МКО (1983 р.) для визначення метрологічного значення білизни рекомендовано наступне співвідношення:

$$B = Y_{10} + 800(x_{D,10} - x_{10}) + 1700(y_{D,10} - y_{10}), \quad (1.10)$$

де  $Y_{10}$  - значення  $Y$ ,  $x_{10}, y_{10}$  - координати кольоровості,  $x_{D,10}, y_{D,10}$  - координати кольоровості джерела D65. Значення  $Y, x, y$  розраховують для

кута спостереження  $10^0$  при умові опромінення паперу джерелом D65. Дане співвідношення вказує на те, що білизна визначається яскравістю  $Y$  та кольоровим показником  $800(x_{D,10} - x_{10}) + 1700(y_{D,10} - y_{10})$ , який збільшує значення білизни по мірі зміщення кольору паперу до синього і знижує, коли він жовтіє. Рівняння (3.4) описує лінію на графіку МКО, вздовж якої білизна зростає найбільш інтенсивно (рис.1.19). Лінія проходить через домінуючу довжину хвилі 425 нм. Нейтральна лінія, яка поділяє зелене і червоне, проходить через домінуючу довжину хвилі 465 нм. Таким чином, вираз для білизни дещо зміщує її до червоного.

Білизна є досить складним поняттям. Не дивлячись на те, що ділянка «білого» займає тільки біля 2% кольорового простору, було запропоновано більше сотні різних виразів для оцінювання білизни. Найбільш відомими є співвідношення Бергера, Джейгу та Ганца. Співвідношення (1.10) побудоване саме на рівнянні Ганца.

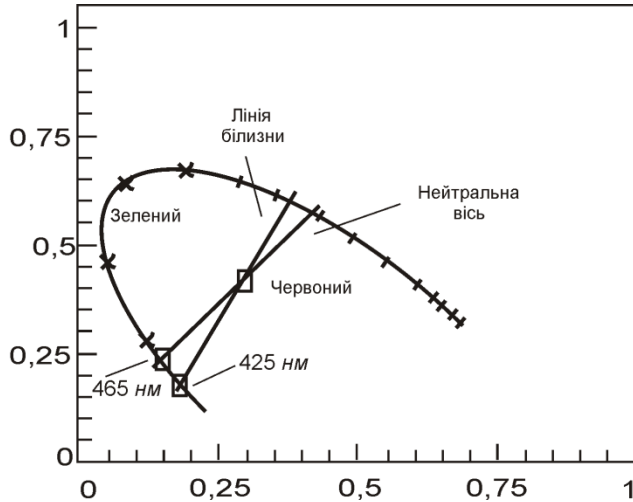


Рис.1.23 – Шкала визначення координат кольорості

Вимірювання **білизни (Brightness)** полягає у вимірюванні дифузних коефіцієнтів відбивання світлонепроникної стопи зразків паперу та абсолютного розсіювача з відбиванням, близьким до 100%. Вимірювання коефіцієнта відбивання проводять за довжини хвилі  $457 \pm 0,5$  нм з напівшириною смуги пропускання не більше за 44 нм. Білизну визначають як відношення коефіцієнта відбивання стопи до коефіцієнта відбивання еталонного розсіювача.

Існує декілька спрощених методів визначення білизни.

Один з них передбачає вимірювання коефіцієнта відбивання паперу в трьох зонах спектру - за червоним  $R_C$ , зеленим  $R_3$  і синім  $R_C$  світлофільтрами. Якщо розходження коефіцієнтів відбивання незначні (менше 10%). То значення білизни визначають за співвідношенням

$$B = \frac{R_C + R_3 + R_C}{3}, [\%]. \quad (1.11)$$

Якщо розходження між виміряними значеннями коефіцієнтів відбивання перевищують 10%, то за величину білизни приймають значення коефіцієнта відбивання в синій ділянці спектра –  $B \equiv R_C$ . В таких випадках папір має помітний кольоровий відтінок тієї зони спектра, в якій значення коефіцієнта відбивання найбільше.

В виробничих умовах ступінь білизни контролюють за допомогою приладів або візуально, шляхом порівняння зразка паперу із еталоном білизни.

Для підвищення видимої білизни паперу, а також для усунення небажаних відтінків застосовується підсвічування або підфарбовування паперу.

На паперових фабриках фарбування паперу здійснюється двома способами:

- додаванням у паперову масу деякої кількості органічних або неорганічних барвників; при цьому способі барвники рівномірно й міцно закріплюються на компонентах паперу, що сприяє однорідному профарбовуванню всієї структури паперу;
- нанесенням розчинів барвників на поверхню готового паперового полотна; спосіб застосовується в основному для фарбування паперу й картону масою більше 180 г/м<sup>2</sup>.

Щоб усунути небажаний жовтуватий відтінок і підвищити білизну паперу, у процесі виготовлення її підфарбовують синіми й фіолетовими барвниками або вводять до його складу оптичні відбілювачі - люмінофори.

Високий ступінь білизни друкарського паперу досить бажаний, тому що зручність читання видання залежить від контрастності задрукованих (текст, ілюстрації) і пробільних ділянок відбитків. При багатоколірному друці відтворення кольору на відбитку з мінімальними відхиленнями від оригіналу можливе тільки при друкуванні на досить білому папері.

Відтінок паперу повинен точно відповідати встановленому зразку й бути однаковим у всіх аркушів і рулонів паперу цього виду й найменування в одній партії.

Ступінь білизни паперу неминує знижується, якщо до його складу входять невібілена целюлоза й деревна маса, а от введення в композицію каоліну помітно підвищує білизу.

Зразкові значення ступеня білизни деяких видів друкованого паперу зазначені в таблиці 1.8

<b>Вид паперу</b>	<b>Білизна, %</b>
Крейдований з оптичним відбілювачем	Більше 84
Крейдований без оптичного відбілювача	78
Чистоцелюлозний друкарський з оптичним відбілювачем	Більше 83
Чистоцелюлозний друкарський без оптичного відбілювача	78
Друкарський з білою деревною масою	72



Газетний папір	65
----------------	----

Таблиця 1.8 Зразкові значення ступеня білизни деяких видів друкарського паперу

### *Глянець*

До оптичних властивостей паперу відноситься також його *лоск* або *глянець*.

Структура відбитого та пропущеного папером світла не є однорідною. Умовно вважають, що вона складається з напрямленої та дифузної компонент. Напряmlена (дзеркальна) компонента відбитого світла залежить від властивостей поверхневого шару паперу (гладкість, значення показника заломлення тощо) і визначає його глянець.

Гладкість паперу — одна з найважливіших друкарських властивостей, що залежить від мікрогеометрії поверхні паперу, тобто від рельєфу, утвореного виступами й западинами між рослинними волокнами й часточками наповнювача. Мікрогеометрію паперу контролюють профілографами, мікроінтерферометрами різних систем, що викреслюють профілограму його поверхні (рис.1.20).



Рисунок 1.20 – Мікрогеометрія поверхні друкарського паперу:  $h_1$  - макронерівності;  $h_2$  - мікронерівності

Поверхня добре відкаландрованого паперу з крейдуванням володіє переважно мікронерівності в межах 0,1-0,5 мкм, суперкаландрованого крейдованого паперу - 0,03-0,05 мкм. Макронерівності в цього папері відсутні.

Глянцевитість і матовість паперу залежать від мікрогеометрії її поверхні. Дуже гладкі папери будуть глянсовими, шорсткуваті — матовими (рис. 1.21).

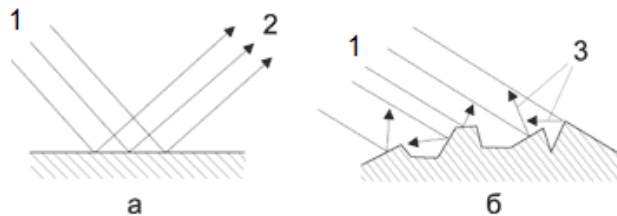


Рисунок 1.21 – Відбивання променів від глянсової (а) і матової (б) поверхонь: 1 - пучок падаючих променів; 2 - дзеркально відбитий пучок; 3 - промені розсіяного світла

В основному ефективна гладкість паперу визначається її мікрорельєфом, тому що макронерівності придушуються в процесі друкування.

За показником глянцю друкарські папери поділяють на матові й глянцеві. Глянець матового паперу складає до 30%, а каландрованого – 75-80%.

Вважають, що глянець це та кінцева характеристика, за якою варто вибирати папір. Однак глянець потрібний далеко не завжди. Так, для тексту або штрихових ілюстрацій досить паперу з мінімальним глянцем (наприклад, папір машинної гладкості). А от різні проспекти, етикетки, репродукції з картин прекрасно виходять тільки на папері з високим глянцем.

### ***Прозорість***

Напрявлена компонента пропущеного світла обумовлена нерозсіяною частиною випромінювання. Вона визначає ***прозорість*** паперу і є його суттєвим недоліком через те, що робить видимим все надруковане на зворотному боці.

***Прозорість (П)*** паперу визначають через його близьку, виміряну за певних умов. Для цього використовують білий (БЕ) та чорний (ЧЕ) еталони, які

підкладають під папір при вимірюванні коефіцієнта відбивання. Прозорість визначають за співвідношенням

$$П = \frac{Б_B - Б_ч}{R_{BE} - R_{ЧЕ}}, \quad [\%] \quad (1.12)$$

де  $Б_B$  – білизна, визначена при підкладанні білого еталона;  $Б_ч$  - білизна, визначена при підкладанні чорного еталона;  $R_{BE}$  - коефіцієнта відбивання білого еталона ( $R_{BE}=0,85$ );  $R_{ЧЕ}$  - коефіцієнта відбивання чорного еталона ( $R_{ЧЕ}=0,05$ ). Замість білого еталона іноді використовують світлонепроникну стопу (7-8 аркушів) білого паперу.

Для практичної характеристики прозорості застосовують умовний показник *непрозорості (Н)*, який визначають за співвідношенням

$$Н = \frac{Б_ч}{Б_B} \cdot 100\%. \quad (1.13)$$

### *Світлостійкість*

Пожовтіння паперу – це термін, яким умовно називають зниження білизни паперу від впливу світлових променів. Воно пов'язане з реакціями окислення лігніну, продуктів деструкції целюлози (якщо такі є в результаті надмірного відбілювання), частинок

каніфольного клею, з'єднань металів, які завжди є у виробничій воді.

### **1.3.5. Друкарські властивості**

Усі вище згадані властивості паперу умовно можна поділити на друкарські й післядрукарські.

**Друкарські властивості** (*Printing qualities*) характеризують здатність паперу у нормальних умовах процесу друкування забезпечити одержання необхідних тиражів відбитків, точно відтворюючи дрібні деталі друкованої форми.

Друкарські властивості паперу є поняттям досить невизначеним, тому що, по-перше, для різних видів друку пред'являються різні вимоги до паперу й, по-друге, навіть при цілком певному виді друку друкарські властивості паперу не можуть бути однозначно виражені яким-небудь показником. Прийнято вважати, що вони характеризуються комплексом показників, що забезпечують високу якість відбитків при використанні того або іншого виду друку.

Незалежно від виду друку на друкарські властивості паперу впливають:

- однорідність паперу,
- здатність сприймати друкарську фарбу,
- білизна,
- непрозорість,
- гладкість і площинність поверхні,
- глянець,
- м'якість (спроможність до стискання),
- опір пиленню й вискубуванню з поверхні,
- пружність паперу й інші показники якості.

Показник подовження паперу до розриву більш важливий при використанні паперу на ротаційній друкарській машині, ніж на аркушевій. При деяких видах друку важливою вимогою є мінімальна деформація паперу або збереження стабільності його розмірів при зволоженні й наступному висиханні.

Показники якості паперу, що визначають його **друкарські властивості** можуть бути об'єднані в наступні групи:

- *Геометричні*: гладкість, товщина й маса 1 м<sup>2</sup>, щільність і пористість;
- *Оптичні*: білизна, непрозорість, глянець;
- *Механічні* (міцнісні й деформаційні): міцність поверхні до вищипування, розривна довжина

або міцність на розрив, міцність на злам, вологоміцність, м'якість і пружність при стисканні;

- *Сорбційні*: гідрофобність, всмоктувальна здатність по відношенню до розчинників друкарських фарб.

Всі ці показники мають тісну залежність один від одного. Ступінь їхнього впливу на оцінку друкарських властивостей паперу різна для різних способів друку.

### **Геометричні властивості паперу**

Гладкість паперу, тобто мікрорельєф, мікрогеометрія його поверхні визначає «роздільну здатність» паперу: її здатність передавати без розривів і перекручувань найтонші лінії, точки і їхні комбінації. Це одна з найважливіших друкарських властивостей паперу. Чим вище гладкість паперу, тим більше повнота контакту між його поверхнею й друкарською формою, тим менший тиск потрібно прикласти при друкуванні, тим вище якість зображення. Гладкість паперу визначається в секундах за допомогою пневматичних приладів або за допомогою профілограм, що дають наочну інформацію

про характер поверхні паперу. Різні способи друку пред'являють до паперу різні вимоги щодо гладкості. Так каландрований типографський папір повинен мати гладкість від 100 до 250 секунд, а офсетний папір того ж ступеня виділки може мати гладкість набагато нижче — 80–150 секунд. Папір для глибокого друку відрізняється підвищеною гладкістю, що становить від 300 до 700 секунд. Газетний папір не може бути гладким в силу високої пористості. Істотно поліпшує гладкість поверхні нанесення будь-якого покривного шару — будь то поверхнева проклейка, пігментування, легке або просте крейдування, що, у свою чергу може бути різним: однобічним і двостороннім, однократним і багаторазовим.

Поверхнева проклейка — це нанесення на поверхню паперу тонкого шару речовин (маса покриття 6 г/м<sup>2</sup>) з метою забезпечення високої міцності поверхні паперу, що охороняє його від вищипування окремих волокон липкими фарбами, а також для зменшення деформації паперу при зволоженні для забезпечення точного збігу фарб у процесі багатоколірного друку. Особливо це важливо для



офсетного й літографського друку, коли папір піддається зволоженню водою в процесі друку.

Пігментовані й крейдовані папери відрізняються тільки масою покриття. Так вважається, що маса покривного шару в пігментованих паперах не перевищує  $14 \text{ г/м}^2$ , а в крейдованих паперах сягає  $40 \text{ г/м}^2$ . Крейдовий шар відрізняється високим ступенем білизни й гладкості. Висока гладкість — одна з найбільш важливих характеристик крейдованих паперів. Їхня гладкість сягає 1000 с і більше, а висота рельєфу не перевищує 1 мкм. Показник гладкості не тільки забезпечує оптимальну взаємодію паперу й фарби, але й поліпшує оптичні властивості поверхні, що сприймає барвисте зображення.

Зворотною величиною гладкості є шорсткість, що вимірюється в мікрометрах. Вона прямо характеризує мікрорельєф поверхні паперу. Як правило, у технічних специфікаціях паперу вказують одну із двох цих величин.

Важливою геометричною характеристикою паперу, поряд з товщиною й масою  $1 \text{ м}^2$ , є пухлість. Вона характеризує ступінь спресованості паперу й дуже тісно пов'язана з такою оптичною

характеристикою, як непрозорість. Тобто, чим пухкіше папір, тим він більш непрозорий при рівному грамажі. Пухлість вимірюється в  $\text{см}^3/\text{г}$ . Пухлість друкованих паперів коливається, у середньому, від  $2 \text{ см}^3/\text{г}$  (для пухких, пористих) до  $0,73 \text{ см}^3/\text{г}$  (для високощільних каландрованих паперів).

Пористість безпосередньо впливає на вбираючу здатність паперу, тобто на його здатність сприймати друкарську фарбу й цілком може служити характеристикою структури паперу. Папір є пористо-капілярним матеріалом, при цьому розрізняють макро- і мікропористість. Макропори, або просто пори, — це простір між волокнами, заповнений повітрям і вологою. Мікропори, або капіляри, — дрібні простори невизначеної форми, що пронизують покривний шар крейдованих паперів, а також утворюються між часточками наповнювача або між ними й стінками целюлозних волокон у некрейдованих паперів. Капіляри є й усередині целюлозних волокон. Всі некрейдовані, не занадто ущільнені папери, наприклад, газетний — макропористі. Загальний об'єм пор у таких паперах сягає 60% і більше, а середній радіус пор становить близько  $0,16\text{--}0,18 \text{ мкм}$ . Такі

папери добре усмоктують фарбу, завдяки своїй пухкій структурі, тобто сильнорозвиненій внутрішній поверхні.

Крейдовані папери відносяться до мікропористих, інакше капілярних паперів. Вони теж добре усмоктують фарбу, але вже під дією сил капілярного тиску. Тут пористість становить усього лише 30%, а розмір пор не перевищує 0,03 мкм. Інші папери займають проміжне положення. Фактично, це означає, що при друкуванні на офсетному папері в пори проникають як розчинники, так і барвні пігменти. Таким чином, концентрація пігменту на поверхні невелика й неможливо домогтися насичених кольорів. При друці ж на крейдованому папері, діаметр пор крейдованого шару настільки малий, що в пори усмоктуються тільки розчинники, у той час, як частки пігменту залишаються на поверхні паперу. Тому зображення виходить дуже насиченим.

### **Оптичні властивості паперу**

Особливе місце в структурі друкарських властивостей паперу займають оптичні властивості, тобто білизна, непрозорість, лоск (глянець).

При багатоколірному друці, колірна точність зображення, її відповідність оригіналу можливі тільки при друкуванні на досить білому папері. Для підвищення оптичної яскравості в дорогі високоякісні папери додають так звані оптичні відбілювачі, які мають назву люмінофори; сині та фіолетові барвники, які усувають жовтуватий відтінок, властивим целюлозним волокнам. Цей технологічний прийом називають підфарбуванням. Так, крейдовані папери без оптичного відбілювача мають оптичну яскравість понад 76%, а з присутністю оптичного відбілювача — понад 84%. Друкарські папери зі змістом деревної маси повинні мати оптичну яскравість не менше 72%, а от газетний папір може бути недостатньо білим. Його оптична яскравість становить у середньому 65%.

Ще однією важливою практичною властивістю друкарського паперу є його непрозорість. Особливо важлива непрозорість при двосторонньому друці. Для підвищення непрозорості підбирають композицію волокнистих матеріалів, комбінують ступінь їхнього розмолу, уводять наповнювачі.

До оптичних властивостей паперу відноситься також його лоск або глянець. Лоск, або глянець, — це

результат дзеркального відбивання поверхнею паперу падаючого на неї світла. Природно, це тісно пов'язане з мікрогеометрією поверхні, тобто із гладкістю паперу. Звичайно з підвищенням гладкості лоск теж збільшується. Однак, цей зв'язок неоднозначний. Варто пам'ятати, що гладкість визначається механічним способом, а лоск — це оптична характеристика. Глянець глазуrowаного паперу може становити 75–80%, а матового — до 30%.

Більшість споживачів друкованої продукції надають перевагу глянсовим паперам, однак глянець потрібний у виданнях далеко не завжди. Так, при відтворенні тексту або штрихових ілюстрацій застосовують папір з мінімальним глянцем, наприклад, папір машинної гладкості. А різні проспекти, етикетки, репродукції з картин прекрасно виходять на папері з високим глянцем.

## **Механічні властивості паперу**

Наступна група друкарських властивостей — це механічні властивості паперу, які можна підрозділити на міцнісні й деформаційні. Деформаційні властивості проявляються при впливі на матеріал зовнішніх сил

і характеризуються тимчасовою або постійною зміною форми або об'єму тіла. Основні технологічні операції поліграфії супроводжуються суттєвим деформуванням паперу, наприклад: розтягуванню, стисканню, вигину. Від того, як поводить ся папір при цих впливах, залежить нормальний (безперебійний) плин технологічних процесів друкування й наступної обробки друкованої продукції. Так, при друкуванні високим способом із твердих форм при великих тисках папір повинен бути м'яким, тобто легко стискуватися, вирівнюватися під тиском, забезпечуючи найбільш повний контакт із друкарською формою.

М'якість паперу пов'язана з його структурою, тобто з його щільністю й пористістю. Так крупнопористий газетний папір може стискатися до 28%, а в щільного крейдованого паперу деформація стискання не перевищує 6–8%. Для високого друку важливо, щоб ці деформації були повністю зворотними, щоб після зняття навантаження, папір повністю відновлював початкову форму. У протилежному випадку, на відбитку видно сліди оборотного рельєфу, що свідчать про те, що в структурі паперу відбулися серйозні зміни. Якщо ж

папір призначений для тиснення, то метою стає, навпаки, залишкова деформація, а показником якості є її незворотність, тобто стійкість рельєфу тиснення.

Для офсетного друку на високошвидкісних ротаційних машинах дуже важливими є міцнісні характеристики паперу, а саме: міцність на розривання, зламвання, стійкість до вищипування, вологоміцність. Міцність паперу залежить не від міцності окремих компонентів, а від міцності самої структури паперу, що формується в процесі паперового виробництва. Ця властивість характеризується звичайно розривною довжиною в метрах або розривним зусиллям у ньютонках. Так для більш м'яких типографських паперів, розривна довжина становить не менш 2500 м, а для твердих офсетних, ця величина зростає вже до 3500 м і більше.

Папери, призначені для плоского друку, повинні мати мінімальну деформацію при зволоженні, тому що за умовами технології друкарського процесу, вони стикаються зволженими поверхнями. Зміна вологості паперу в процесі багатокольрного друку приводить до несполучення фарб і порушенню передачі кольору.

## Сорбційні властивості паперу

Нарешті, ми впритул підійшли до однієї з найважливіших властивостей друкарського паперу — його вбираючої здатності. Правильна оцінка вбираючої здатності означає виконання умов своєчасного й повного закріплення фарби й, як результат — одержання якісного відбитка.

Вбираюча здатність паперу, у першу чергу залежить від її структури, тому що процеси взаємодії паперу із друкарською фарбою є принципово різними. Перш ніж говорити про особливості цієї взаємодії в тих або інших випадках, необхідно ще раз згадати основні типи структур сучасних друкованих паперів. Якщо зобразити структури паперу у вигляді шкали, то на одному з її кінців розмістяться макропористі папери, що складаються цілком з деревної маси, наприклад, газетні. Інший кінець шкали, відповідно, займуть чистоцелюлозні мікропористі папери, наприклад, крейдовані. Небагато лівіше розташуються чистоцелюлозні некрейдовані папери, теж мікропористі. А всі інші займуть проміжок, що залишився.



Макропористі папери добре сприймають фарбу, усмоктуючи її як єдине ціле. Рідка фарба швидко заповнює великі пори, усмоктуючись на досить велику глибину. Причому надмірне її усмоктування може навіть викликати «пробивання» відбитка, тобто зображення стає видимим з оборотної сторони аркуша. Підвищена макропористість паперу небажана, наприклад, при друкуванні ілюстрацій, коли надмірне всмоктування приводить до втрати насиченості й глянцеvitості фарби. Для мікропористих (капілярних) паперів характерний механізм так званого «виборчого всмоктування», коли під дією сил капілярного тиску в мікропори поверхневого шару паперу усмоктується, переважно, малов'язкий компонент фарби (розчинник), а пігмент і плівкоутворювач залишаються на поверхні паперу. Саме це й потрібно для одержання чіткого зображення. Через те, що механізм взаємодії папір-фарба в цих випадках різний, для крейдованих і некрейдованих паперів готують різні фарби.

У якості **післядрукарських процесів** розглядаються:

- розрізування відбитків,
- брошурувально-палітурні процеси,

- оздоблювальні процеси.

Через це особливої уваги заслуговують механічні властивості паперу.

**Розрізування** аркушів може відбуватися з рулону, якщо друк ведеться на рольовій друкарській машині. При листовому друці здійснюється підрізування друкованих аркушів або розрізування відбитків на екземпляри. У ряді випадків, наприклад при виробництві пакування або етикетки, застосовується висічка з паперового полотна.

**Брошурувально-палітурні процеси** — це технологічні операції:

- обробка відбитків (розрізування, фальцювання, приклейка до зошитів форзаців і вклейок);
- виготовлення книжкових блоків (скріплення аркушів - шиття нитками або дротом, клейове скріплення, обробка блоку - підготовка його для вставки в кришку або покриття обкладинкою);
- виготовлення брошур у м'якій обкладинці.

**Оздоблювальні процеси** застосовуються для надання друкованій продукції нових експлуатаційних властивостей і кращого виду. До них відносяться:

- припресовка плівки;

- лакування;
- аплікація;
- біговка;
- тиснення;
- висічка;
- перфорація й ін.

Особливу увагу необхідно звернути на розходження властивостей паперу по довжині й ширині листа, а також властивостей лицьового й зворотного боків. Це дуже важливо при фальцюванні й шитті, при припресовці плівки, при розрізанні й фальцюванні форзаців, при примусовому сушінні відбитків в офсетному друці, при друці етикеток і багатоколірних відбитків на однобарвних офсетних машинах (при друці в декілька листопрогонів).

## **1.4. Класифікація та формати паперу**

### **1.4.1. Стандартизовані формати паперу**

Формати паперу досить різноманітні. На протязі розвитку поліграфічного виробництва неодноразово робилися спроби обмежити їх число й провести стандартизацію.

Так, наприклад, німецькі фабриканти паперу встановили в 1883 році наступні формати, запропоновані у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9. Формати паперу у Німеччині

	<b>Фабричний лист, см</b>	<b>Друкований аркуш, см</b>
1	42x66	33x42
2	43x68	34x43
3	45x72	36x45
4	48x76	38x48
5	50x80	40x50
6	53x84	42x53
7	56x88	44x56
8	59x92	46x59
9	64x96	48x64
10	65x100	50x65
11	68x108	54x68
12	78x114	57x78

В 1911 році відомий діяч друкарської справи **Вільгельм Оствальд** запропонував світовий

формат, при якому довжина листа відноситься до ширини, як діагональ квадрата до його сторони, тобто як 1:1,41. При такому форматуванні, відповідно до законів геометрії, скільки б раз не згинали лист навпіл, — відношення довжини до ширини залишиться незмінним, що представляє більші зручності й до відомого ступеня усуває різнобій у форматах паперу.

Оствальд запропонував чотири класи основних форматів, наведені в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Класи форматів паперу за Оствальдом

<b>Основні і формати</b>	<b>Клас I</b>	<b>Клас II</b>	<b>Клас III</b>	<b>Клас IV</b>
	Фабричний лист, см	Подвійний лист, см	Повний лист, см	Піваркуша, см
A	100x140	70x100	50x70	35x50
B	92x128	64x92	46x64	32x46
C	84x120	60x84	42x60	30x42
D	76x108	54x76	38x54	27x38

Подальші класи (їх усього 14) встановлюються шляхом поділу навпіл довжини листа попереднього класу.

«Світовий формат» Оствальда (DIN 476) був прийнятий в 1920 році як Комітетом зі справ німецької промисловості, так і Комітетом зі справ графічної промисловості — що, втім, зовсім не заважало друкувати в Німеччині книги на різноманітних форматах паперу. Цей стандарт був прийнятий крім Німеччини в Японії, Австрії, Норвегії, Швеції, Швейцарії, Бельгії, Голландії й навіть ненадовго в Радянському Союзі.

У Франції в 1909 р. Союзом власників друкарень прийнятий форматний стандарт, що наведений у наступній таблиці 1.11

Таблиця 1.11 – Формати паперу у Франції

<b>Назва формату</b>	<b>Розмір, см</b>	<b>Назва формату</b>	<b>Розмір, см</b>
Rot (Горщик)	31x40	Petit Jesus (Малий Ісус)	55x70
Telliere (рід кращого паперу)	34x44	Jesus (Ісус)	56x72

Couronne (Корона)	36x46	Grand Jesus (Великий Ісус)	56x76
Ecu (Щит)	40x52	Soleil (Сонце)	57x80
Coquille (Раковина)	44x55	Colombier (Голубник)	63x90
Carre (Квадратний)	45x56	Grand Aigle (Великий Орел)	73x105
Cavalier (Кавалер)	46x62	Grand Mond (Земна Куля)	90x120
Raisin (Виноград)	50x65		

Майже всі ці назви паперу мають походження від малюнка тих водяних знаків, які ще на початку друкарства відрізняли папери, вироблені на різних паперових млинах. Надалі в основу французького стандарту форматів (AFNOR 1-1), затвердженого в 1935 році, були покладені найпоширеніші у Франції так називані "нормальні" формати 1909 року, трохи видозмінені й систематизовані відповідно до

"нормального ряду чисел Ренара" (округлено 64, 72, 80, 90, 100, 112 і т.д.). У результаті французький стандарт являв собою багато в чому суперечливий компроміс між прагненням зберегти традиційну видавничу практику (стародавні назви форматів) і бажанням додати стандарту максимальну математичну систематичність.

Британський стандарт форматів (BIS#730), затверджений в 1937 році, на відміну від німецького й французького, не ставив собі метою систематизувати й упорядкувати форматні асортименти. Основні завдання цього стандарту - деяке, у край обережне скорочення числа форматів й уніфікація їхніх назв. Це був самий багатоформатний стандарт, що включав 14 основних й 8 спеціальних форматів, з яких широко застосовувалися 8: 57x89; 58,5x91,5; 63,5x102; 68,5x86; 68,5x104; 76x101,5; 76x112 й 84x107 см, у тому числі для книг 76x101,5 («Crown») в 1/32, 84x107 («Large post») в 1/32, 63,5x102 («Royal») в 1/16 й 76x112 («Imperial») в 1/16 частку.

У США форматного стандарту у буквальному значенні цього слова не існувало. «Стандартними» слугували найпоширеніші формати, закріплені рядом угод між основними виробниками й споживачами паперу. В основу добору «стандартних» форматів у США



було покладено результати анкетного опитування 25 тисяч паперовиробників і друкарів. Такий анкетно-статистичний метод побудови, додав стандарту деякої випадковості. Основними американськими форматами паперу стали: 57x89; 61x91,5; 63,5x96,5; 71x106,5; 71x112; 77,5x104; 81x112; 84x112, з яких для книг найбільше вживалися 63,5x96,5 в 1/16 частку, 77,5x104 в 1/16 й 84x112 в 1/32 частку.

В 1935 році був прийнятий черговий стандарт - ОСТ 8518, що включав усього чотири формати: 60x92, 70x92, 70x108 й 84x108 см. В основу цих форматів було покладено два принципи - економічні пропорції форматів й зручність у читанні довжини рядка.

Нарешті, чехарда форматів закінчилася, і положення в області стандартів паперу стабілізувалося на досить довгий період із прийняттям в 1941 ГОСТ 432-41. До чотирьох форматів ОСТ 8518 був доданий у якості п'ятого, газетний формат 60x84 см. Цей формат був уведений, головним чином для того, щоб можна було друкувати журнали й брошури на газетному папері й на газетних ротаційних машинах відповідного розміру.

Як не сумно, але й сьогодні не існує єдиного підходу до проблеми стандартизації розмірів паперу.

Так, у Сполучених Штатах і Канаді досить широко застосовуються розміри паперу відповідно до Американського Національного Стандарту ANSI/ASME. У Японії існує свій національний стандарт - JIS. Але найпоширенішим сучасним міжнародним стандартом можна по праву назвати ISO.

### **Концепція розмірів паперу ISO**

Система розмірів паперу ISO бере свій початок з «Світового формату» Оствальда, що був прийнятий в 1920 році Комітетом зі справ німецької промисловості й стає міжнародним стандартом (ISO 216) в 1975 році.

У системі розмірів паперу ISO кожний аркуш паперу має ширину, рівну результату поділу його довжини на корінь квадратний із двох (1:1,4142). Це відношення ідеально описує розміри паперу - відношення ширини до довжини залишається незмінним.

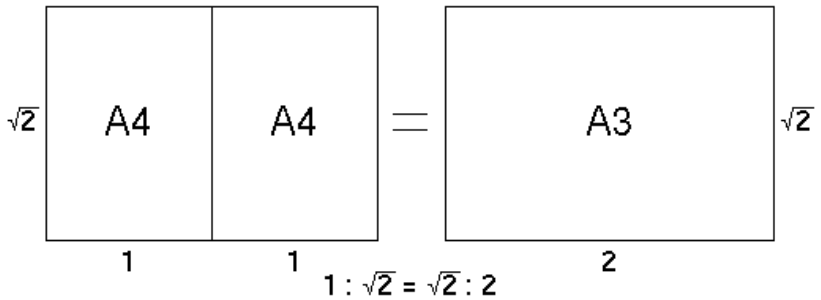


Рисунок 1.22 – Схематичне представлення співвідношення сторін для формату паперу згідно ISO

Розміри ISO засновані на системі вимірів. Квадратний корінь із двох не допускає довільної зміни довжини й ширини сторінки. Тому площа сторінки також має точне значення. А оскільки грамаж паперу вимірюється в  $\text{г/м}^2$ , це дозволяє з високою точністю розрахувати масу документа, якщо відомий формат і кількість сторінок.

Розміри в ISO 216 визначаються в міліметрах і мають наступні значення, представлені у таблиці 1.12

Таблиця 1.12 – Розміри в ISO 216

Доля арку ша	Форма т, мм	Доля арку ша	Форма т, мм	Доля арку ша	Форма т, мм	Доля арку ша	Форма т, мм
<i>A0</i>	841x1189	<i>B0</i>	1000x1414	<i>C0</i>	917x1297	<i>D0</i>	771x1090
<i>A1</i>	549x841	<i>B1</i>	707x1000	<i>C1</i>	648x917	<i>D1</i>	545x771
<i>A2</i>	420x549	<i>B2</i>	500x707	<i>C2</i>	458x648	<i>D2</i>	385x545
<i>A3</i>	297x420	<i>B3</i>	353x500	<i>C3</i>	324x458	<i>D3</i>	272x385
<i>A4</i>	210x297	<i>B4</i>	250x353	<i>C4</i>	229x324	<i>D4</i>	192x272
<i>A5</i>	148x210	<i>B5</i>	176x250	<i>C5</i>	162x229	<i>D5</i>	136x192
<i>A6</i>	105x148	<i>B6</i>	125x176	<i>C6</i>	114x162	<i>D6</i>	96x136
<i>A7</i>	74x105	<i>B7</i>	88x125	<i>C7</i>	81x114	<i>D7</i>	68x96
<i>A8</i>	52x74	<i>B8</i>	62x88	<i>C8</i>	57x81	<i>D8</i>	48x68
<i>A9</i>	37x52	<i>B9</i>	44x62	—	—	—	—
<i>A10</i>	26x37	<i>B10</i>	31x44	—	—	—	—

<i>A11</i>	18x26	<i>B11</i>	22x31	—	—	—	—
<i>A12</i>	13x18	—	—	—	—	—	—
<i>A13</i>	9x13	—	—	—	—	—	—

Припустиме відхилення становить  $\pm 1.5$ мм для значень до 150мм,  $\pm 2$ мм для значень від 150мм до 600мм, і  $\pm 3$ мм для значень понад 600мм. У деяких країнах, що використовують ISO 216, припустиме відхилення є значно меншим.

Кожен формат у системі ISO має своє застосування. Найпоширеніші:

- A0, A1 технічні креслення, постери,
- A2, A3 креслення, діаграми, широкоформатні таблиці,
- A4 листи, журнали, бланки, каталоги, матеріали для принтерів і копіїв,
- A5 записні книжки,
- A6 поштові листівки,
- B5, A5, B6, A6 книги,
- C4, C5, C6 конверти для листів формату A4: нескладені (C4), складені вдвічі (C5), складені втрое (C6),

- В4,А3 газети, розхідні матеріали для копіювальних машин на додаток до А4.

Формати паперу ISO 216 описують розміри в такий спосіб.

Довжина аркуша будь-якого формату **А-Серії** визначається виходячи із ширини, помноженої на корінь квадратний із двох (1,4142). Площа аркуша формату А0 дорівнює 1 м<sup>2</sup>. Формат А1 виходить шляхом розрізування формату А0 на дві рівні частини, у такий спосіб А1 має довжину, рівну ширині А0, а по ширині дорівнює половині довжини А0. Всі наступні формати серії А виходять у результаті розрізування на дві рівні частини аркуша більшого формату по лінії, паралельній більш короткому краю.

Для випадків, коли ISO А-Серія не має підходящого формату, були запропоновані формати **В-Серії**, щоб розширити спектр різних форматів паперу. Формат В-Серії є середнім геометричним між форматами А<sub>n</sub> і А<sub>(n+1)</sub>. Наприклад формат В1 є середнім геометричним між А1 і А0, що дозволяє одержати точні співвідношення як між форматами А1 і В1, так і між форматами В1 і А0.

Формати **С-Серії** описують конверти. Подібно вищесказаному формат С-Серії є середнім геометричним між форматами А і В серій з тим самим номером. Наприклад лист на аркуші А4 прекрасно укладається в конверт формату С4. Точно так само формат А5 укладається в конверт формату С5.

Головна перевага стандарту ISO стає очевидною для практичного користування.

### **Приклад 1:**

Припустимо, що необхідно скопіювати статтю з журналу формату А4. З метою економії паперу доцільно копіювати дві журнальних сторінки на аркуш А4. Якщо відкрити журнал, дві сторінки формату А4 становлять формат А3. Встановлюємо на копіювальній машині масштаб 71% або вибираємо кнопку А3->А4, що є присутньою на більшості копіювальних машин, і в результаті бачимо, що обидві сторінки журнальної статті точно укладаються на аркуш формату А4. Одна скопійована сторінка журналу тепер перетворилася з формату А4 в А5. Немає зайвого простору на сторінці, текст не обрізаний і не потрібно експериментувати з масштабами, щоб підігнати їх під потрібний розмір. Цей

же принцип використовується для книг формату B5 або A5.

Усі копіювальні машини створені з урахуванням розмірів паперу за системою ISO і постачені засобами масштабування, які найбільш часто використовуються, а саме:

- 71%  $\sqrt{0.5}$  A3  $\rightarrow$  A4
- 84%  $\sqrt{\sqrt{0.5}}$  B4  $\rightarrow$  A4
- 119%  $\sqrt{\sqrt{2}}$  A4  $\rightarrow$  B4 (також B5  $\rightarrow$  A4)
- 141%  $\sqrt{2}$  A4  $\rightarrow$  A3 (також A5  $\rightarrow$  A4) .

Цей принцип використовується не тільки для копіювальних машин в офісах і бібліотеках, але також у кіно- і фотолабораторіях. У такий спосіб усе прив'язано до відношення  $1:\sqrt{2}$  системи ISO.

### **Приклад 2:**

Якщо ви готуйте листа, то повинні знати вагу з метою визначення поштової плати за нього. Це може бути дуже точно розраховано для паперу формату A4 у системі ISO. Звичайний папір, що використовують у друкарських машинках і лазерних принтерах має грамаж 80 г/м<sup>2</sup>. Сторінка формату A0 має площу 1 кв.м, всі



наступні (менші) формати серії А мають площу, рівну половині площі попереднього формату. У такий спосіб формат А4 має площу, рівну 1/16 кв.м і одна сторінка при вищевказаній густині важить 5 г. Якщо конверт формату С4 важить 20 г (включаючи деякий резерв), значить при обмеженні ваги в 100 г у нього може поміститися 16 сторінок А4. Розрахунок маси книги, газети або пакувального паперу робиться подібним чином.

Використання стандартних розмірів паперу заощаджує гроші й робить життя простіше в багатьох відношеннях. Наприклад, якщо всі наукові журнали використовують тільки формат ISO, полиці можуть бути виготовлені таким чином, що стандартні формати розмістяться на них з високою точністю, не займаючи зайвого простору.

Крім офісного використання формати ISO використовують також у багатьох інших сферах: так, наприклад, кожний громадянин Німеччини є власником ID-картки формату А7, у країнах Європейського Співтовариства паспорти мають формат В7, бібліотечні картки мають формат А6, а в деяких країнах навіть туалетний папір теж формату А6.

В практичній виробничій діяльності іноді потрібні особливі формати паперу для етикеток, квитків і інших цілей. Вони можуть бути отримані шляхом розрізування стандартних форматів на 3, 4, або 8 рівних частин по лінії паралельній короткій стороні (ширині), таким чином, що відношення між довжиною й шириною буде більшим, ніж корінь квадратний із двох. Деякі приклади «довгих» форматів наведені нижче (в міліметрах):

- $1/3$  A4 - 99 x 210,
- $1/4$  A4 - 74 x 210,
- $1/8$  A4 - 37 x 210,
- $1/4$  A3 - 105 x 297,
- $1/3$  A5 - 70 x 148.

Всі описані формати мають обрізний край, тобто це формати паперу, що поставляється кінцевому користувачеві або читачеві. У системі ISO визначені також серії форматів RA і SRA для неопрацьованого паперу. Ці формати лише ненабагато більші, ніж відповідні формати A серії. Аркуші цих форматів обрізають по краях до необхідного формату. Площа аркуша формату ISO RA0 дорівнює 1,05 кв.м, а формату ISO SRA0 - 1.15 кв.м Ці формати також підлегли правилам квадратного кореня із двох і половині площі,

але розміри стартових форматів округлені до цілих сантиметрів. Формати необрізаних аркушів паперу, які використовуються в друкарнях наведені в таблиці (в міліметрах):

RA	Формати	Серії
	<b>Формати Серії SRA</b>	
	• RA0	860 x
1220	SRA0 900 x 1280	
	• RA1	610 x
860	SRA1 640 x 900	
	• RA2	430 x
610	SRA2 450 x 640	
	• RA3	305 x
430	SRA3 320 x 450	
	• RA4	215 x
305	SRA4 225 x 320	

Крім ISO 216 існують декілька спеціальних форматів: ISO DL, ISO 7810, ISO 623, ISO 838 й ISO 7943-1.

**ISO DL.** Це формат конвертів розміром 110x220. У ці конверти прекрасно містяться папери надруковані на папері формату A4 (210x297) складені в три рази (99x210).

**ISO 7810** використовується для ідентифікаційних карток і має три стандартних формати: ID-1=85.60×53.98 мм

(3.370×2.125 дюйма), ID-2=105×74 мм (A7), and ID-3=125×88 мм (B7). Крім цього ID-1 є форматом для банківських карток (товщиною 0,76 мм), а також широко використовується для візитних карток і водійських ліцензій. Стандартний паспорт має формат B7 (ID-3).

**ISO 623** описує розміри папок для зберігання аркушів A4. Розміри визначені для папок у складеному виді. Звичайні папки без задньої сторони мають розмір 220×315мм. Папки з короткою задньою стороною (менш чим 25мм) - із затискачем або без нього - мають розмір 240×320мм. Папки із широкою задньою стороною (більше 25мм) - 250×320мм (без затискача) або 290×320мм (із затискачем). Всі наведені розміри є максимальними. Стандартні розміри папок дозволяють оптимізувати простір для полиць і створюють акуратний вид, навіть якщо папки виготовлені з різних матеріалів.

**ISO 838** призначений для підшивок, аркуші із двома отворами діаметром  $6\pm 0.5$  мм можуть підшиватися в папки. Центри отворів знаходяться на відстані  $80\pm 0.5$  мм один від одного й на відстані  $12\pm 1$  мм до краю сторінки. Отвори розташовані симетрично щодо осі аркуша.

**ISO 7943-1.** Описує два стандартних розміри слайдів для проєктора. Тип А (250х250) і тип В (285х285).

**Формати газетного паперу** описують розміри (висоту й ширину) нерозкритої газети. Загальноновживані формати газет були визначені в 1973 році нормою DIN 16604.

Таблиця 1.13 – Великі формати та малі формати

<b>Формат</b>	<b>розміри (мм × мм)</b>
Broadsheet	600 × 375
Нордичний формат	570 × 400
Рейнський формат	510 × 350
	520 × 350
	530 × 360
Швейцарський формат, «Format NZZ»	475 × 320
Берлинер	470 × 315
для порівняння:	
DIN A2	594 × 420
DIN B3	500 × 353
DIN A3	420 × 297

*Примітка:* Дані тут наведені в продажному форматі (один раз згорнуті). Берлінський формат має розміри: 470 x 630 мм і т.д.

### Малі формати

Формат	Розміри (мм × мм)
Напівнордичний формат («Tabloid»)	315 x 235 або 400 x 285
Напіврейнський формат («Tabloid»)	365—370 x 255—265 або 325 x 260
Напівберлінський формат	310—320 × 230—240
Half Broadsheet	375 × 300
Напівшвейцарський формат	330 × 240
Tabloid Extra	457 × 305

### Міжнародні й особливі формати

Наведемо декілька специфічних форматів відомих світових газет:

- Asahi Shimbun (Японія): 455 мм x 405 мм
- Le Figaro (Франція): 600 мм x 425 мм
- New York Times (США): 585 мм x 390 мм
- Правда (Росія): 594 мм x 420 мм



Формати газет у серпні 2005 року: Колишній *The Guardian* був у британському Broadsheet Format, *Neues Deutschland* і *Berliner Zeitung* у Рейнському форматі. *Le Monde* у форматі Берлінер, *Daily Mail* і *The Times* у форматі Tabloid. Для порівняння попереду наданий лист паперу у форматі A4

На жаль на даний час ще не всі країни приєдналися до стандарту ISO 216.

Сполучені Штати й Канада є на сьогоднішній день єдиними промислово розвиненими країнами, де стандарти паперу ISO усе ще не застосовуються досить широко. В офісних цілях застосовуються різні, але дуже схожі формати паперу: "Letter" (216 x 279мм), "Legal"

(216 x 356мм), "Executive" (190 x 254мм) і "Ledger/Tabloid" (279 x 432мм). Існує також Американський Національний Стандарт ANSI/ASME Y14.1 для технічних креслень: формат А (216 x 279мм), В (279 x 432мм), С (432 x 559мм), D (559 x 864мм), Е (864 x 1118мм), а також існує безліч інших, що не входять у систему, форматів для різних цілей. "Letter", "Legal", "Tabloid" і інші формати (під іншими іменами) визначені в системі ANSI X3.151-1987. Новий Американський Національний стандарт ANSI/ASME Y14.1 m-1995 повторює ISO А 0-А4 формати для технічних креслень.

Формати листів "Letter", "Legal" можуть бути легко заміщені форматом А4, "Executive" (якщо це дійсно необхідно) - форматом В5, а "Ledger/Tabloid" - форматом А3. Подібно вищевказаним, формати А-Е можуть бути заміщені форматами А4-А0. Цілком очікується, що у зв'язку із продовженням програми «Introduction of the metric system in the United States», формати паперу ISO замінять нестандартизовані північноамериканські стандарти.

Перевага в Північній Америці стандарту "Letter" замість звичного нам ISO А4, який найбільш широко використовується в офісних цілях, тягне безліч проблем



у щоденній переписці з Канадою й США. ISO A4 на 6 мм менше завширшки, але на 18 мм довший, ніж американський формат "Letter". Документи, створені в Word з компонуванням на аркуші A4 часто не можуть бути роздруковані без втрати інформації на папері формату "Letter" або вимагають переформатування тексту, що у свою чергу тягне зміну нумерації сторінок. При роздруківці на A4 документів, підготовлених у Північній Америці для формату "Letter" часто залишається багато вільного місця нагорі або внизу сторінки, або принтер відмовляється працювати. Документи A4 повинні бути скопійовані або надруковані стиснутими до 94%, щоб відповідати більш короткому паперу "Letter" (коротше на 6%), а документи формату "Letter" доводиться друкувати стиснутими до 97%, щоб покрити недолік ширини A4 (3%).

Японська система стандартів JIS P 0138-61 визначає для А-Серії ті ж формати, що й ISO 216, однак для серії В є деякі відмінності, іноді називані JIS В або JB серіями. У системі JIS площа аркуша формату B0 рівняється 1,5 кв.м, у такий спосіб площа аркушів формату JIS В є середнім арифметичним площі аркушів серії An і A(n+1), а не середнім геометричним як в ISO.

Наприклад, формат JB3 має розміри 364x515, JB4 - 257x364, JB5 182x257 мм.

#### **1.4.2. Класифікація друкарського паперу**

Для орієнтування в різноманітності поліграфічних паперів папери класифікують за наступними ознаками:

- за *волокнистим складом шару паперу* в залежності від вихідної сировини — чистоцелюлозні та такі, що містять деревну масу;
- за *способом виробництва*, у випадку, коли головна ознака є вміст шару паперу, — некрейдовані й крейдовані;
- за *обробкою поверхні паперу* під час його відливання або після додаткового оброблення — на матові й глясові (глазуровані);
- за *форматом готового паперу* — рулонні та листові;
- за *характером друкованої продукції* готових видань — газетний, книжково-журнальний, картографічний, етикетковий, афішний, тощо;
- за *способом друкування* — для офсетного, високого (зокрема, флексографського) й глибокого друку.

За *волокнистим складом* за стандартом папери поділяють на три типи:

**Папір №1** - чистоцелюлозний. Має зазвичай високу білизну, підвищену міцність, а також майже не піддається старінню при зберіганні. Такі види паперу використовують для виготовлення словників, енциклопедій, високомистецької продукції, офіційних довідкових видань (умовний термін користування 50 років);

**Папір №2** - дешевший паперу №1 і може містити до 50% деревної маси. Треба відмітити, що деревна маса надає паперу корисні якості - поліпшуються друкарські властивості, знижується маса листа, покращується стабільність розмірів при зміні кліматичних умов й т.д.. Призначається для підручників вищих навчальних закладів або книг з незначною кількістю художніх ілюстрацій (умовний термін використання 20 років);

**Папір №3** - складається переважно з деревної маси. Цей папір дешевший, має нижчу якість, його використовують для видань із незначним терміном служби і тільки для типографського (високого) друку, з призначенням для брошур і книг з невеликим терміном

використання (біля 5 років). На сьогоднішній день майже не виготовляється.

У країнах Європи використовується інша класифікаційна система. До прикладу у Польщі за волокнистим складом папір:

- ВD — целюлозна маса і (або) маса довговолокниста(бездеревний);
- РD — целюлозна маса з додаванням ганчіркової маси і (або) маси напівхімічної (напівдеревний);
- D — ганчіркова і макулатурна сировина з додаванням целюлозної маси (деревний);
- М— різні волокна (змішаний).

Таблиця 1.14 – Європейська класифікація видів друкарського паперу згідно особливостей технології його отримання

<i>Позначення підвиду паперу</i>	<i>Склад за волокнистим матеріалом</i>	<i>Вид обробки й обробка поверхні</i>
--	--	---

MWC (Medium Weight Coated)	З вмістом деревної маси	Суперкаландрована (лощена) або матова з подвійним покриттям (повне крейдування).
LWC (Light Weight Coated)	З вмістом деревної маси	Суперкаландрована або матова з одинарним покриттям.
MFC (Matt Free Coated)	З вмістом деревної маси	Матова з одинарним покриттям.
SC (Super Calendared)	З вмістом деревної маси	Суперкаландрована без покриття.
MF (Matt Free)	З вмістом деревної маси	Матова без покриття.
WF/HWC (Wood Free/Heavy Weight Coated)	Чистоцелюлозні (Wood Free)	Суперкаландрована або матова з потрійним покриттям (повне покриття).

WF/MWC (Middle Weight Coated)	Чистоцелюлозна	Суперкаландрована або матова з подвійним покриттям (повне покриття).
WF/LoWC (Light Weight Coated)	Чистоцелюлозна	Суперкаландрована або матова з одинарним покриттям.
WF/MF (Matt Free Coated)	Чистоцелюлозна	Матова без покриття.

За *способом друку* папір поділяється на:

- типографський (для високого друку);
- для глибокого друку й;
- офсетни.

**Типографський** (папір призначений для високого друку) - 50-70 г/м<sup>2</sup>, виготовляється на основі деревної целюлози або з додаванням деревної маси 20-75%, малоклеєний, білий, середньозольний або підвищеної зольності, каландрований, висококаландрований або машинної гладкості,. Застосовується для друку текстової й ілюстраційно-текстової продукції. Папір, який складає

масу 40-50 г/м<sup>2</sup>, є чистоцелюлозним чи з незначним додаванням деревної маси, малоклеєний, підвищеної зольності, каландрований, з органічною прозорістю, для друку довідників, книг з великою кількістю тексту. Особливістю високого друку є друк з жорстких форм, що задає підвищені вимоги до якості оброблення поверхні паперу. Це ставить їх у пряму залежність від оригіналу, відтворюваного в процесі друку. Чим вищий ступінь роздільності друкарських елементів, тим гладшим є папір.

Основними вимогами, що висуваються до паперу високого способу друку, є гладкість поверхні та м'якість, яка забезпечує контакт паперу і друкарських елементів форми. Також, папір повинен бути однорідним за структурою, для забезпечення однакового фарбосприйняття. Це може досягтися при сповільненому відливанні маси паперу і зневодненням паперу у невеликому вакуумі з допомогою відсмоктувальних пристроях машини. Такий режим дає змогу одержати рівномірний розподіл наповнювача і дрібних волокон, у паперовій масі підвищення гладкості, а отже і однакові властивості обох сторін аркуша паперу.

Перелік паперів для високого друку регламентований ГОСТ 9095 і містить дві марки паперу № 1 і три марки паперу № 2. Папір для високого друку № 1 містить 100% або не менше 80% целюлози. Папір № 2 містить целюлози менше (25—50%), і переважає, зазвичай, механічна деревна маса. Наявність деревної маси у композиції паперу з часом змінює його властивості – папір скоро старіє. Саме тому папір № 1 призначений для продукції з довгим терміном служби, а папір № 2 рекомендується для продукції з середнім (біля 10 років) чи малим (до 5 років) терміном служби. Папір №1 випускають з характерною масою 60—70 г/м<sup>2</sup>, № 2 — 60 г/м<sup>2</sup>.

Виготовлення тонкого паперу для високого друку, для словників, довідників та об'ємних видань, супуровжується введенням до 30% наповнювача, щоб зменшити прозорість паперу. Щоб збільшити механічну міцність паперового полотна та стабілізувати підвищений вміст наповнювача в композицію паперу не ввється деревна маса, а застосовується целюлоза з високими механічними арами.



При зменшенні питомої ваги високого друку серед інших способів друку, обсяги випуску такого паперу зменшуються.

**Офсетний** - це папір з грамажем 60-250 г/м<sup>2</sup>, чистоцелюлозний або зі вмістом деревної маси до 75%, клеєний, білий, з гарною стійкістю поверхні до вищипування, машинною гладкістю або каландрований, низькою деформацією при зволоженні.

За ГОСТ 17586-80 «Папір. Терміни й визначення» офсетний папір є клеєним середньозольним папером з незначною деформацією при зволоженні, призначений для друкування видань за офсетним способом. За ГОСТ 9094-89 «Папір для друку офсетний» є наступні види офсетного паперу, які відрізняються композицією та своїм призначенням: № 1 – папір з біленої целюлози, листяної – до 80 %; № 2 *марки А* – папір з біленої целюлози і до 50 % біленої деревної маси, № 2 *марки Б* – папір з біленої целюлози до 50 % білої деревної маси.

Виготовляється офсетний папір в аркушах і рулонах, а вимоги залежать від його використання в листовій і рольовій друкарській машинах, відповідно.

Західні виробники офсетного паперу дють йому визначення як папір без покриття, чистоцелюлозний чи з

деревною масою у своєму складі, що має високу стійкість до вологодеформації. Масові види офсетного паперу виробляються двох ступенів гладкості: каландрований (гладкість до 150 с по Беку) та папір машинної гладкості ( 30-80 с по Беку).

Офсетні папери придатні переважно для всіх способів друку, саме тому вони знаходять застосування для офісного друкування - на лазерних і струминних принтерах та у ризографії (один з видів трафаретного друку).

Офсетний друк передбачає перенесення фарби з форми на відбиток через офсетну гумову пластину, деформація якої компенсує нерівності паперу. Саме тому при офсетному друці можна застосовувати менш гладкий і м'який папір, ніж при високому друці. Особливістю офсетного друку є необхідність зволоження проміжних елементів друкарської форми, саме тому офсетний папір повинен мати значний ступінь проклейки. Також, цей папір не повинен значно змінювати свої розміри при зволоженні (інакше не відбудеться співпадання фарб для багатокольорового друку). Деформація паперу після зволоження не повинна переважати 2,5% для поперечного напрямку і 0,5% для повздовжнього. Це

досягається використанням паперової маси немасного розмелу і сушінням паперового полотна на машині з сильноим натягом сукна. Зменшення усадження паперового полотна при сушінні збільшує пористість паперу, а це знижує деформацію паперу при зволоженні.

Варто підкреслити, що найжорсткіші вимоги до паперу пред'являє офсетний спосіб друку зі зволоженням за допомогою лакування дисперсійними лаками.

Офсетний папір не сильно каландрують, тому що це знижує пористість паперу і погіршує вбирання фарби.

Папір офсетного друку повинен відповідати підвищеним вимогам до міцності поверхні, оскільки він контактує з гумовимію пластинію і липкими, в'язкими офсетними фарбами. При недостатній міцності поверхні може відбуватися висмикування часток паперу. Саме тому офсетний папір виготовляється з підвищеною міцністю структури. Це досягається застосуванням високоякісної целюлози і обмеженим вмістом деревної маси, введенням у масу в'язучої проклейки. Також, ефективним засобом проти пилоутворення і висмикування є проклейка в'язучими речовинами поверхні офсетного паперу.

Офсетний папір володіє високою ступінню білизни і рівномірною структурою з обох сторін, оскільки друкують на ньому, в основному, багатокольорову продукцію.

Для друку офсетним способом виготовляють офсетний папір звичного асортименту, а також види паперу для друкарської продукції, наприклад етикетковий, картографічний.

У таблиці 1.15 продемонстровано рекомендоване призначення паперів для друкування різноманітних видів видань офсетним способом.

Таблиця 1.15 Рекомендоване призначення паперів для друкування різноманітних видів видань офсетним способом

Види видань	Характеристика паперу		Показники	
			Грам аж, г/м <sup>2</sup>	Білизна, %
<i>Папір без покриття</i>				
Газети, довідники поточної інформації	З вмістом деревної маси (№ 2)	газетна	40–50	60–70
Дешеві книжкові й журнальні видання, переважно однокольорові		книжковий	60–70	70–75

		журналь на		
Книжкові видання, дитяча література	Чистоцелюлозний (№ 1)		60– 80	80– 85
Ілюстрована література			100– 125	вищ є 90
<i>Папір з покриттям (крейдований)</i>				
Багатоколірні журнали	Основа з деревною масою		50– 90	75– 80
Різноманітна багатоколірна продукція	Основа чистоцелюлозна		100– 250	85– 90 і вищ є

Папір для **глибокого друку** має грамаж 60-220 г/м<sup>2</sup>, є білим, чистоцелюлозним, високозольний, слабоклеєним, каландрований, має рівну зімкнуту (дрібнопористу) поверхню. Призначається для друку ілюстраційно-текстових видань та образотворчої продукції. Особливість глибокого способу друку – друкарські елементи форми заглиблені, і папір з проміжними елементами контактує у момент друкування. Щоб з друкувальних елементів рідка фарба цілком переходила на папір і не затікала на проміжки,

папір повинен щільно прилягати до проміжних ділянок твердої металевої форми і частково втискуватися в заглибини друкувальних елементів. Тому необхідно, щоб папір для глибокого друку мав добру вбирну здатність, був еластичним і м'яким. Поверхня паперу повинна володіти високим показником гладкості, відсутністю у папері смітинок, які можуть пошкодити форму.

Папір глибокого способу друку виготовляється із введенням у композицію значної кількості наповнювача (18-23%) і обробляється на машинному каландрі, а потім на суперкаландрі. Підвищений вміст наповнювачів покращує структуру паперу, забезпечує рівномірність на просвіт, зменшує скручування і прозорість паперу, дає можливість отримати при каландруванні гладкий, рівний. папір. Папір глибокого друку майже не проклеюється, за винятком, коли призначений для друку художніх поштових листівок.

**За способом виробництва** папір поділяється:

- крейдований папір;
- некрейдований папір.

**Крейдований** - це папір-основа з нанесеним на нього покривним шаром білих пігментів разом з клейкими речовинами. Метою крейдування є отримання

паперу з щільною, рівною, гладкою поверхнею, що забезпечує при друці рівномірне вбирання друкарської фарби та здатність застосування растрів високої лініатури. Його використовують для отримання високоякісних відбитків різними способами друку. Папір з крейдовим покриттям може бути виготовлений з вмістом деревної маси, або лише з самої целюлози. Групу крейдованих сортів паперу можна розділити на сорти паперу двобічно та одnobічно крейдовані, крейдовані в один або в два заходи. В залежності від товщини покриваючого шару виготовляють папір з повним покриванням (маса покривного шару 20-25 г/м<sup>2</sup>) маса 100-250 г/м<sup>2</sup> або тонкий із напівпокриттям (маса покривного шару 7-10 г/м<sup>2</sup>) маса 60-80 г/м<sup>2</sup>.

Папір з повним покриттям буває однократного та дворазового крейдування. Дворазове крейдування гладкість і сприймання фарби папером, поліпшує зовнішній вигляд продукту. Папір з дворазовим крейдуванням поділяється на марки: ДО — офсетного друку, ДВ — високого друку, ДГ — глибокого друку та ДЧ — високого і офсетного друку на чотирифарбових машинах.

Двобічно крейдовані сорти паперу випускають в діапазоні 70 - 400 г/м<sup>2</sup> і застосовуються для виготовлення рекламної і представницької продукції, буклетів, дорогих книг, художніх альбомів тощо. Однобічно крейдовані папери з масою від 70 до 100 г/м<sup>2</sup> використовуються для виготовлення етикеток і м'якого пакування, від 100 до 150 г/м<sup>2</sup> — для виготовлення постерів і афіш, плакатів, де робочим є тільки одна сторона аркуша. Такі сорти паперу піддаються додатковому обробленню для підвищення вологостійкості, непрозорості і тривалості приклеювання.

Щільніші сорти паперу (до 450 г/м<sup>2</sup>) використовують для виготовлення як представницької продукції (візиток, буклетів, обкладинок), так і пакування. Це так звані високоглянцеві сорти паперу «литого» крейдування.

Зазвичай, якість крейдованого паперу обумовлена друкарськими властивостями паперу-основи, такими як непрозорість, білизна і стабільність розмірів при зволоженні, рівність поверхні паперу, здатність до стискання, опір до висмикування. Механічна міцність теж залежить від міцності паперу-основи.



Від кількості пігменту, виду, і в'язучої речовини покривного шару залежить білизна крейдованого паперу, гладкість, непрозорість, взаємодія з фарбою. До складу покривного шару належать мінеральні пігменти (70-90% від загальної маси). У якості основного пігменту найчастіше використовують каолін (з білизною понад 84%), до якого можуть додавати крейду для підвищення білизни і вбирної здатності покриття, і сатинвейс – для підвищення глянцевої білизни і підвищення друкарсько-технічних властивостей. Основними в'язучими речовинами (5-25% від маси покриття) є види крохмалю, и, ПВС, КМЦ латекс, ін. Обов'язковими компонентами для покриття є добавки (0,1-0,5%) диспергаторів пігментів, силікати (рідке скло), поліфосфати, поверхневоактивні речовини, захисні колоїди, тощо. Крім вказаних компонентів у крейдовані покриття в невеликій кількості додають змочувальні речовини, регулятори в'язкості, барвники, антисептики, пластифікатори та ін.

За *характером друкованої продукції* а також готових видань папір поділяється на:

- газетний папір;
- картографічний папір;

- Афішний папір;
- Етикетковий папір;
- документний папір;
- книжково-журнальний, тощо.

**Газетний** папір - 45-49 г/м<sup>2</sup>, низькозольний, машинної гладкості, неклеєний, у композиції переважає деревна маса. Призначається для друкування газет і додатків до них, брошур способами високого й офсетного друку.

Газетний (ГОСТ 6445) папір на сьогодні є найбільш вживаним видом паперу серед паперової продукції. Він має близько 20% від світового випуску видів паперу і картону. Хоч за останні роки спостерігається певний спад світового виробництва газетного паперу, близько на 1,4% в рік, його частка в загальному обсязі досить значна.

В залежності від джерел сировини, композиції цього паперу в різних країнах різні. У деяких – для здешевлення паперу в його склад вводять волокна газетної макулатури. Основою композиції сучасного газетного паперу є деревна маса, в яку додають невелику кількість небіленої сульфітної целюлози чи напівбіленої сульфатної целюлози. Актуальною є задача скорочення вмісту целюлози в композиції паперу і її заміни деревною

масою. Перспективним є використання термомеханічної деревної маси. Застосовується також газетний папір із 40% термомеханічної і 60% простої деревної маси, без целюлози. Такий папір успішно використовують на швидкісних друкарських ротаційних машинах. Термомеханічна деревна маса володіє опором роздирання й продавлювання більшим вдвічі порівняно із звичайною деревною масою (бура, біла). Також, термомеханічна деревна маса володіє підвищеним вмістом довговолоконистої фракції, яка підвищує розривну довжину паперу на 1000 м.

Газетний папір має бути міцним, гарно сприймати фарбу і швидко її закріплювати на поверхні. Саме тому пористість газетного паперу має складати близько 60%, а щільність не менше  $0,58 \text{ г/м}^3$ . Такий папір не проклеюють, бо він не потребує значної водостійкості. Але при цьому, він все ж має деякий вміст природної проклейки від смоли, яка міститься у волокнах деревної маси. Щоб підвищити білизну та гладкість газетного паперу у композицію вводиться наповнювач, до 5% зольності, щоб не підвищувати пилоутворення і зменшення міцність паперу.

Газетний папір виготовляють у аркушах і в рулонах. Рулонний папір витримує у ротаційних машинах великі зусилля розтягу. Для газетного паперу встановлена підвищена норма вологості — до 8%, що підвищує значення розтягу і понижує пилоутворення та електризацію.

У нашій країні газети друкувались високим способом, але зараз частіше газети друкують офсетним. Газетний папір для кольорових газет офсетним способом різниться від газетного паперу для високого друку своєю підвищеною міцністю поверхні, підвищеною міцністю на розрив при достатній вбирній здатності, мінімальним пилоутворенням, що забезпечує закріплення липших офсетних фарб. Гладкість офсетного паперу буває меншою, ніж високого друку. При виготовленні кожного з вказаних видів газетного паперу використовують свій технологічний режим.

Найпотужнішим виробником газетного паперу в Україні є Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат, у якому виготовлення газетного паперу відбувається з термомеханічної деревної маси без домішок целюлози. Це відповідає загальній світовій тенденції. Виготовлення

газетного паперу здійснюється на Дніпропетровській, Понінківській паперових фабриках.

**Етикетковий** папір - 45-120 г/м<sup>2</sup>, одно- або двосторонньої гладкості, малоклеєний або клеєний, односторонньо крейдований, з обмеженою поверхневою всмоктуваністю, лінійною деформацією при зволоженні й скручуваністю під час однобічного змочування водою. Призначений такий папір для друкування етикеток високим й офсетним способом.

Папір є важливим фактором виготовлення етикеткової продукції. При застосуванні відповідного паперу з необхідними споживчими і друкарсько-технологічними властивостями, можна виготовити високоякісні етикетки.

Спосіб застосування обігової тари диктує вимоги до властивостей паперу. Етикетки, які застосовуються для обігових поліетиленових і скляних пляшок, мають бути водо- і лугостійкими, так як під час миття на них впливають ці речовини.

Папір, що використовують для етикетування тари, що не підлягає поверненню, для парфумерно-косметичних та лікєро-горілочаних виробів повинна бути щонайменше водостійким, згідно умов миття.

Етикетки інших продуктів, до прикладу, одноразових пляшок, банок, консервів, шоколаду, сигарет, тощо не мають бути водо-, лугостійкими.

Етикетковий папір за своїм складом і властивостями поділяється на типи:

- бездеревний чи з деревною масою;
- білий або з підвищеною білизною;
- крейдяний чи некрейдяний;
- металізований або забарвлений;
- матовий чи глянцевиий;
- водостійкий або неводостійкий;
- лугостійкий, нелугостійкий або лугорозкладний;
- непрозорий у сухому стані або непрозорий у мокрому стані;
- з гладкою поверхнею або тиснений;
- з пігментованим зворотом або з різним рівнем проклейки (різним показником Cobb);
- з шорстким чи гладким зворотом;
- з додатком (за спеціальним побажанням) протигрибкових речовин або інгібіторів корозії.

До важливих параметрів етикеткового паперу, які відрізняють його від інших, належать: водостійкість, лугостійкість, лугопроникність, показник Cobb.

*Лугостійкість та лугопроникність* визначає тривалість структури паперу при дії розчинення в лугах. Для промивання скляної обігової тари використовується вода з додаванням лугу або детергентів. Етикетки в такому середовищі мають змиватись, зберігати цілісність і не допускати забруднення мийного пристрою.

Для тари багаторазового використання важлива можливість відклеїти етикетку без зайвих ускладнень, щоб вона легко усувалася з пляшки, і при цьому фарбовий шар в змивальному розчині не розчинявся та не забруднював його. Змиваючий розчин має за декілька секунд просочити етикетку і розчинити клей. Пр цьому концентрація лугу — 1-2% при 80°C. Якщо концентрація стане вищою, то етикетки можуть розкладатись у розчині і забруднювати його.

*Лугопроникність* — це важлива вимога при обробці зворотної тари. Змивальний розчин має швидко просочити етикетку, розчинити клей і видалити попередню етикетку. Швидкість операції з видалення етикетки залежить від складу паперу, виду і кількості друкарської фарби, використаного клею, лаку. Лугопроникність задається часом, необхідним для просочення лужним розчином.

*Водостійкість етикеткового паперу* задає сталість лінійних розмірів під час зволоження. З цією метою у склад паперу вводять наповнювачі і проклеювальні сполуки. Іншим критерієм водостійкості паперу вступає ступінь збереження достатньої стійкості до розриву у вологому стані (ГОСТ 13525.1-68).

Водостійким є папір який зберігає від 15 до 50% своєї початкової міцності при повному насиченні водою. Звичайний папір не вирізняється водостійкістю і, рветься під дією води, внаслідок послаблення волокон. При повному насиченні водою звичайний папір ледь зберігає 2-8% міцності в сухому стані.

У вологому повітрі водостійкий папір має більшу міцність і стабільність розмірів ніж звичайний. Але, для збереження властивостей етикеткового паперу в друкарнях необхідно підтримувати оптимальні умови його зберігання: температура — 20-22 °С, вологість повітря — 50-55%, піддони з незакінченою роботою накривати плівкою чи замотувати в стретч, знімати пакування безпосередньо перед друком. Такі заходи забезпечують стабільність розмірів паперу між прогонами.



Треба відзначити різницю, яка існує між водостійким і гарно проклеєним папером. Проклеювання сповільнює і утруднює проникнення води вглиб паперу. Вода проникає вглиб проклеєного паперу, насичує його, що призводить до повної втрати міцності. Саме тому неможливо замінити спеціальний етикетковий папір на офсетний, навіть з високим ступенем проклейки.

Окрім водостійкості, папір буває водонепроникним — протистоїть проникненню води. Водонепроникність задається: структурною щільністю паперу та його поверхні, покриття, вмісту гідрофобних речовин (парафіну, воску, тощо).

Дослідження показали, що волокна целюлози зовсім не змінюються під дією штучних смол, які, завдяки електростатичним зарядам, на поверхні утворюють волокон тонку плівку, для сполучення волокон. Це перешкоджає проникненню води вглиб волокна, зменшуючи їх здатність до набрякання. Це сприяє зменшенню деформації паперу при намоканні та висушуванні. Менша сприйнятність водостійкого паперу, порівняльно із звичним, свідчить про те, що волокна з'єднані по стику. Вода проникає між волокнами, але не проникає до середини.

Ефект водостійкості залежить від різних чинників, а головне:

- від виду і стану волокнистої маси — маса з довгими волокнами утворює папір з більшою водостійкістю; в ньому на стійкість впливає механічне зчеплення волокон. Небажаною є дрібна фракція, яка адсорбує смолу, а потім усувається проточною водою;
- від різних речовин — до прикладу, сульфат алюмінію впливає на впорядкованість волокон, солі заліза ведуть відповідно до сульфату алюмінію; крохмаль діє як дрібні фракції волокнистої маси; пластифікатори послаблюють водостійкість через збільшення рН, або через більшу вологість паперу, яка сприяє гідролізу штучної смоли;
- від умов тверднення смол;
- від введення смол у паперову масу.

Введення штучних смол збільшує стійкість паперу у вологому стані, а також багато інших властивостей.

Показник *Cobb* задає поверхнєве вбирання води однією стороною паперу протягом заданого відрізка часу (60 с -  $Cobb_{60}$ ). Показник *Cobb* задає, чи буде етикетка

прикріплена до пляшки надійно і міцно, залежить глибина проникнення клею на зворотній стороні етикетки і, водостійкі властивості паперу. Визначається за допомогою тестера абсорбції Cobb, за ДСТУ 3549-97. Задається в  $г/м^2$ . Показник Cobb застосовується для визначення ступеня проклейки паперу.

Показник Cobb<sub>60</sub> для водо- і лугостійкого паперу становить 7—11  $г/м^2$  для боку, що приклеюється. Для водостійкого паперу показник 20  $г/м^2$ . Нижче значення показника Cobb<sub>60</sub> вказує на більшу стабільність лінійних розмірів етикеткового паперу при різних атмосферних умовах. Лугопроникність етикеткового паперу повинна бути не менша 30 с. Якщо Cobb<sub>60</sub> 20—25  $г/м^2$ , а лугопроникність нижча за 30 секунд, то папір за європейськими стандартами є обгортковим чи пакувальним і не може застосовуватись для етикеток. Невідповідність між показниками водо- і лугопроникності є причиною зморшок або нещільного прилягання краю етикетки при приклеюванні на вологу тару.

Для етикеток використовується теж система приклеювання насухо розплавом клею (hot-melt) чи клеєм на розчинниках. Тоді етикетковий папір має менше

значення показника  $Cobb_{60}$ . Різниця між етикетковим папером для приклеювання на мокро і на сухо унеможлиблює їх взаємозаміну.

Важливу групу матеріалів для етикеток складає самоклеючий папір. Застосування етикеток з раніше нанесеним клейовим шаром дає змогу спростити їх приклеювання та поліпшити оформлення продукції. Самоклеючий папір складається з основи, клеєвого шару та антиадгезійного паперу, який захищає клейовий шар від передчасного приклеювання. У якості основи використовують міцний проклеюваний папір, з низькою поглинальною здатністю. Вибір основи залежить від типу клею. При використанні липкого клею-розплаву, асортимент паперу розширюється, оскільки клей-розплав при нанесенні на основу не переходить на зворотний бік етикеток.

**Картографічний** – це папір з грамажем 85-160 г/м<sup>2</sup>, є композицією на основі деревної целюлози й бавовняного линта (відходу бавовняного виробництва), клесний, малозольний, машинної гладкості чи каландрований, підвищеної білизни міцний в сухому й вологому стані.

Такий папір застосовують для друкування топографічних, географічних і гідрографічних карт. Карти друкують офсетним способом.

Властивості картографічного паперу:

- значна механічна міцність, стійкість до багаторазового згинання (150-300 подвійних згинів);
- стійкість до багаторазового нанесення та стирання графічних позначок олівця;
- гладкість паперу 80-40 с дає можливість виконання тонких графічних робіт;
- стійкість до води (проклейка не менше 1,75 мм);
- незначна засміченість поверхні;
- світлостійкість.

Картографічний папір буває трьох марок: марка А —гідрографічні карти; Б —топографічні, географічні карти та атласи; В — топографічні, географічні і навчальні атласи.

**Письманий** - це папір ( 45-80 г/м<sup>2</sup>), чистоцелюлозний (з целюлозою з бавовняного линта) або з невеликою кількістю деревної маси, білий чи клеєний, кольоровий, машинної гладкості або каландрований. Призначається для бланків, уніфікованих систем

документації, паперів споживчих форматів, паперово-чистових виробів, шкільних зошитів і т.п.

**Обкладинковий** - папір світломіцний, чистоцелюлозний або до 40% деревної маси, клеєний, малозольний папір, що має невелику усадку та скручуваність при однобічному зволоженні, каландрований та машинної гладкості. Призначається для виготовлення обкладинок (140-200 г/м<sup>2</sup>) і склеювання палітурних кришок (80-120 г/м<sup>2</sup>).

**Форзацний** – папір, що є клеєним, середньозольним папером 80-160 г/м<sup>2</sup>, чистоцелюлозним, машинної гладкості або каландрований, відрізняється підвищеним опором зламу, обмеженою скручуваністю після однобічного зволоження. Для виготовлення форзаців книг.

**Афішний та квитковий** - папір, що є білим або кольоровим, малозольним, слабоклеєним, машинної або однобічної гладкості. Для друкування афіш, абонементних талонів, квитків, бланків способом високого друку.

**Ватманський** - папір, що є білим креслярським високосортним ручного відливу, на основі механічно обробленої ганчіркової напівмаси, з поверхневою

проклеюю. Відрізняється опором до стирання та шорсткою поверхнею. Для креслярських робіт, виконуваних олівцем, тушшю й акварельними фарбами.

**Веленевий** – це білий писальний високосортний папір. Використовується для мініатюр, пастельного живопису, видань поліпшеного типу, графічних робіт.

**Верже** – це папір білий або кольоровий чистоцелюлозний високосортний з водяними знаками у вигляді вузьких смуг, іноді пересічених, під прямим кутом до машинного напрямку, розташованими смугами для виготовлення подарункових видань, форзаців і суперобкладинок книжок.

**Естампний** - папір з обмеженою лінійною й залишковою деформацією під час зволоження. Для друку художніх гравюр.

**Крафт-папір** – є особливим видом обгорткового паперу на основі є міцної крафт-целюлози. Має високу механічну міцність. Для обгортки, пакування (пакети, мішки).

### **1.4.3 Деякі спеціальні види паперу**

#### **1.4.3.1 Металізований папір**

Металізований папір складається з паперу-основи й покривного шару на основі металу. Такий папір використовується переважно для етикеток, ялинкових іграшок, подарункового пакування тощо.

В якості основи використовують папір різноманітних асортиментів масою 45-130 г/м<sup>2</sup> з високими деформаційними властивостями та оптимальною вбираючою здатністю.

Існує кілька методів нанесення й закріплення металевого шару на папері. Металізацію паперу з парів металу здійснюють на спеціальній установці розпорошенням з послідуочим осадження за умов високого вакууму при температурі 1400 °С. Для цього використовують алюміній, олово або цинк. Для збільшення адгезії металу, досягнення більшого блиску, кращої твердості покриття папір попередньо покривають плівкоутворюючим полімером.

Інший спосіб металізації (на даний час вважається самим прогресивним і економічним) полягає в виконанні послідовності наступних операцій. Спочатку здійснюють вакуумну металізацію полімерної плівки (наприклад,



лавсанової) та наносять шар клею на поверхню металізованої плівки у ламінаторі. Далі пропускають ламінат в контакт з папером через валиковий прес і витримують певний час. Після цього розмотують отриманий матеріал на два рулони - металізований папір і чиста плівка.

Металізований папір також можуть піддати обробці на витискувальному каландрі, на якому сталевим гравірованим валом видавлюють малюнок на поверхні металізованого шару.

#### **1.4.3.2 Магнітний папір**

Магнітний папір використовують для офсетного, трафаретного й цифрового друку. Він має всі властивості звичайного друкарського паперу й, на додаток до них, - магнітні властивості.

Попередником магнітного паперу був так званий «магнітний вініл» - аркушевий полівінілхлорид, що містив магнітні частинки. Аркуші вінілу були досить товстими. Через це друкувати на ньому було неможливо, тому його піддавали ламінуванню попередньо задрукованим папером. За таких обставин область застосування магнітного вінілу була обмеженою.

Магнітний папір був винайдений в 2001 році та з 2003 р. випускається під маркою MagneCote®.

Магнітний папір має переваги, порівнюючи з магнітним вінілом:

- прямий друк офсетним, та іншими способами, включаючи цифрові;
- зменшення технологічних операцій (виключаються стадії каширування або ламінування);
- порівняно незначна вага готового виробу – при однаковій масі магнітного матеріалу з магнітного паперу можна зробити в кілька разів більше одиниць продукції;
- оперативність одержання кінцевого продукту завдяки зменшенню числа технологічних операцій.

З появою магнітного паперу стало можливим використовувати будь-яку металеву поверхню як підкладку для носія інформації. Рекламні матеріали, надруковані на цьому папері, швидко й легко можна розміщати, що робить рекламу мобільною, доступною й високоефективною. Використання виробів з магнітного паперу можливо не лише у рекламі. Їх можна

використовувати у сфері освіти, побуті. Наприклад можна виготовити:

- дитячі розвиваючі ігри (як поверхню можна використовувати холодильник);

- пазли, які не розсипаються;

- рекламні й інформаційні матеріали, купони, які можна зберігати перед очима, прикріпивши до холодильника, щоб вони не загубилися;

- рекламні вкладки в журналах, які можна вирізати й повісити в потрібному місці;

- елементи пакування, завдяки яким буде зручно відкривати й закривати коробки.

**MagneCote®** – матеріал білого кольору, що на дотик практично не відрізняється від паперу. Він успішно витримує короточасний вплив (1–2 с) температури до 150 °С. Триваліше знаходження при високих температурах може привести до танення магнітного шару. Не реагує на рівень вологості й температури, зберігається в захисному пакуванні й акліматизується в друкарні як будь-який глянсовий крейдований папір. Задрукований і оброблений магнітний папір повинен бути вкритий захисним матеріалом для запобігання зміни вологості паперу.

Подача паперу в друкарській машині може бути в будь-якому напрямку.

Офсетний друк на магнітному папері здійснюють як і на звичайному крейдованому глянсовому папері з використанням стандартних фарб і зволожуючих розчинів. При друкуванні з магнітної сторони необхідні спеціальні фарби (для невбираючих поверхонь) або фарби УФ-твердження.

Друкування на MagneCote® було успішно проведене й на цифровому офсетному устаткуванні: Heidelberg DI, Ryobi DI, HP Indigo Presses. Деякі моделі Xerox і Canon з сухим тонером теж дали позитивні результати.

На MagneCote® можна виконувати тиснення фольгою з паперової сторони. Через прямий вплив високої температури не рекомендується тиснення з магнітної сторони. Конгревне тиснення іноді використовується для надання об'ємності зображенню. При цьому не виникають порушення на раніше задрукованих ділянках паперу. У процесі вдавлювання звертають увагу на тиск, температуру й глибину вдавнення: висока температура може пошкодити магнітний матеріал, а занадто високий тиск і надмірна

глибина вдавлення можуть привести до розтріскування паперу.

MagneCote® можна фальцювати, ламінувати з однієї й обох сторін, збирати в блок і склеювати як будь-який крейдований папір з використанням універсальних клеїв, що підходять для крейдованого й некрейдованого паперу. Ріжеться MagneCote® на звичайних різальних верстатах.

У цей час випускаються три типи паперу MagneCote®: для офсетного, трафаретного й цифрового друку. Окрім того, є спеціальний папір для цифрових офсетних машин HP Indigo. Також він поставляється й у рулонах для флексографського і рулонного офсетного друку.

#### **1.4.3.3 Синтетичний папір**

У сучасному поліграфічному виробництві все більшої популярності набувають синтетичні папери.

Майже дві тисячі років рослинні волокна були незамінними при виготовленні паперу. Однак при всіх своїх перевагах папір із рослинних волокон має ряд недоліків: невисоку механічну міцність у сухому та особливо у вологому стані. При підвищеній вологості

повітря папір набрякає та деформується, поверхня його стає хвилеподібною. Окрім того, папір із рослинних волокон піддається швидкому старінню та дії мікроорганізмів.

Повна чи часткова заміна целюлозних волокон синтетичними надає паперу нових цінних властивостей: мінімальної лінійної деформації при зволоженні, біостійкості, негорючості, довговічності, підвищеної механічної міцності, стійкості до дії світла та коливань кліматичних умов.

Синтетичні волокна, як правило, не набрякають у воді, погано у ній диспергуються, не піддаються фібрилюванню при розмелюванні і не утворюють міжволокнистих водневих зв'язків, як рослинні волокна. Виробництво синтетичного паперу вимагає використання спеціальних хімічних добавок і зміни технологічного процесу. Якість отриманого паперу залежить, в основному, від властивостей вихідних волокон, в'язучих речовин, від умов проведення процесу.

Більшість синтетичних волокон, що використовується для виробництва паперу (поліефірні, поліамідні, поліетиленові, поліакрилонітридні й інше),

не піддаються розмелюванню, а лише розрізаються до довжини 5—10 мм. Оскільки синтетичні волокна мають гідрофобні властивості, їх волокниста суспензія не стабільна, вона швидко флокулює. Для її стабілізації волокнисту масу розбавляють до низької концентрації (від 0,02 до 0,1%) і вводять диспергуючі речовини — від 1 до 5% від маси волокна. Необхідне з'єднання синтетичних волокон у папері досягають шляхом використання різних в'язучих речовин (синтетичних смол, латексів тощо), а також введенням у композицію паперу невеликої кількості легкоплавких волокон, наприклад, волокон полівінілового спирту, які плавляться в процесі сушіння паперу чи в процесі його гарячого каландрування.

Сьогодні в Україні та за кордоном одержані різні види синтетичного друкарського паперу. Для його виготовлення використовують різні види синтетичних волокон. Наприклад, введення у папір 50% поліамідних волокон у масу з біленою сульфатною целюлозою дало змогу збільшити міцність паперу на розрив майже в десять разів, а міцність на згин — у п'ятдесят разів.

Термін «синтетичний папір» використовується з уточненням відносно вигляду сировини, яку

використовують, тобто «одержувана із синтетичних волокон» або «волокнистого типу», тому що існує синтетичний папір плівкового типу, який отримують спеціальною обробкою поверхні плівки.

Для синтетичного паперу характерними є властивості звичайного друкарського паперу й синтетичної плівки: еластичність і міцність, зносостійкість, що дає змогу використовувати синтетичний папір тоді, коли ні звичайний целюлозний папір, ні синтетична плівка не підходять, зокрема для пакувань харчових продуктів глибокої заморозки, пакування жиромістких продуктів.

Синтетичний папір повторює властивості звичайного паперу, такі як білизна, непрозорість, адгезія барвника на водній основі, стійкість до утворення подряпин, твердість, здатність тримати складку, стійкість до проколювання, низький коефіцієнт тертя, а також більш збалансована міцність у машинному й поперечному напрямках.

Синтетичний папір стійкий до різних зовнішніх впливів, витримує будь-які кліматичні умови, відрізняється високою вологостійкістю й стійкістю до впливу хімічних розчинників.



Поверхня синтетичного паперу є абсолютно рівною, не деформується при друці в кілька прогонів, має високу роздільну здатність. Він практично не всмоктує фарбу. Всі марки синтетичного паперу допускають водно-дисперсійне й УФ-лакування.

При використанні синтетичного паперу відпадає необхідність у ламінуванні, оскільки не потрібно додаткового захисту. Відбитки, видруковані на синтетичному папері, зберігають барвистість, яскравість і контрастність протягом тривалого часу.

Специфічні властивості полімерного матеріалу, з якого виготовляється синтетичний папір, роблять його дуже зносостійким, міцним на вигин і розтягування, він практично не зминається. Різні карти (географічні, туристичні, топографічні), видруковані на синтетичному папері, мають високу міцність на вигин, досить тривалий термін служби, вони не вигорають на Сонці, не промокають від дощу й надовго зберігають свою привабливість.

Синтетичний папір знайшов також застосування у виробництві різних бірок, конвертів, посвідчень, пропусків, карток, абонементів, схем, реклами, етикеток

для напоїв і соків, багатошарових мішків для паковань кормів для тварин тощо.

Синтетичний папір має дуже презентабельний вид, що значно розширює область його застосування для друку візиток, ресторанних меню тощо.

Досить ефективно застосовувати синтетичний папір для друкування дитячих книжок, тому що малята часто рвуть книги, видруковані на звичайному папері, бруднять їх, мнуть сторінки. Синтетичні книги можна мити.

Основним недоліком синтетичного паперу є занадто висока його вартість у порівнянні зі звичайним папером. Також при друкуванні на синтетичному папері з обох сторін, поверхні яких відрізняються, виникають проблеми одержання однакової якості зображень й оптичного сприйняття кольору.

Синтетичний папір волокнистого типу роблять із наступних видів волокон:

- ароматичних,
- поліамідних,
- поліефірних,
- поліпропіленових,
- суміші гідратцелюлозних і полівінілспиртових,

- вуглецевих тощо.

Синтетичний папір роблять також з коротковолокнистої поліолефінової маси, так званої синтетичної волокнистої маси (СВМ). СВМ може змішуватися в будь-яких співвідношеннях з напівфабрикатами для звичайного паперу, її використовують для модифікації властивостей звичайного паперу (наприклад, для надання термозварювальних властивостей) і розширення сировинної бази в країнах з дефіцитом рослинної сировини. Такий папір виготовляють на звичайному папероробному устаткуванні.

При виготовленні синтетичного паперу різні фірми використовують наступні наповнювачі: діоксид кремнію, слюду, карбонат кальцію, наповнений тальком поліпропілен; для одержання непрозорості – діоксид титану.

Велике значення для якості синтетичного паперу має також вибір смоли. Так, наприклад, поліпропілен надає більш високої стійкості до стирання, у той час як поліетилен низького тиску (HDPE) надає більш високої твердості, яка необхідна для виготовлення мішків.

Синтетичний папір волокнистого типу одержують різними способами з хімічних волокон або їхніх сумішей з натуральними.

*Мокрий спосіб.* Для виготовлення паперу мокрим способом використовується водорозчинне полівінілспиртове волокно (ПВС-волокно). Паперовою масою є водна дисперсія хімічних волокон довжиною 4–6 мм. Також для виробництва паперу мокрим способом мають значення короткі волокна з поліолефінів (так звана синтетична целюлоза). Для утворення міцних міжволоконних зв'язків до складу паперової маси, як правило, вводять в'язучі, наприклад: фібриди, термовологопластичні або термопластичні волокна. Фибриды – волокнисті або смугоподібні полімерні частинки складної форми з довжиною основного стовбура 0,1–10 мм (частіше до 2 мм), діаметром 2–50 мкм, які одержують швидким видавлюванням через фільтру розчину волокноутворюючого полімеру в осаджувальну ванну при її інтенсивному перемішуванні й плавленні. Завдяки особливостям надмолекулярної структури температура плавлення фібридів значно нижче ніж волокна, отриманого з того ж полімеру. Внаслідок цієї особливості можна виготовляти

синтетичний папір, що складається з того самого полімеру. Вміст фібридів у цьому папері становить звичайно 30-70% від його маси. Якщо в'язучим служать фібриди або термопластичні волокна, після сушіння синтетичний папір пропускають через каландри, температура яких лежить між температурами плавлення в'язучого й основного волокна. Через те, що термовологопластичні полівінілспиртові волокна розчинні тільки в гарячій воді, при їхньому використанні сушіння ведуть при температурах вище температури розчинення цих волокон; частково розчиняючись, вони склеюють основні волокна. Якщо в'язуче застосовують у вигляді розчину або дисперсії полімеру (наприклад, полівінілацетату), то ним обробляють мокре паперове полотно перед сушінням. Для позначення синтетичного паперу, одержуваного мокрим способом із двох компонентів - синтетичних волокон і волокнистих фібрилів (за звичай на основі того самого полімеру) - використовують також термін «текстрил».

*Сухий спосіб.* Синтетичний папір волокнистого типу може бути отриманий й за сухим способом формування, у тому числі з безперервних волокон, що термозварюються один з одним у точках контактів.

*Екструзійний спосіб.* Синтетичний папір одержують також екструзією високонаповнених полімерів, наприклад поліолефінів, полістиролу тощо. Це найдешевший папір. Застосовується він для друку масових видань на поліграфічному устаткуванні, що включає пристрій для обробки поверхні паперу коронним розрядом. Це є необхідним для сприйняття й утримання фарби поверхнею плівки.

*Спосіб спінення.* Спінені синтетичні папери роблять аналогічно пінопластам введенням у плівкоутворювальні полімери порофорів. Такий папір легше звичайного картону, через це його використовують як пакувальний матеріал.

*Спосіб склеюванням.* Склеюванням (ламінуванням) синтетичних паперів різних типів один з одним виготовляють тришарові композити, які використовують, наприклад, як носії інформації.

### **Деякі види синтетичних паперів**

До числа перших видів синтетичного паперу відноситься *Ucar*, виробництво якого почалося наприкінці шістдесятих років компанією Union Carbide Corp.

Компанією DuPont у 1965 році була зареєстрована розробка нового матеріалу під торговельним найменуванням *Tyvek (Тайвек)*. *Tyvek (DuPont)* – нетканий матеріал, набагато легше й міцніше за папір, більш універсальний у порівнянні з тканинами, виготовлений із чистих поліетиленових волокон, з'єднаних під тиском і температурою. У поліграфії й пакуванні знайшли широке застосування завдяки прекрасним друкувальним властивостям такі марки, як Tyvek 10 і Tyvek 30. Нова лінія декоративного Tyvek 30 – «срібло» і «янтар».

Синтетичний папір *Yupo (Юпо)* має багатошарову структуру. Виробляється він у Японії. Властивості паперу забезпечуються середнім (найбільш товстим) поліпропіленовим шаром-основою, а подібність із папером – двома зовнішніми шарами покриття, завдяки яким можливо двостороннє задруковування матеріалу, найчастіше способом офсетного плоского, глибокого, трафаретного й високого друку. Даний папір характеризується більш рівномірно впорядкованою зернистістю. Це обумовлено тим, що розтягання полотна в процесі відливу здійснюється як по довжині, так і по ширині. Мікропорожнечі, що утворюються у всіх шарах,

надають паперу Yupo такі якості, як непрозорість, білизну й краще закріплення фарби. Папір характеризується високим ступенем гладкості, міцності й гнучкості, відрізняється високою волого- і зносостійкістю, має підвищену міцність на вигин, розтягання й розривання, має меншу вагу, рівномірну товщину матеріалу по всій площі, більшу міцність на розривання, рівномірну міцність у центрі полотна й по краях. При спалюванні в умовах достатньої кількості кисню основного компонента цього матеріалу – поліпропіленового полімеру – відбувається його розкладання на воду й вуглекислий газ. При цьому не виділяються гази, що містять сірку, хлор і азот, а відходи можуть бути використані повторно.

*Papir Polyart* – синтетичний крейдований виробляється зі спеціальної поліетиленової плівки (з компаунда HDPE з  $TiO_2$  і карбонату кальцію за екструдерним способом), що покривається двошаровим матовим крейдованим покриттям. Крейдоване покриття надає матеріалу антистатичних властивостей. Плівка Polyart має товщину 3,2 – 12 мил (1 мил = 0,001 дюйма) і випускається масою від 75 до 250 г/м<sup>2</sup>. Завдяки особливому складу папір забезпечує високу чистоту



кольору і точність відтінків. Подібно звичайному крейдованому паперу Polyart підходить для всіх способів друку й не вимагає перенастроювання друкарської машини.

У силу свого хімічного складу папір Polyart має тривимірну стабільність. У нього немає показника машинного напрямку. Що ж стосується непрозорості, то з цього показника даний папір значно перевершує звичайний папір. Він не тільки не поступається видам високоякісного целюлозного паперу й картону за технологічними друкарськими властивостями, але й перевершує їхні споживчі характеристики. Доцільно застосовувати синтетичний папір Polyart у тих випадках, коли необхідні такі характеристики задрукованого матеріалу, як довговічність, стійкість до стирання, підвищена чистота й водостійкість. Крім того, папір Polyart стійкий до води, жиру, хімічних речовин, до витирання й перепаду температур. Його застосовують для друкування етикеток, рекламних плакатів, карт, путівників, обкладинок для книг і каталогів, інструкцій, календарів, постервв тощо.

Синтетичний папір *Polyolith* – це папір на основі поліпропілену, виготовляється з поліпропіленової смоли,

що пройшла мінеральне зміцнення за допомогою суміші нейтрального кальцію й діоксиду титана ( $\text{TiO}_2$ ) для надання білизни й матовості. Папір виготовляється за допомогою екструдера. Після цього здійснюється каландрування й орієнтування в поперечному напрямку на рамі. Для кожного класу існує свій ступінь орієнтування. Орієнтовані сорти розташовуються як у машинному (поздовжньому), так і в поперечному напрямках. Це збільшує міцність у цих напрямках, а також підвищує поверхневу густину. Всі сорти Polyolith можна розбити на дві основні категорії: каландровані й орієнтовані. Діапазон грамажу цих матеріалів досить широкий і перебуває в межах від 88 до 510 г/м<sup>2</sup>. Матеріал зберігає стабільність розмірів у діапазоні температур від мінус 30 °С до плюс 92 °С. Допускається короткочасне нагрівання до 102 °С, температура плавлення становить 160 °С. Спеціалізовані мінеральні наповнювачі забезпечують довговічність, міцність на розрив, дряпання й зминання, стійкість до впливу вологи, масла, консистентного змащення, хімікатів і ультрафіолетового випромінювання. У порівнянні з іншими марками синтетичного паперу ціна Polyolith є більш доступною, що забезпечує її широке поширення. Подібно іншим видам

синтетичного паперу, Polyolith (завдяки своїй зверхгладкій поверхні) підходить для нанесення лаків, ламінування, термозварювання й склеювання. Його можна піддавати фальцюванню, вирубуванню й тисненню, зшивати в зошити.

Каландровані сорти G (серії GC, GH) мають високу непрозорість (від 85 до 98 %, ISO) і підвищену міцність на вигин, розтягання, розривання в поперечному напрямку. Лицьова сторона матеріалу є більш гладкою ніж зворотна, тому показники якості друкування на лицьовому й зворотному боках не будуть повністю ідентичними.

Орієнтовані сорти P (серія PA) мають надзвичайно високу міцність на розрив як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку й однакові лицьову й зворотну сторони.

Папір *Teslin*. Для його виробництва використовують суміш поліетилену й прозорого неорганічного масла з високим наповненням діоксидом кремнію. Ця суміш каландрується, потім масло вибирається й залишається пориста структура, що нагадує стільники. Пористість дозволяє друкувати на папері *Teslin* без якої-небудь додаткової обробки за

допомогою барвників або на водній основі, або на основі розчинника, оскільки барвник усмоктується в пори. Стільниковість знижує щільність плівки, тому в аркуша даного паперу більш низьке значення щільності ніж у інших типів синтетичного паперу, а також більша твердість. Область застосування паперу - для пакування із захистом від несанкціонованого відкриття; для виготовлення водійських посвідчень і інших посвідчень особи. Вважається, що папір Teslin - єдиний синтетичний папір на основі олефіна, який можна використовувати в лазерних копіювальних пристроях. Наприклад, папір марки *TESLIN® SP1000TS ("PPG", США)* – синтетичний непрозорий матовий папір. Він являє собою однорідну мікропористу плівку на основі поліолефіна. Папір серії TS (Thermally Stabilized) відрізняється від інших марок тим, що він є термостабілізованим, не дає усадки після проходження через принтер. Даний матеріал забезпечує гарну передачу кольору по всім СМУК кольорам, незважаючи на те, що має середній ступінь білизни. Його можна різати, тіснити фольгою, наносити на неї клейовий шар і ламінувати (сила зчеплення ламінаційної плівки з Teslin в 2–6 разів вище в порівнянні з папером або будь-яким пластиком).

Застосовується даний вид паперу для виготовлення пластикових карт, бейджиків, меню, бірок і етикеток.

Папір *Uniprint*. Це синтетичний непрозорий матовий папір (пластик), універсальний, призначений для друку як на апаратах з електрографічною технологією друкування, так і на струминних принтерах. Він є водостійким й довговічним як пластик, і на ній можна друкувати на обох сторонах пластикові карти, бейджики, меню, карти, бірки й етикетки. Випускається різної щільності. У порівнянні з папером Teslin® SP1000TS має більш виражену білу поверхню.

Папір *Nor-Syn*. Цей матеріал випускає компанія Nan Ya (підрозділ Formosa Plastics, Тайвань). Він являє собою каландровану одношарову поліпропіленову плівку товщиною 3,2–3,4 міл, наповнену карбонатом кальцію. Ця ж компанія також розробила інший схожий на папір продукт, що називається *Dura-Lite*. Він являє собою тришарову структуру поліпропілену з покриттям для надання додаткової стійкості до стирання. Поверхня оброблена коронним розрядом. *Dura-Lite* поставляється товщиною 2,8-7,2 міл. Область застосування цих паперів - пакування, етикетки. Можна друкувати способом офсетного друку.

Папір *ProPaper* (American Profol Inc). Сімейство марок синтетичного паперу за такою назвою виготовляється на основі тришарової литої поліпропіленової плівки випустила. Ці плівки застосовують для виробів, що використовуються поза приміщеннями в холодну погоду.

Синтетичний матовий папір (пластик) *Lasernex-S* ("*GMP*", *Корея*). Цей папір універсальний і призначений для друкування як офсетним способом друку, так і електрографічним. Він водостійкий, довговічний як пластик, призначений для виготовлення пластикових карт, бейджиків, меню, схем, карт, бірок і етикеток. Даний папір не має яскраво вираженої білої поверхні. Для неї характерний "молочний" відтінок, порівнянний з матеріалом Uniprint. Особливі еластичні властивості *Lasernex-S* дозволяють робити друкування при подачі його як з ручного лотка, так і з касети в режимі автоматичного дуплекса, що дає можливість двостороннього друкування.

Папір *Lux-Print*. Білий синтетичний папір на основі поліпропілену, нагадує чистоцелюлозний папір. Він має високу стійкість до вологи, температурних коливань, хімічних сполук, що є у навколишньому середовищі, а

також надзвичайну міцність на розривання. Застосовується для зовнішньої реклами (прапори, гірлянди із прапорців, постери, пакети, рекламні вироби для роздачі у вуличних умовах, вивіски, покажчики тощо) і друкування інформаційних матеріалів.

#### **1.4.3.4 Папір з водяними знаками**

Одним із способів захисту цінних паперів, що ґрунтується на його фізико-хімічних властивостях, є водяні знаки. Раніше, коли папір виготовляли вручну, на натягнуту сітку виливали рідку паперову масу. На сітці шовком чи дротом вишивали малюнок. При відливанні паперова маса накладалася на малюнок більш товстим шаром. Коли аркуш висихав на його поверхні утворювався невидимий оку рельєф. Побачити його можна було тільки дивлячись на аркуш проти світла: на більш темному тлі виникало чітке світле зображення — водяний знак.

Зараз папір з водяними знаками різних видів виробляється на циліндрових або плоскіточних машинах. В останньому випадку для цього використовують спеціальний валик - егутера. Поверхня валика вкрита дротяною сіткою з об'ємним зображенням,

що виконується на м'якій паперовій масі, яка рухається під валиком на сітці машини. Під тиском валика шар паперових волокон тоншає, і у цьому місці папір просвічується, так утворюються водяні знаки.

Окрім натуральних водяних знаків існують штучні. Їх одержують шляхом друкування на папері оліфою або шляхом пресування. Надруковані штучні водяні знаки легко відрізнити від натуральних неозброєним оком, а знаки, отримані пресуванням, подібні до справжніх. Але при обробці такого водяного знака лугом волокна набрякають і знак зникає. Натуральний водяний знак витримує обробку лугом. Для виявлення натурального водяного знака іноді застосовують добре очищений бензин. Коли водяного знака не видно, одна—дві краплі бензину "проявляють" його та швидко випаровуються, не залишаючи слідів, що свідчить про те, що папір не фальшивий.

Водяні знаки використовують:

- для створення паперу з власним стилем;
- у декоративному, оформлювальному папері, де роль водяного знака - надання декоративного ефекту;



- для друкування цінних паперів, банкнот, документів для проїзду в суспільному транспорті, вхідних квитків на масові заходи й іншої продукції з елементами захисту від підробок, у якій водяний знак несе навантаження одного з найважливіших захисних елементів.

Водяні знаки розрізняються за оптичними характеристиками, характером розташування на аркуші паперу або у виробі, технікою виконання.

*За оптичними характеристиками* водяні знаки підрозділяються в такий спосіб: однотонові (темні або світлі); двухтонові; багатотонові або портретні (з наявністю напівтонових переходів).

*За розташуванням на аркуші* розрізняють наступні водяні знаки:

*загальні* – багаторазово повторюваний водяний знак, розташований на всьому аркуші хаотично або впорядковано, але без фіксованих координат по довжині й ширині стосовно крайок аркуша;

*смугові* – багаторазово повторюваний водяний знак, впорядковано розташований по вертикальній, горизонтальній або іншій лініях аркуша паперу, що

утворює на ньому візуальну смугу з фіксованими координатами її положення;

*локальні* – водяний знак, розташований у певнім місці аркуша паперу з фіксованими координатами по його довжині й ширині, виходячи з положення на кінцевому поліграфічному виробі;

*комбіновані* – що складаються з різних сполучень загальних, локальних і смугових водяних знаків.

*За технологією виконання* знаки поділяються на штаповані й виготовлені за технологією філіграні.

При виготовленні паперу з водяними знаками враховуються вимоги способу друку.

Якщо водяний знак є на папері для друкування захищеної від підробки продукції, то, як правило, у папері присутні й інші засоби (елементи) захисту від підробки: захисні волокна, захисна нитка, пігменти, що світяться в ультрафіолетовому випромінюванні, хімічний захист.

Окремі види захищеної продукції вводяться спеціальними постановами уряду. Це стосується виробництва, використання й вимог до марок акцизних зборів на алкогольну продукцію, маркам акцизних зборів на тютюн і тютюнову продукцію.

### **1.4.3.5 Папір для виготовлення цінних паперів**

Для виробництва цінних паперів — друкованих банківських чеків, грошових знаків, кредитних білетів — використовують папір високої якості. Він повинен відповідати суворим технологічним вимогам: бути довговічним, стійким до дії навколишнього середовища, міцним на розрив, згин, мати захист від підроблення.

Паперова основа сама по собі є елементом захисту, особливо грошових знаків. Певним чином підібраний склад волокнистого матеріалу може забезпечувати необхідну зносостійкість, особливі ефекти хрустіння майбутніх банкнот тощо. У Росії основою банкнотного паперу є бавовна, у Німеччині для цього використовують чисту масу з ганчір'я, американський банкнотний папір виготовляють з композиції, три чверті якої складає бавовна, а одну чверть — льон. Точний склад композир'ї волокон кожна країна тримає в таємниці, навіть місце вирощування рослин, які є сировиною для виготовлення паперу.

У деяких країнах, щоб продовжити термін служби цінних паперів та запобігти їх підробці, до паперу додають незначну кількість свинцю та міді, хоча наявність у банкнотному папері цих металів зумовлює

виникнення деяких небажаних проблем, пов'язаних, в першу чергу, з утилізацією старих банкнот. У банкнотному папері вміст токсичних металів переважає допустимі норми. Знайти відповідне вторинне застосування величезній кількості старих грошових знаків досі ще не вдалось. Тому в багатьох країнах, як і раніше, їх спалюють на спеціальних звалищах, пристосованих для зберігання небезпечних відходів виробництва.

Папір для виготовлення цінних паперів іноді підфарбовують спеціальними люмінісцентними речовинами. Під УФ-променями такий папір світиться інтенсивним біло-голубим кольором. Це дає змогу визначити де цінний, а де фальшивий папір, окрім цього уникнути підробки цінних паперів шляхом фотокопіювання.

До способів захисту цінних паперів, що ґрунтуються на їх фізико-хімічних властивостях, належать також спеціальні захисні волокна-прожилки. Прожилками називають кольорові рослинні волокна, що додаються до паперової маси ще на перших стадіях виготовлення паперу, коли вона перебуває в м'якому стані. Ознакою цінності паперу є те, що прожилки не

надруковані та не наклеєні на його поверхні, а кожний кольоровий прожилок можна вийняти з паперу за допомогою голки. Окрім прожилків застосовують інші елементи видимої ідентифікації — у паперову масу вводять спеціальні тонкі "пірнаючі" стрічки з металу чи полімерного матеріалу.

Поширення чеків, кредитних карток вимагає захисту підпису власника. Для цього використовують ефекти зміни забарвлення нанесених на папір шарів при спробі фальшування чи доступу до інформації. Наприклад один шар має фарбувальну речовину, другий — кольоропроявник-акцептор або шар, що складається з мікрокапсул. При спробі проникнути до інформації, яку він приховує, шар проявляється і змінює забарвлення, переходить на зворотний бік або зумовлює додатковий ореол. Наприклад, для захисту підпису пропонують термохромний рідкий кристал. Композицію, чутливу до тиску, у вигляді мікрокапсул наносять на папір у місці проставлення підпису. Зображення з'являється тільки під дією тиску і температури.

Сьогодні у деяких країнах з'явилися пластикові грошові купюри. Їх суттєвою перевагою над паперовими цінними паперами є довговічність. Якщо банкнотний

папір витримує 2000—3000 подвійних згинів, то пластикові банкноти витримують 250 000 подвійних згинів.

Папір для виготовлення цінних паперів — це продукція, що вимагає високої технології, продуктивної точної техніки, особливих матеріалів і висококваліфікованих спеціалістів. Фірми, які займаються розробкою цінних паперів і їх виготовленням, зберігають таємницю методів і засобів захисту кожного конкретного замовлення. Це дає змогу одержати надійно захищені папери, підроблення яких неможливе. В Україні з 1994 р. працює Малинський паперовий комбінат з виготовлення цінних видів паперу. Продукція, що на ньому виготовляється, не поступається за якістю цінним видам паперу, що виготовляються у Німеччині, Англії, Франції.

Особливі умови виробництва й використання паперу для захищеної від підробки продукції визначаються на державному рівні постановами уряду України й нормативних документів Міністерства фінансів України. Діяльність по виробництву цінних паперів, лотерейних квитків і іншої захищеної продукції ліцензується відповідно до постанов уряду.

### 1.4.3.6 Електронний папір

Передача інформації, документів, їхнього змісту за допомогою електронних медіа відкриває нові можливості в комунікаційних областях. Електронні медіа надають інноваційні альтернативи друкованим засобам. Обіг із частинами тексту в електронних версіях відбувається за допомогою програм пошуку й обміну даних. Інтеграція потоків електронної інформації з текстовою інформацією й нерухомими зображеннями на паперовому носії підвищує ступінь використання друкованих видань у порівнянні із традиційною книгою. Творці електронного паперу прогнозують перехід газет і журналів у новий електронний формат ( hi-tech-формат), тому що стає можливим створити вічно свіжий номер газети, що сама буде оновлювати свій вміст і яку при цьому можна буде згорнути в трубку, засунути в кишеню пальто або скласти як носову хустку. Газета фактично друкується в руках читача. Електронні аркуші легкі і невеликі, їх можна читати при будь-якому світлі. Зображення відразу після формування залишається на місці, тобто читачеві не прийдеться постійно завантажувати електронний документ. Для видавців, що публікують свої видання одночасно в різних країнах,

таке рішення може істотно спростити процес дистрибуції, а для читачів знизити вартість газет і журналів, тому що новий номер не прийдеться друкувати в друкарні. Концепція електронного паперу привертає до себе увагу численних груп розроблювачів.

Компанія Philips розробила електронний папір, що представляє собою гнучкий дисплей, що легко згортається в трубочку діаметром у два сантиметри. На відміну від звичайного паперу, електронний папір з обновлюваним вмістом не буде практично залишати після себе електронної макулатури. Новий дисплей дозволяє наносити органічні електронні компоненти друкарським способом на тонку пластмасову плівку, а не на скляну підкладку. Дисплей Philips чорно-білого кольору, відображає відтінки сірого, має діагональ 12 см і складається з 80 тис. пікселів, для повного відновлення кадру потрібно біля секунди. Розроблювачі вважають, що цього досить для подання газети в новому вигляді. Дисплей конструктивно складається з органічних провідників, нанесених на поліамідну плівку товщиною 25 мкм. Над провідниками розташований 200-мікронний шар «електронного чорнила», розроблених компанією E Ink, що представляють собою мікрокапсули, заповнені



суспензією позитивно заряджених частинок білого кольору й негативно заряджених - чорного кольору. Залежно від поданого до комірки потенціалу, чорні або білі частинки в комірці опускаються долілиць, у результаті чого комірка зафарблюється в чорний або білий колір.

Південно-корейська компанія LC Philips LCD створила перший у світі кольоровий електронний папір форматом А4. Гнучка панель має товщину 0,3 мм і 14 - дюймову діагональ. Екран підтримує до 4096 кольорів, відрізняється малим електроживленням - електрика витрачається тільки тоді, коли зображення на екрані змінюється.

У розробці електронного паперу й електронного чорнила крім Philips задіяні ще декілька широко відомих у світі компаній. Серед розроблювачів даної технології одне із провідних місць займає Xerox і Massachusetts Institute of Technology (MIT). Компанія Xerox розробила концепцію, названу Gyricon, а MIT представив маленькі переносні комп'ютери, обладнані знімними екранами, які досить продуктивні, можуть відображати зображення, що рухаються, в ідеальному кольорі й легко згинаються.

Компанія Fujitsu оголосила про те, що створила перший у світі зразок супертонкого кольорового електронного дисплея на плівковій основі, що за своїми товщиною й еластичністю нічим не поступається звичайному паперу. Він здатний відтворювати яскраві кольорові зображення, що не втрачають своєї якості навіть при згинанні екрана. Дисплей постачений функцією відеопам'яті, що забезпечує можливість тривалого відображення однієї й тієї ж картинки без необхідності електричного підживлення самого пристрою. Незначна енергія витрачається тільки під час заміни одного зображення на інше або під час «перелистування» сторінок.

Японська фірма Epson розробила свій електронний папір, представивши власний прототип форматом А6. Це 7-дюймовий тонкий і гнучкий дисплей (товщиною 0,47 мм) на пластиковій підкладці з роздільною здатністю  $1536 \times 2048$  точок. На відміну від рідкокристалічних екранів, електронний папір має підвищену контрастність зображення, порівнянну з контрастністю тексту на звичайному папері.

Являючись основним постачальником дисплеїв з електронного паперу, компанія E Ink передбачає випуск

нового покоління своєї продукції, що одержала назву Vizplex Imaging Film. Новий продукт має наступні переваги: удвічі швидше обновляє зображення (740 мс проти 1200 мс у екрана попереднього покоління, пікова швидкість у монохромному режимі становить 260 мс - проти 500 мс) і в порівнянні з попередньою на 20 % має більш високий показник яскравості.

Компанія Sony також пропонує новий пристрій Sony Reader, призначений для читання книг в електронному вигляді, який підтримує імпорт RSS-Потоків (підтримка RSS із графікою). Воно здатне автоматично обновляти інформацію з інтернету. Пристрій заснований на технології електронного паперу з надтонким дисплеєм надзвичайно високої контрастності й низького енергоспоживання, що підходить для відображення тексту й чорно-білої графіки. Читати аркуш із такого дисплея майже так само комфортно, як і читати папір.

Розробки Sony і Philips сприяють просуванню нових технологій. Голландська компанія Philips оголосила про випуск першого у світі дисплейного модуля електронного паперу, що буде поставлятися на заводи Sony для використання в новому пристрої -

електронній книзі. Дисплей такої книги має роздільну здатність в 170 пікселів на дюйм і може стати найбільш масовим еквівалентом газетного паперу в усьому світі. У процесі користування батареї будуть використовуватися тільки при одержанні нових сторінок, тому можна значно зменшити їх розмір і використовувати протягом багатьох місяців без перезарядження.

Основний мінус електронного паперу – її інерційність. При зміні зображення на екрані залишається слід, що не дозволяє використовувати її для відображення анімаційної графіки або відео.

Заради справедливості слід відмітити, що електронний папір все ж таки не являється власне папером. Це є досить складний оптико-електронний прилад. Тому його можна віднести то класу паперів тільки умовно.

## **Розділ 2. СТРУКТУРНА БУДОВА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ**

### **2.1 Структурна будова картону**

#### **2.1.1 Структурна будова та склад картону**

Безумовно самим розповсюдженим у поліграфії матеріалом для задруковування є папір. Друге місце займає картон. Існує кілька типів картону, кожний з яких представлений на ринку великою кількістю марок різних виробників.

Існує кілька різних визначень термінів «папір» і «картон». Відповідно до ГОСТ 17586-80 папером й картоном прийнято називати аркушевий матеріал, що складається переважно з рослинних волокон, зв'язаних між собою силами поверхневого зчеплення, у якому можуть утримуватися проклеюючі речовини, мінеральні наповнювачі, хімічні й натуральні волокна, пігменти й барвники.

Думають, що слово «картон» походить від італійського слова «cartone», що значить «твердий». Початок картонного виробництва відносять до середини XVI ст. й пов'язують із появою друкарства, коли для

плетіння книг стали використовувати обкладинки зі склеєних між собою аркушів паперу.

Основні відмінності картону від паперу - у його багат шаровості й твердості. Деякі вважають картоном папір вагою більше  $200 \text{ г/м}^2$ , але це невірно, оскільки існують папери вагою й  $300$ , і  $400 \text{ г/м}^2$ . Скоріше справедливим буде назвати товщину паперу визначальним параметром і віднести папір товще  $0,25 \text{ мм}$  до картону.

Тому будемо вважати, що **картоном (Board, paperboard)** називають твердий багат шаровий листовий або полотновидний матеріал товщиною від  $0,25$  до  $5 \text{ мм}$ , вироблюваний, подібно паперу, з волокнистої маси.

Майже всі картони складаються з декількох шарів - у цьому і є основна відмінність картону від паперу. За допомогою комбінації шарів досягаються висока твердість і гарні бар'єрні властивості. Завдяки цим якостям його використовують у виробництві тари, у будівництві, поліграфії, машино- і приладобудуванні, хімічній, легкій й харчовій промисловості тощо.

Сировиною для виробництва картону служать ті ж напівфабрикати, що й для виготовлення паперу. У виробництві картону більш широко використовують:

- напівцелюлозу,
- целюлозу,
- сучкову целюлозу,
- різні види деревної маси,
- відходи ганчір'я,
- солом'яну масу,
- вовняне ганчір'я,
- відходи від переробки бавовни.

Крім рослинних волокон, застосовують азбест і обрізки шкір при виготовленні шкіркартону. Показники різних видів картону, також як і паперу, досягаються композицією й режимом обробки на кожній стадії виготовлення картону. Волокнисті напівфабрикати розмелюють у конічних і дискових млинах, які по конструкції не відрізняються від таких, що застосовують у паперовому виробництві.

Таким чином, можна вважати, що **основною сировиною** для картону служать:

- білена й невібілена целюлоза,
- деревна маса,

- макулатура,
- синтетичні й мінеральні волокна.

Структуру картону складають:

1. крейдовані шари (якщо є);
2. верхній шар (вибілена целюлоза, невибілена целюлоза, деревна маса, вибілена макулатура);
3. наповнювач - вкладиш (самий товстий шар з відносно дешевого матеріалу: макулатура, деревна маса, невибілена целюлоза);
4. нижній шар (один або кілька шарів якісної сировини (білена целюлоза, невибілена целюлоза)).



Рисунок 2.1 – Структура картону

Загальне правило: якість сировини зменшується зверху до середнього шару і збільшується від нього вниз.

Картони, які містять тільки целюлозу називають картонами з первинних волокон або



*целюлозними*. Матеріал, серцевина якого заповнена макулатурою — *макулатурними*. Картони, в яких для збільшення твердості, міцності й вологостійкості використовується целюлоза підвищеної міцності — *крафт-картони*.

*Чистоцелюлозні* картони складаються з декількох крейдованих шарів, верхнього шару з високоякісної хімічної целюлози й наповнювача з механічної целюлози, нижній шар виконується також з високоякісної сировини. Однак не обов'язково білий. Такий картон має високі міцнісні властивості (на роздирання, проколювання, продавлювання тощо). Основною сферою застосування цього високоякісного пакувального матеріалу є високоякісне пакування для кондитерських виробів і інших харчових продуктів, парфумерії й косметики, лікарських препаратів, різних рекламно-презентаційних матеріалів. Маючи високі показники твердості й гладкості від тотального застосування даного матеріалу стримуючим фактором є відносно висока ціна.

*Крафт-картон* також належить до чистоцелюлозних картонів. Відмінною рисою його є зворотний бік з характерним кремовим кольором (кава з

молоком). Цей матеріал має підвищену жорсткість й бар'єрні властивості. Широке поширення одержав при виробництві коробок для високоякісного алкоголю. Високі жорсткісні властивості крафт-картону дозволяють часом ним замінити пакування з мікрогофрокартона для негабаритної електротехніки й господарських товарів. Відомі приклади вмілого дизайнерського використання зворотного боку картону, часом перетворюючи його в лицьовий.

При виробництві *макулатурних* картонів поряд із целюлозою й деревною масою для здешевлення в якості вкладиша використовується макулатура. Платою за подібне здешевлення є зниження жорсткісних властивостей матеріалу. Так при однаковій щільності макулатурні картони програють своїм целюлозним братам у твердості на 20-30%. Тому для адекватної заміни макулатурним картоном матеріалу з первинних волокон необхідно застосовувати картон більшої щільності. А це може нівелювати економію від заміни. Основною сферою застосування макулатурного картону є пакування для недорогих товарів масового виробництва з певними вимогами до ціни: чай, кава, пральні порошки, лікарські препарати, недорогі

тютюнові вироби тощо. Нюансом застосування макулатурного картону при пакуванні харчових продуктів є неприпустимість контакту пакування з їжею. Тобто продукт, що впаковується, повинен бути додатково впакований, наприклад, у плівку.

Ще є так званий картон двостороннього крейдування, коли відповідне покриття наноситься не тільки на лицьову сторону картону, але й на зворотну, як правило, в один шар. Крейдування забезпечує якісний друк: пігменти фарби не проникають у глиб деревинно-целюлозних волокон, а затримуються у верхньому шарі. Робити більше двох шарів крейдування ризиковано, оскільки можуть постраждати механічні властивості картону - він втратить еластичність, стане тендітним, ламким, а значить, виникнуть проблеми з фальцюванням.

### **2.1.2 Технологія виробництва картону**

Картон, як і папір, піддають проклейці каніфольним і тваринним клеєм, крохмалем, казеїном, рідким склом. Деяким видам картону не пред'являють високих вимог до білизни та якості поверхні. Завдяки цьому представляється можливість застосовувати для проклейки картону речовини темного кольору - бітум,

каучук, асфальт, пековий клей і інше. Водостійкі картони - взуттєвий, прокладковий, автомобільний тощо - просочують у масі каучуковими, бітумними й іншими емульсіями.

При проклейці багат шарових картонів клей і глинозем вводять в окремі ванни з масою для кожного шару. Як наповнюючі речовини використовують каолін, тальк; барвниками служать органічні барвники.

Деякі види картону випускаються з поверхневим покриттям, тобто піддаються крейдуванню, покриттю поліетиленом, латексом і інше. Для цієї мети вживають водні суспензії наповнювачів, що закріплюються на поверхні картону клейовими речовинами - казеїновим клеєм, крохмалем. Після нанесення покривного шару картон підсушують, каландрують, він набуває рівну й гладку поверхню.

Виготовлення картону на картоноробних машинах

### ***Виготовлення багат шарового листового картону***

Для вироблення багат шарового листового картону застосовують одно- і двоциліндрові плоскосіткові машини. Маса концентрацією 0,4-0,8%,

підготовлена для відливання, надходить у напірний ящик відкритого типу, звідки напускає на сітку, що рухається. На сітковому столі відбувається відливання і формування елементарного шару картону масою 45-60 г/м<sup>2</sup>. Сухість шару картону після сіткового стола становить 13-18%.

Елементарний шар з вала, що відсмоктує, стисненим повітрям передається на пресове сукно форматного вала, на який він намотується до певної товщини. Форматний вал розташований на двох гумових пресових валах діаметром 600 мм. Один з них укріплений на нерухомій, а другий на рухомій опорах із пневматичним пристроєм для зміни й регулювання тиску при віджиманні картону. Форматний вал має автоматичний ніж і механізм регулювання заданої товщини картону, що приводиться в рух стисненим повітрям.

При досягненні необхідної товщини картон автоматично зрізується з форматного вала ножем, що висовується через щілину з тіла форматного вала. Крайка розрізаного картону віддувається стисненим повітрям через другу щілину у форматному валу, і аркуш картону падає на прийомний роликівий транспортер. Швидкість

руху транспортера в момент приймання зрізаного аркуша збігається з лінійною швидкістю форматного вала, а потім знижується до 20 м/хв. Товщина картону, що зійшов з форматного вала, задається залежно від об'ємної маси готового картону після каландрування. Сухість картону після форматного вала становить 23-27 %.

Із прийомного роликового транспортера аркуші картону надходять у триярусний завантажувальний роликовий транспортер, а потім у гідравлічний прес. Картон пресується в триярусному пресі при питомому тиску 2-5 МПа між плитами при температурі 80-90 °С. Сухість картону після преса 55-60 %.

Аркуші картону завантажують у прес транспортером із бронзових сіток. Цими ж сітками після пресування аркуші картону вивантажуються на транспортер. Такою ж сіткою обтягнута верхня плита преса. Таким чином, аркуш картону при пресуванні затиснутий між двома сітками. Це сприяє видаленню води, поліпшує поверхню картону й охороняє плити від загрязнення. Всі процеси пресування автоматизовані.

Після пресування аркуші картону із преса виводяться рухомими сітками на триярусний транспортер, що подає їх у тунельну сушарку з

калориферним обігрівом і притискними сітками. По довжині сушарка розділена на 13 зон; у кожній підтримується різна температура повітря. Наприкінці сушарки розташована охолоджувальна камера, обладнана зволожувальною установкою. Режим сушіння залежить від виду картону і його товщини.

По закінченні сушіння аркуші картону вологістю 4-8% подаються транспортерами на дисковий верстат для обрізки профільних крайок. Обрізані крайки картону дробляться на шматочки довжиною 5-10 мм і пневмотранспортером подаються в циклон, а потім у гідророзбивач для браку.

Після сушіння картон містить 4-8% вологи, а для його обробки потрібна вологість 10-14%. Тому картон зволожують на спеціальних верстатах, потім стосоукладчиком укладають на металевий піддон, установлений на рольгангу, у стоси висотою до 3 м і залишають для відлежування протягом 1-5 діб в приміщенні з відносною вологістю повітря не нижче 75-80%. Під час відлежування вологість по товщині аркуша вирівнюється, підвищується пластичність картону і він легше каландрується. По закінченні відлежування картон надходить на каландр. Каландруванням досягається

ущільнення й підвищення лоску картону, а також вирівнювання його товщини. Для каландрування листового картону звичайно застосовують двухвальні сатиновані й фрикційні каландри. Фрикційний каландр складається із двох металевих валів, він відрізняється від звичайного тим, що верхній вал є приводним, а нижній приводиться від верхнього через шестерну передачу з випередженням на 18-20%. Завдяки різниці швидкостей валів створюється сильне тертя між поверхнями аркуша й валами, за рахунок чого картон здобуває необхідний лоск. Лінійний тиск при каландруванні дуже високий й може змінюватися в межах від 1960 до 14 700 Н/см і більше, залежно від виду вироблюваного картону. Для підвищення ефективності обробки вали каландра обігріваються паром. Швидкість руху валів 50-115 м/хв. Після обробки картон сортується, потім його впаковують у дерев'яні щитки або ящики.

### ***Виготовлення рольового картону***

Для виготовлення рольового картону застосовують багатосіточні, плососіточні й комбіновані картоноробні машини, що мають мокру, сушильну й оздоблювальну частини.



Багатоциліндрові картоноробні машини застосовують для виготовлення багатошарового картону масою від 200 до 1200 г/м<sup>2</sup>. Машини мають до восьми сіткових циліндрів. На них можна одержувати ролевий картон стількох шарів, скільки встановлено сіткових циліндрів.

Багатошаровий ролевий картон складається з декількох елементарних шарів; він значно міцніший, ніж картон такої ж товщини, виготовлений відливом одного шару на плоскосітчастій машині. Крім того, елементарні шари картону можна одержувати з різних волокнистих матеріалів. Наприклад, зовнішні шари, від яких залежить зовнішній вигляд картону, виготовляють із кращого волокнистого матеріалу, ніж внутрішні шари. Це дозволяє заощаджувати дороге волокно - целюлозу. Тому масові види картону - палітурний, коробковий й інші виготовляють на багатоциліндрових картоноробних машинах.

Сіткова частина машини складається з восьми ванн із сітковими циліндрами діаметром по 1500 мм. Попередня пресова частина складається із двох звичайних пресів, що відсмоктують, і гауч-преса, що відсмоктує. Основна пресова частина включає три

відсмоктуючих преси й прес, що згладжує. Між другим й третім пресами, що відсмоктують, розташовані шість картоно-сушильних і два сукносушильних циліндри. Основна сушильна частина має закритий ковпак. Між каландрами встановлені два картоносушильних і два холодильних циліндри. Між 36-м і 37-м циліндрами встановлений клеїльний прес для проклейки картону з поверхні. Машина оснащена двома 8-вальними каландрами й накатом барабанного типу. Заправлення полотна картону в пресовій частині пневматичне, у сушильній частині - автоматичне.

Плоскосіточні картоноробні машини застосовують для вироблення тарного й покрівельного картону, а також деяких видів паперу із сульфатної целюлози - мішечної, кулькової і пакувальної. Ці машини мають більш високу швидкість (до 760 м/хв) і продуктивність (800-900 т/добу тарного картону), ніж багаточиліндрові картоноробні машини. Сіткова частина на деяких плоскосіточних картоноробних машинах обладнана двома напірними ящиками. Другий ящик призначений для додаткового наливу маси на сітку (покривного шару).

На цих машинах виготовляють 2-шаровий тарний картон. Основа такого картону робиться із целюлози високого виходу, а зовнішній шар - із целюлози нормального виходу. Нанесення покривного шару з більш міцного волокнистого матеріалу значно підвищує механічні показники й друкарські властивості й поліпшує зовнішній вигляд картону. Встановлення другого напірного ящика дозволяє виробляти картон на більш продуктивних довгосіточних машинах з облагородженою поверхнею, що раніше виготовляли на менш продуктивних багатоциліндрових машинах. За конструкцією плососіточна машина аналогічна папероробній машині.

## 2.2. Основні властивості картону

До загальних технологічних показників картонних матеріалів належать:

- маса,  $\text{г/м}^2$ ;
- товщина;
- міцність на розривання;
- жорсткість;
- опір торцевому стискуванню;
- опір до продавлювання;
- міцність при чисельних перегибах;
- міцність при стисканні до руйнування гофрів (для гофрованого картону);
- міцність при розшаруванні;
- вологість;
- поверхнева водопоглинальна здатність.

Маса, товщина, міцність на розрив визначається за методиками для паперу, які описані вище.

**Жорсткість при згинанні.** ДСТУ 2907-94 (ГОСТ 30271-96), визначає зусилля, необхідне для згинання стандартного зразка картону на певний кут від початкового положення. Вимірюється у  $\text{Н}\cdot\text{м}$  і розраховується за формулою:

$$S = \frac{FL^3}{48db}, \quad (2.1)$$

де  $F$  — сила згину, Н;  $L$  — довжина згину, м;  $b$  — ширина зразка, м;  $d$  — стріла прогину, м.

**Сила опору до згинання**, визначається за ДСТУ 3369-96 (ГОСТ 9582-96). Методика дослідження полягає у тому, що закріплений за один кінець зразок згинається від початкового положення до досягнення заданого кута  $\varphi$ , після чого визначається сила згину  $F$ :

$$F = \frac{R}{L}, \quad (2.2)$$

де  $R$  — згинаючий момент, Н·м;  $L$  — довжина зразка, м.

**Опір до торцевого стискування** для гофрованого і плоскосклеєного картону визначається як руйнівне зусилля при стискуванні зразка, поставленого на торець (за ГОСТ 20683-75), а для картону товщиною не більше 0,7 мм — руйнівне зусилля при стискуванні зразка у вигляді кільця за ГОСТ 10711-74 (рис.1.23).

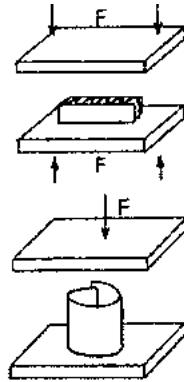


Рисунок 2.2 – Схема дослідження опору до торцевого стискування

При визначенні *опору до продавлювання* визначається тиск, при якому відбувається руйнування зразка. За методикою дослідження (ГОСТ 13525.8-86) фіксується поступове підвищення тиску на зразок, що затиснутий між двома кільцями, до його руйнування.

*Міцність при чисельних згинах* для картону товщиною до 1,4 мм розраховується за числом подвійних перегинів до злому. За методикою дослідження встановлений в затискачах зразок перегинається у два боки за допомогою маятникового затискача до руйнування зразка (ГОСТ 1325.2-80).

При визначенні *міцності до розшарування* зразок картону закріплюють між пластинами в затискачах розривної машини (рис.1.24, а). Дослідження проводять до розшарування зразка (ГОСТ 13648.6-86).

$$\sigma_p = \frac{F}{S}, \quad (2.3)$$

де  $F$  - руйнівне зусилля при розшаруванні, Н;  $S$  - площа зразка,  $m^2$ .

При визначенні *міцності до розшарування гофрокартону*, зразок встановлюють у пристрій, що забезпечує розшарування картону в місцях склеювання гофрованих і плоских шарів (рис.1.24, б). Розтягувальне зусилля передається зразку через гребінки, вставлені у гофри (ГОСТ 22981-78). Формула розрахунку:

$$\sigma_p = \frac{F}{\ell}, \quad (2.4)$$

де  $F$  — руйнівне зусилля при розшаруванні, Н;

$\ell$  — загальна довжина ліній зклейки, рівна 0,40 м.

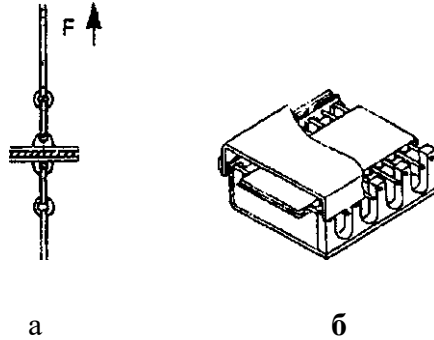


Рисунок 2.3 – Схема дослідження міцності гофрокартону до розшарування

*Вологість картону* визначається за ГОСТ 13525.19-71. Зважений зразок висушується в сушильній шафі до постійної маси при температурі  $103 \pm 2$  °С. Розраховуємо за формулою:

$$W = \frac{q_1 - q_2}{q_1} 100\% , \quad (2.5)$$

де  $q_1$   $q_2$  — маса зразка до і після висушування, г.

*Поверхнева вбирна здатність картону* визначається за ГОСТ 12605-85. Зважений зразок площею  $10 \times 10$  см<sup>2</sup> дотикається одною стороною до поверхні води протягом встановленого часу, після чого визначається маса поглинутої води для картону площею



1 м<sup>2</sup>. Поверхнева вбирна здатність визначається за формулою:

$$G = (M_2 - M_1)100\% , \quad (2.6)$$

де  $M_1$   $M_2$  — маса сухого зразка до і після дослідження, г.

### 2.3. Класифікація картону

Картони діляться на шість класів:

- тарні й пакувальні картони,
- поліграфічні картони,
- фільтрувальні картони,
- картони для легкої промисловості (взуттєвий, устілковий, чемоданний і ін.),
- Технічні картони,
- Будівельні картони.

Кожний клас у залежно від цільового призначення розділяють на види, число яких зростає. Цьому сприяє застосування картону як заміника дерева, металу, шкіри. У цей час випускається більше 100 видів картону.

*Тарні й пакувальні* картони призначаються для ящиків і коробок для пакування виробів і матеріалів. Їх

випускають видів: тарний, гофрований, пакувальний, плоский склеєний і коробковий.

**Поліграфічні картони** - це палітурний, матричний, квітковий і пресшпан. Призначений для виготовлення книжкових плетінь й чистових виробів і випускається трьох марок: А, Б и В.

**Фільтрувальні картони** виготовляють видів: для фільтрації вин, пива, технічних мастил, повітря, дизельного палива, такі,що застосовують в протипорохових респірааторах Ці види картону я з облагородженої целюлози (сульфітної), іноді з синтетичними волокнами і азбестом. Вони мають високу проникність, низьку об'ємну масу, гарно затримують частки суспензії й пилу.

**Картон легкої промисловості** - це взуттєвий, устілковий, простилочний, для задників та ін. Виробляють його зі шкіряного й рослинного волокна.

**Технічні картони** - прокладочні, водонепроникні, термошумоізоляційні, калібровані, жаккардові, електроізоляційні, азбестові й інші види картону.

**Будівельні картони** використовують у будівництві, при виготовленні будматеріалів.

Найважливіші - покрівельний, лицювальний, багат шаровий.

Європейські виробники користуються класифікацією за *способом виробництва*. Залежно від *наповнення верхнього, середнього й нижнього шарів* визначається тип картону. Вирізняють три типи картону:

- Чистоцелюлозний картон;
- Деревинний картон;
- Макулатурний картон.

відповідно до якої є чотири марки картонів:

1. **SBB** - Solid Bleached Board - виготовляється з біленої целюлози, має крейдовану лицюву сторону. У деяких сортів покриття наносять також і зі зворотного боку. Іноді використовується термін SBS (Solid Bleached Sulphate) - картон із сульфатної целюлози. Відповідає картону GZ німецької класифікації. Має 2–4 цільних целюлозних шари, однобічне крейдування, білизну лицювої поверхні до 90 %. Характерна густина — 185–390 г/м<sup>2</sup>. Виготовляється з крейдуванням зворотного боку.

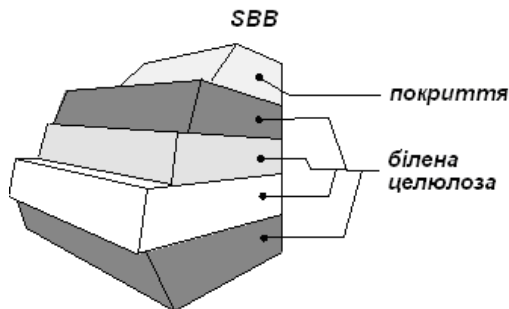


Рис.2.4 – Будова картону SBB

Має гарні друкарські властивості поверхні. Надає широкі можливості для конструювання, може гофруватися й піддається тисненню. Для пакування ароматичних і чутливих до запаху продуктів.

2. **SUB** — Solid Unbleached Board — чистоцелюлозний крейдований картон з невібіленої целюлози. SUB виготовляється з невібіленої целюлози. Має коричневий зворот («крафт-оборот»). Для досягнення білої поверхні він покритий крейдовим шаром, в сполученні із шаром хімічно вибіленої целюлози (зовнішній верхній шар).

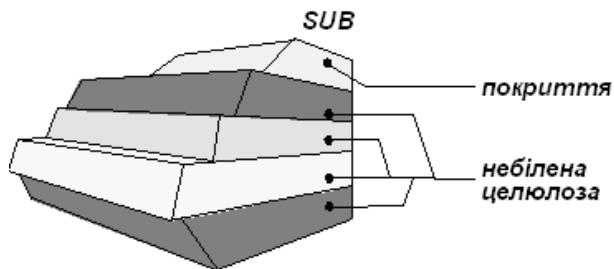


Рис.2.5 – Будова картону SUB

Картон використовується, де потрібна висока міцність, (в упакованні для рідин тощо).

3. **FBB** - Folding Box Board (GC-2) - хром-ерзац (з доданням деревмаси). Тришаровий коробковий картон, двосторонній. Внутрішні шари FBB складаються з деревної маси, а зовнішні є целюлозними. Верхній шар з біленої хімічної целюлози, з крейдуванням чи без. Нижній шар має легке крейдування. Зворотний бік кремового кольору (кольору манільської пеньки), оскільки оборотний шар (білена чи невібілена целюлоза) - напівпрозорий. Також існують сорти картону FBB з білим оборотом, де оборотний шар має більшу товщину або покриття.

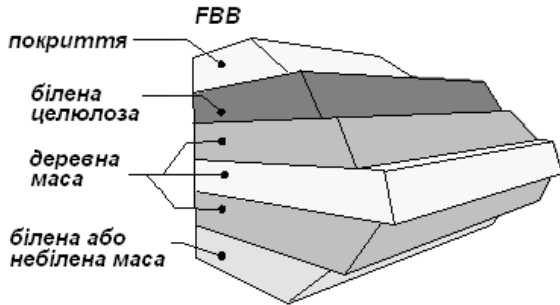


Рис.2.6 – Будова картону FBB

Цей матеріал з низькою питомою вагою, високою твердістю й міцністю. Сорти із двостороннім покриттям дають гарну якість друку.

Картони FBB і SBB називають картонками з первинних волокон.

4. **WLC** — White Lined Chipboard ( GD-1або GD-2) — макулатурний крейдований картон, має 60–100 % макулатурної маси. Для виробництва макулатурних картонів використовують целюлозу, деревмасу, макулатурну масу. Верхній і нижній шари картону виготовляють з макулатури вищої якості, а середній — з менш якісної, досягається здешевлення вартості картону. Поряд із ціною зменшуються показники твердості картону. Верхній шар (лайнер) з біленої целюлози має пігментне покриття. Другий шар може містити білену

целюлозу або деревну масу (регенерована, відновлена маса). Зворотний бік виготовляється з добірної макулатурної маси або може бути з небіленої целюлози. Також бувають додаткові сорти картону з кольоровими (пофарбованими) лайнерами.

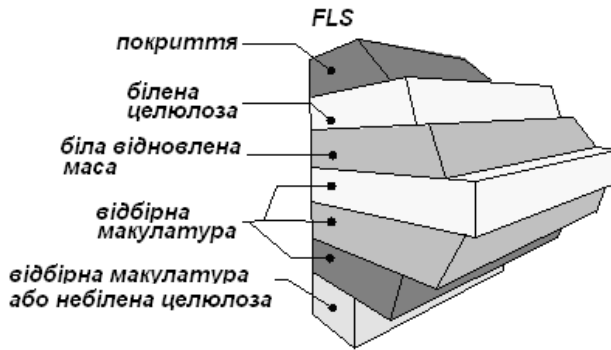


Рис.2.7 – Будова картону FLS

WLC - матеріал середньої густини (об'ємної маси), широко використовується у звичайному пакувальному виробництві.

*За німецькою класифікацією:*

- GC - картон з первинних волокон;
- GD (дуплекс, однобічне крейдування);
- GT (триплекс, двостороннє крейдування) - макулатурний картон;
- UD - некрейдований картон.

Опис найбільш уживані сорти пакувального картону в німецькій термінології представлений в таблиці.

Таблиця 1.17

Абревіатур а	Розшифровка
GZ	Coated SBB, крейдований SBB
GGZ	Cast Coated SBB, литого крейдування SBB
GG1	Cast Coated FBB white back, литого крейдування FBB з білим оборотом
GG2	Cast Coated FBB manilla back, литого крейдування FBB з оборотом кольору манільської пеньки
GC1	Coated FBB white back, крейдований FBB з білим оборотом
GC2	Coated FBB manilla back, крейдований FBB з оборотом кольору манільської пеньки
GT	Coated CB manilla back, крейдований FBB з білим або кольору манільської пеньки оборотом



GD1	Coated CB high bulk (min. питомий об'єм 1,5 см <sup>3</sup> /г), крейдований високої пухкості
GD2	Coated CB (min питомий об'єм 1,4 см <sup>3</sup> /г) крейдований CB
GD3	Coated CB low bulk (питомий об'єм 1,3 см <sup>3</sup> /г), крейдований CB низкою пухлості
UZ	Uncoated SBB, некрейдований SBB
UC1	Uncoated FBB white back, некрейдований FBB з білим оборотом
UC2	Uncoated FBB manilla back, некрейдований FBB з оборотом кольору манільської пеньки
UT	Uncoated CB manilla or white back, некрейдований CB з білим або кольору манільської пеньки оборотом
UD1	Uncoated CB top liner woodfree, некрейдований CB із чистоцелюлозним верхнім шаром
UD2	Uncoated CB top liner near woodfree, некрейдований CB з верхнім шаром, близьким до чистоцелюлозного

UD3	Uncoated CB top liner partly mechanical pulp, некрейдований СВ із частковим змістом деревної маси у верхньому шарі
GK (Graukarton)	Greyboard / Chipboard, коробковий сірий картон без шарів біленої целюлози
СКВ	Coated Kraft Back, твердий і гладкий оборот з невібіленої целюлози

Існує декілька основних сортів пакувального картону:

- некрейдований (U) картон;
- крейдований (G) картон;
- картон литого крейдування (GG);
- хромерзац- картон (UC);
- хромокартон (GC);
- дуплекскартон (D);
- триплекскартон (T);
- целюлозний картон (Z).

**Некрейдований** – товщиною від 0,27 до 0,6 мм, не покритий крейдувальними пастами. Пропускає повітря, підходить для пакування харчових продуктів, кондитерських виробів. Некрейдований картон використовується коли функціональні властивості

важливіше друкарських, і якщо на нього наноситься зображення, то з воно виконується в 2-3 фарби.

**Крейдований** - це картон, зі спеціальним крейдованим покриттям та гладкою матовою або глянсовою поверхнею. При гарних пакувальних властивостях картон має й гарні друкарські. Інтенсивно сприймає фарби й має кращий глянець при лакуванні. Крейдований картон застосовується для блістерного пакування продукції (блістерна упаковка

**Картон литого крейдування** є – високоглянцевим, крейдування якого виробляється на хромованому циліндрі, з підігріванням і має дзеркальну гладкість. Як наслідок на поверхні картону відтворюється дзеркальний глянець. Цей матеріал складається з 2-4 цільних целюлозних шарів однобічного крейдування.

**Хромерзац** – це картон товщиною від 0,25 до 0,6 мм. Лицьова поверхня білого або бурого кольору, також може бути крейдованою. Хромерзац-картон використовується для пакування легких виробів - парфумерних, кондитерських, побутової хімії.

**Хромокартон** - крейдований або некрейдований картон товщиною від 0,3 до 1,5 мм., який виготовляється

з біленої целюлози. Хромокартон застосовується для пакування з багатоколірним друком.

**Дуплекскартон** - картон з одностороннім крейдуванням.

**Триплекскартон** – картон із двостороннім крейдуванням.

### **Коробковий картон**

З урахуванням *сфери його застосування* коробковий картон поділяють на:

- поліграфічний картон,
- дизайнерський картон,
- пакувальний картон.

З *поліграфічного картону* виготовляють буклети, папки, подарункове пакування, обкладинки книг.

Для цієї мети підходить і *дизайнерський картон*: колір й фактура бувають найрізноманітнішими. При цьому він має недолік – високу вартість.

**Пакувальний картон** - найдешевший і найпоширеніший матеріал, що використовується для пакування різні продукції. Цей картону повинен мати високу твердість, міцність й здатність якийсь час протистояти волозі. Пакувальний картон складається із

трьох шарів. Верхній і нижній крейдовані, середній виготовлений з дешевшої сировини.

### **Вимоги до пакувальних картонів. Основні сорти й марки**

Пакувальними називають всі сорти картону, які підходять для виробництва складних коробок. Пакувальні картони - прекрасний матеріал для вітальних листівок, папок, календарів і т.п.

До пакувального картону пред'являють *наступні вимоги:*

- гарне з'єднання шарів між собою;
- гарне з'єднання крейдованого покриття з картоном;
- плоске лежання в стопі;
- відносна вологість не повинна виходити за межі дозволених допусків;
- гарні друкарські властивості нижньої сторони картону;
- здатність до лакування навіть невеликою кількістю лаку;
- гарне закріплення фарб.

Серед тароупаковочних картонів виділяють дві основні групи.

До *першої групи* належать матеріали для гофрованого картону - картон для плоских шарів (liner-board - картон-лайнер) а також папір для гофрування (corrugating medium або fluting - флютинг

Картон-лайнер складається із двох або більше шарів і розділяється на окремі види залежно від використовуваних напівфабрикатів і зовнішнього вигляду зовнішнього покривного шару. Виділяють картон-лайнер природного «коричневого» кольору (brown) з використанням у композиції первинних напівфабрикатів - сульфатної невібіленої целюлози й напівцелюлози чи вторинної макулатурної сировини (recycled або testliner). В останньому випадку застосовують макулатуру відпрацьованої картонної тари, що має власну позначку - OCC (old corrugated containers).

Покривний шар картону може мати строкатий «мармуровий» вигляд (mottled top liner), за рахунок застосування біленої целюлози й зменшення маси 1 м<sup>2</sup> зовнішнього шару нижче 40 г. Формування покривного шару здійснюється з маси високої концентрації, що викликає певну флокуляцію волокон. Як підсумок досягається ефект «строкатого фарбування».

Також виробляють картон-лайнер з білим покривним шаром (white top liner) і незначною кількістю крейдованого лайнера (coated white top liner). У якості напівфабрикату для покривного шару використовується білена хвойна або листяна целюлози чи їхня суміш.

Флютинг виготовляють одношаровим і підрозділяють на два типи - напівцелюлозний (semichemical) і макулатурний (recycled). У композицію можуть додаватися первинні целюлозні волокна (хвойні сульфатні).

До *другої групи* тароупаковочних картонів належать матеріали для виготовлення споживчої тари - коробок, пачок, пакування. Окремі марки коробкового картону використовуються для виготовлення прокладок та решіток у картонні ящики.

### **Гофрокартон**

**Гофрокартон** є багатошаровим матеріалом, з одного або кількох гофрованих шарів, які чергуються зі звичайними плоскими шарами з товщиною від 3 до 100 мм.

Це один із самих популярних матеріалів для пакування, транспортної, споживчої тари. Кількість різновидів гофрокартону велика, тому важливо

правильно обрати тип гофрокартону для пакування продукції. Марка гофрокартону визначається двома параметрами: сировиною, що використана й числом шарів.

Ознака гофрованого картону - гофрований (хвилеподібний) шар. Гофрокартон складається із плоских і гофрованих шарів, склеєних різними адгезивами по лінії контакту між верхньою й нижньою поверхнями хвилі гофри й плоскими шарами картону.

Показниками, видів гофрів, є висота гофри ( $t$ ) і крок гофри ( $h$ ). Висота - відстань між нижньою й верхньою його точками. Крок - відстань між двома сусідніми верхніми точками гофри..

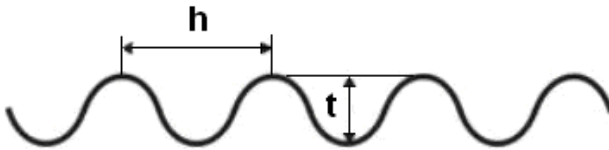


Рисунок 2.8 – Сполучення показників (висоти й кроку гофри) профіль гофри

Гофрокартон розрізняється залежно від висоти гофрованого шару. Розміри залежать від призначення пакування, ваги місту, дальності перевезення, конфігурації короба.

Залежно від кількості шарів гофрокартон буває:



Таблиця 2.1 –



двошаровий - з одного  
плоского й одного  
гофрованого шарів;



тришаровий - із двох плоских і  
одного гофрованого шару;



пятишаровий - із трьох  
плоских (двох зовнішніх і  
одного внутрішнього) і двох  
гофрованих шарів;



семишаровий –із трьох  
гофрованих і чотирьох плоских  
шарів.

*Профіль А* - великий, висота хвилі 4,6-5,2 мм.

Такий гофрокартон має гарні амортизаційні властивості. Його використовують для виготовлення ящиків для пакування м'якої, тендітної продукції (скляні вироби) і для вкладишів.

*Профіль В* - дрібний, висота хвилі 2,5-3,2 мм.

Амортизація в нього нижче, проте він має високу міцність. Картон з гофром В застосовують для пакування побутової хімії, кондитерських виробів та й ін.

*Профіль С* - середній, висота хвилі гофру - 3,6-4,3 мм. Він сполучає у собі властивості профілів А и В, і є універсальним для виготовлення ящиків широкого вжитку.

*Профіль Е* - висота хвилі 1,1-1,7 мм. Мікрогофрокартон використовується для споживчої тари різного роду. Його властивості дають змогу створити продукцію будь-якої форми й розміру, наносити повнокольоровий офсетний або трафаретний друк, лакувати, об'ємне тиснення й інше.

Існує комбінований гофрокартон, що виготовляється з різними скомбінаціями профілів (В, С, Е, F).

Якість гофрокартона залежить від використовуваної для його виготовлення сировини й клею, за допомогою якого з'єднуються шари.

За способом виготовлення картони поділяють на одношарові й багат шарові, листові й рольові.

## СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поліграфічні матеріали : підручник / [Жидецький Ю.Ц., Лазаренко О.В., Лотошинська Н.Д. та ін.] ; під ред. Е.Т. Лазаренка. - Львів : Афіша, 2001. - 328 с.
2. Киричок П.О. Метали і композиційні матеріали в поліграфії : навч. посіб. / П.О.Киричок, Т.А.Роїк, А.С.Морозов. - К. : НТУУ «КПІ», 2011. -216 с.
3. Шахкельдян Б. Н. Полиграфические материалы / Б.Н.Шахкельдян, Л.А.Загаринская. - М.: Книга, 1988.-328 с.
4. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г.Киппхан. Пер. с нем. - М.: МГУП, 2003. - 1280 с.
5. Полянский Н. Н. Основы полиграфического производства / Н.Н.Полянский. - М.: Книга, 1991.-352 с.
6. Варепо Л. Г. Полиграфические материалы. Бумага : учеб, пособие / Л. Г. Варепо. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. - 132 с.
7. Лоуренс А. Вилсон. Что полиграфист должен знать о бумаге. - М.: ПРИНТ-МЕДИА центр, 2005. - 376 с.
8. Нельсон Р. Э. Что полиграфист должен знать о красках / Р.Э.Нельсон. - М.: ПРИНТ- МЕДИА центр, 2005. - 328 с.
9. Паупер Н. Оптика бумаги / Н. Паупер. - АВ Lorentzen&Wetter, Sweden, 2003. - 214 с.
10. Шахрова М.М. Общий курс фотографии / М.М.Шахрова. - Киев : Вища школа, 1976. С. 56-81.
11. Зернов В.А. Фотографическая сенситометрия / В.А. Зернов. - М.: Искусство, 1980. С.44- 74; 169-177; 196-211; 223-255.