

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

з курсу

**КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ
ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

для студентів спеціальності

7.0902.19 - “Обладнання лісового комплексу”

Затверджено
на засіданні кафедри екології
та технології рослинних полімерів
протокол № 9 від 2.04.2003 р.

Київ 2003

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до лабораторних робіт з курсу
**“КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОГО
ВИРОБНИЦТВА”** для студентів спеціальності 7.0902.19 - **“Обладнання
лісового комплексу”** /Укл. Антоненко Л.П., Барбаш В.А., Дейкун І.М. –
К.: НТУУ “КПІ”, 2003.- 52 с.

Укладачі: Антоненко Л.П.
Барбаш В.А.
Дейкун І.М.

Відповідальний редактор: Примаков С.П.

Рецензент: Писаненко Д.А.

Тем. план, 2003, поз. 22

Підп.до друку 21.04.2003.Друк офсетний.Облік.-видав.арк.2,6.Наклад 150
Київська фабрика технічних паперів,02090, м.Київ, вул.Алма-Атинська, 2/1

ВСТУП

Курс технології целюлозно-паперового виробництва є необхідною складовою підготовки спеціалістів-механіків спеціалізації “Машини та обладнання паперово-целюлозного виробництва”.

Метою виконання лабораторних робіт з курсу “Комплексна технологія целюлозно-паперового виробництва” є допомогти студентам закріпити теоретичні основи курсу, познайомитися з деякими методами контролю технологічних процесів целюлозно-паперового виробництва.

Здобуті знання з технології допоможуть майбутнім фахівцям у вирішенні найважливіших задач, з якими вони будуть стикатися незалежно від того, де працюватимуть – на підприємстві, конструкторському бюро, науково-дослідному чи проектному інституті.

У даних методичних вказівках розглядаються лише окремі методи аналізу рослинної сировини і напівфабрикатів з неї. Для правильного розуміння і чіткого уявлення технологічних процесів одержання і використання деревної маси і целюлози студенти повинні знати мікроскопічну структуру деревини хвойних і листяних порід.

Розглядаючи під мікроскопом і замальовуючи зразки різних видів деревної маси і целюлози, студенти можуть бачити їх відмінності і оцінити властивості і придатність цих напівфабрикатів для виготовлення паперу та картону.

Виконуючи фізико-механічні випробування виготовлених відливків паперу, а також промислових зразків паперу, студенти можуть бачити вплив композиції на якість паперу.

1 МІКРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕРЕВИНИ

1.1 Загальні відомості

Мікроскопічний метод аналізу знаходить широке застосування в целюлозно-паперовому виробництві. Він незамінний при дослідженні рослинних матеріалів, деревних тканин, при вивченні структури та розмірів вихідних волокон, рівномірності проварювання чи вибілювання целюлози, контролі в процесі розмелювання при визначенні композиції паперу і картону й ін.

Цей метод простий і доступний у виконанні, не вимагає тривалої підготовки зразків і дає хороші результати. Він дозволяє переконатися в складності і розмаїтості структури волокнистих матеріалів, побачити результати процесу розмелювання і виміряти волокна.

Для мікроскопічного дослідження використовують різні типи мікроскопів: звичайний, поляризаційний, електронний і

ультрамікроскоп. Найбільш широке застосування в лабораторній практиці одержав звичайний мікроскоп, який дає збільшення до 600 разів. Такого збільшення в більшості випадків цілком достатньо, щоб вивчати окремі деталі будови волокна і контролювати технологічні процеси.

1.2 Будова мікроскопа

Звичайний мікроскоп М-10 призначений для дослідження прозорих об'єктів у світлі, яке проходить. Він дозволяє вивчати об'єкт при різних збільшеннях у межах від 56- до 600-кратного. Мікроскоп (рис.1) складається зі штатива і тубуса 7 із вмонтованою в нього оптичною системою. Штатив являє собою масивну литу підковоподібної форми підставку 1, верхня частина якої 3 для зручності виконана у формі ручки і з'єднана з нижньою за допомогою шарніра 2, що дозволяє змінювати нахил робочої частини мікроскопа.

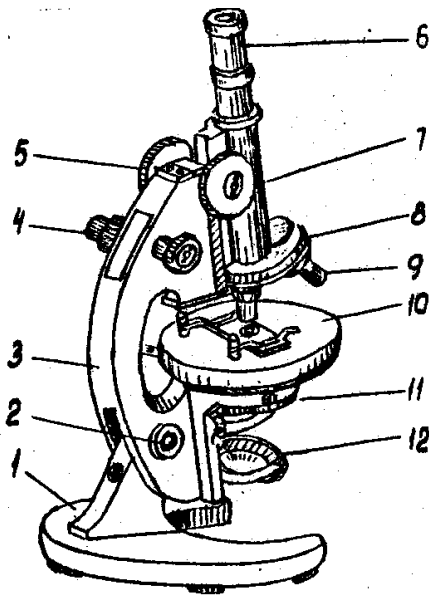


Рисунок 1 - Мікроскоп М-10

У центрі штатива укріплений предметний столик 10, на якому двома пружинами закріплюється досліджуваний предмет. Верхню частину столика за допомогою відповідних гвинтів 11 можна переміщати у двох взаємно перпендикулярних напрямках. У центрі предметного столика знаходиться отвір, який пропускає промені світла, які відбиваються від закріпленого під ним дзеркала 12. Дзеркало може обертатися в будь-яку сторону. Тубус мікроскопа 7 може пересуватися вгору і вниз за допомогою зубцюватої рейки і двох пар гвинтів, розміщених у середній частині штатива. Пара гвинтів 5 служить для грубих переміщень, два інші мікрометричні гвинти 4 використовуються для точної установки різкості.

У нижній частині тубуса прикріплений револьвер 8 з вгвинченими в нього об'єктивами 9. Обертанням револьвера можна поставити на вісь мікроскопа той чи інший об'єктив. Система оптичних лінз, яка розташована на верхньому кінці тубуса і звернена до ока спостерігача, називається окуляром 6. Призначення окуляра - збільшити отримане від об'єктива зображення предмета, який розглядають. Збільшення мікроскопа дорівнює добутку збільшень окуляра й об'єктива.

1.3 Робота з мікроскопом

При роботі з мікроскопом важливе значення має рівномірне освітлення поля зору. Мікроскоп установлюють на робочому столі так, щоб предметний столик і дзеркало були звернені до джерела світла. Потім, спостерігаючи в окуляр, обертанням дзеркала домагаються яскравого і рівномірного освітлення усього поля зору мікроскопа. Знайшовши потрібне положення дзеркала, мікроскоп не слід пересувати, тому що це викликає необхідність нового налаштування освітлення.

Підготовлений препарат закріплюють пружинами на предметному столику мікроскопа і приступають до установки мікроскопа на різкість. Спочатку обертанням пари гвинтів 5 роблять грубе наведення доти, поки в полі зору не з'являться контури предмета. Точне наведення різкості досягається обертанням мікрометричних гвинтів 4. Різкість наводять плавно і дуже обережно тому, що при різкому переміщенні тубуса в напрямку препарату можна роздавити покривне скло і забруднити об'єктив.

Спочатку розглядають препарат при малому збільшенні тому, що в цьому випадку поле зору світліше і більше. Переміщуючи предметний столик за допомогою гвинтів 11 у ту чи іншу сторону, знаходять найбільш вдаль поле зору, розглядають і замальовують препарат.

У процесі роботи з мікроскопом необхідно дотримуватися чистоти, не допускати забруднення реактивами предметного столика, скла оптичної системи й інших частин мікроскопа.

1.4 Приготування препарату

Для мікроскопічного дослідження волокнистого матеріалу повинен бути приготовлений відповідний препарат. Для цього необхідно мати предметні скельця розміром 76×26 мм і товщиною 1...1,5 мм із безбарвного скла, покривні скельця розміром 20×20 мм, товщиною 0,15...0,18 мм, препарувальні голки і списи, виготовлені з нержавіючої сталі, ситечко для відмивання волокон, виготовлене з металевої сітки № 40, смужки фільтрувального паперу, реактиви для забарвлення волокон, набір пробірок і т.д.

Приготування препаратів ведуть у такий спосіб. Чисте предметне скло поміщають у підставку і закріплюють пружинами. При відсутності підставки скло можна покласти на білий папір. Невелику грудочку волокнистого матеріалу поміщають у пробірку, наповнену на 1/3 водою. Пробірку енергійно струшують до одержання однорідної суспензії, потім кілька крапель її наносять на середину предметного скла. Надлишок води забирають фільтрувальним папером. Волокнисту масу обережно

розділяють препарувальними голками на окремі волокна і рівномірно розподіляють на площі приблизно 1 см², а потім висушують при температурі не вище 60 °С.

Після висушування в центр площадки волокон наносять краплю розчину хлорцинкйоду і накривають покривним склом. Щоб уникнути попадання пухирців повітря в препарат, покривне скло обережно підводять збоку. Надлишок реактиву, що виступив з-під скла, видаляють смужкою фільтрувального паперу.

Під дією хлорцинкйоду різні рослинні волокна набувають специфічного забарвлення, що допомагає розрізняти волокна кожного виду. Приготовлений препарат повинен бути рівномірним, без пучків волокон і пухирців повітря.

1.5 Замальовка препарату

Мікроскопічні дослідження волокон супроводжуються замальовкою препаратів. Малюнки виконують від руки простим олівцем. Забарвлені препарати підфарбовують відповідним кольором. Поле зору повинне бути 7...8 см. При замальовці препарату необхідно строго дотримувати співвідношення між довжиною, шириною волокон і розмірами поля зору. Не слід прагнути до фотографічного зображення волокон. Малюнок повинен давати чітке уявлення про загальну будову волокон, що вивчаються, і їхні характерні риси. Необхідно відзначити форму волокон, характер пор, кінці волокон, наявність слизу, пучків волокон і ін. Волокна рекомендується замальовувати при малому збільшенні мікроскопа і тільки окремі деталі варто розглядати і замальовувати при великому збільшенні. Під кожним малюнком повинна бути наведена повна характеристика волокна: назва, колір, в який воно забарвлюється реактивом, довжина і ширина, форма, вид пор, характеристика кінців волокон і збільшення.

1.6 Анатомічна будова деревини

Деревні породи України підрозділяються на дві великі групи: хвойні і листяні. Вони відрізняються одна від одної як за хімічним складом, так і за анатомічною будовою.

Деревина - це звільнена від кори тканина трьох головних частин дерева: коренів, стовбура і гілок (крони). Корені надають дереву стійкості, пропускають у стовбур і крону розчинені у воді мінеральні речовини.

Стовбур створює опору для крони, є провідною системою й акумулює запаси поживних речовин.

У кроні здійснюється фотосинтез органічних речовин деревини.

Целюлозно-паперова промисловість використовує, в основному, деревину стовбура (60...90% об'єму дерева); корені і крона (по 5...20%) знаходять використання в лісохімічній промисловості.

Якість деревини, швидкість її росту, тип дерев для кожної конкретної місцевості залежить від впливу навколишнього середовища як головного генетичного фактора. У помірній (середній) зоні ріст дерев починається весною і закінчується пізньої осені. Поступовий ріст і розвиток рослини від ембріона (зародка) через стадії насінного пагона, молоді деревини в зрілу - це результат активності зон спеціальних клітин, зосереджених у наконечнику всіх стебел, що розвиваються, (пагонів) і коренів (рис. 2).



Рисунок 2 - Схема росту дерева

Деревина складається переважно з волокон - мертвих клітин витягнутої форми з потовщеними здеревілими стінками.

Волокниста будова деревини дає можливість одержувати з неї різні волокнисті матеріали: целюлозу, напівцелюлозу, деревну масу, а з них папір, картон і ін. Оскільки клітини деревини мають переважно витягнуту форму і розташовуються шарами, вид деревини змінюється в залежності від напрямку зрізу. Тому анатомічну будову деревини вивчають звичайно в трьох напрямках щодо осі стовбура: поперечному, чи торцевому, що йде перпендикулярно до осі стовбура; повздовжньому, чи радіальному – який розсікає стовбур через серцевину по його діаметру; тангенціальному -

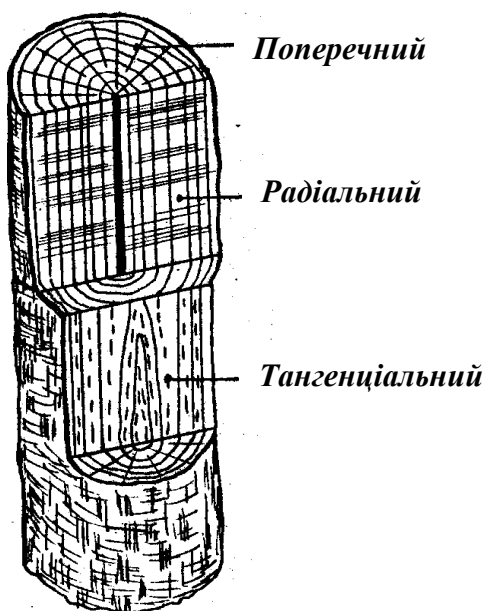


Рисунок 3 - Зрізи деревини

рівнобіжному осі стовбура по хорді (рис.3). На поперечному зрізі стовбура (рис. 4) видно серцевину - пухку, механічно неміцну тканину діаметром 1...6 мм; деревину - головну частину стовбура, що складається з концентричних окружностей - річних кілець (шарів), і кору, що складається з двох шарів: зовнішнього мертвого - зовнішньої кори і внутрішнього живого - луба або флоєми.

На межі між деревиною і корою (лубом) знаходиться дуже тонкий живий шар, який називається камбієм. Клітини камбію мають здатність ділитися, утворюючи клітини деревини і

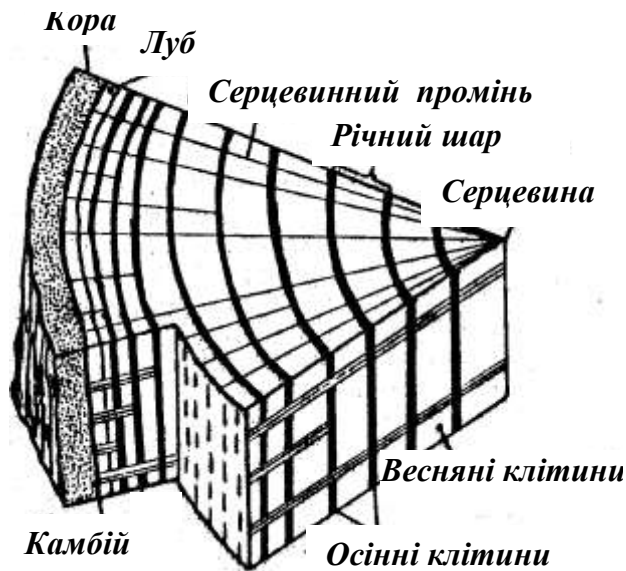


Рисунок 4 - Діаграма будови деревини

їх на поперечному зрізі в основі стовбура визначає вік дерева. По мірі просування до вершини дерева число річних кілець зменшується і біля самої вершини залишається одне кільце (рис. 5). Ширина річного шару



Рисунок 5 - Схема утворення річних кілець

луба. Кожна жива клітина камбію в результаті свого поділу протягом вегетаційного періоду утворює у радіальному напрямку 105...110 клітин деревини і близько 10 клітин лубу. У деяких порід деревини річний шар складається з внутрішньої, більш широкої світлої і м'якої частини - ранньої (весняної) деревини, і зовнішньої, більш тонкої, твердої і щільної частини - пізньої (літньої) деревини.

Оскільки річні шари (кільця) - це щорічне наростання деревини, кількість

їх на поперечному зрізі в основі стовбура визначає вік дерева. По мірі просування до вершини дерева число річних кілець зменшується і біля самої вершини залишається одне кільце (рис. 5). Ширина річного шару для різних порід деревини неоднакова і коливається від 1 мм у самшиту до 10 мм у тополі. На радіальному зрізі річні шари видно у вигляді прямих ліній, рівнобіжних осі стовбура, на тангенціальному - у вигляді парабол (рис. 3).

У хвойних порід річні кільця добре видні на всіх зрізах, а в більшості листяних порід (берези, осики, липи) річні шари розрізняються слабо.

Деревина більшості порід має світле забарвлення, але в деяких, крім світлої, прилягаючої до кори частини, яка називається заболонню, є темнозабарвлена частина - ядро.

Відповідно до цього всі породи поділяються на ядрові (модрина, сосна, дуб, тополя) і без'ядрові.

З групи без'ядрових порід виділяються спілодеревні (ялина, ялиця, осика), у яких центральна частина деревини не відрізняється за кольором, але містить значно менше води, ніж периферійна. Інші

без'ядрові породи, що не мають спілої деревини, називаються заболонними (береза, вільха, липа). У ранньому віці деревина всіх порід складається тільки з заболоні, що служить для проведення води від коренів до крони і відкладення запасу поживних речовин. Вона містить більший відсоток живих клітин у порівнянні з ядром.

Процес утворення ядра полягає у відмиранні ядрових клітин деревини, закупорці водопровідних шляхів, відкладенні смол, просоченні дубильними речовинами і барвниками, у результаті чого колір ядрової деревини змінюється, її щільність збільшується, підвищуються механічні властивості і стійкість проти гниття.

На зрізах деяких порід добре видні світлі, розбіжні від серцевини до кори по радіусах лінії - серцевинні промені, що служать для проведення води і поживних речовин у горизонтальному напрямку і для збереження запасу поживних речовин узимку. Під мікроскопом на поперечному зрізі серцевинні промені видні як ряди клітин, що йдуть по радіусах, на радіальному - вони складаються з ряду чи декількох рядів коротких, злегка витягнутих паренхимних клітин, розташованих уздовж променя, тобто поперек волокон деревини. Тангенціальним зрізом вони перетинаються поперек під кутом і тому являють собою веретеноподібні групи дрібних клітин, розташованих серед волокон деревини, що їх оточують. Серцевинні промені, у залежності від породи деревини, бувають вузькі, в один чи кілька рядів клітин, і широкі, видимі без мікроскопа як смужки шириною 0,25...0,5 мм. Висота променя в деяких порід досягає 8 см. Уздовж променя йдуть міжклітинники, через які в деревину проникає повітря крізь чечевички кори - єдині шляхи сполучення стовбура з атмосферою.

У деревині хвойних порід (сосна, ялина, модрина, кедр) є смоляні ходи, які представляють собою міжклітинні канали, що розташовуються в деревині вертикально і горизонтально. Порожнину смоляного каналу вистилають видільні клітини, оточені паренхимними клітинами. Горизонтальні смоляні ходи розташовані серед паренхіми серцевинних променів і звичайно бувають утворені тільки двома шарами клітин: епітелієм і шаром мертвих клітин. Довжина горизонтальних ходів збільшується з віком по мірі наростання деревини і лубу. Діаметр горизонтальних смоляних ходів приблизно в 2,6...3 рази менше діаметра вертикальних ходів. Горизонтальні смоляні ходи перетинаються з вертикальними, утворюючи єдину смолоносну систему. На поперечному зрізі вони добре видні у вигляді крапок, а на повздовжньому - у вигляді рисок і ліній.

1.7 Мікроскопічна будова хвойної деревини

Деревина хвойних порід складається, в основному, з подовжених прозенхимних клітин - трахеїд і коротких паренхимних клітин (рис.6) [1]. Основні клітини деревини хвойних порід - трахеїди. В об'ємі стовбура вони складають 92...95%. Їхня довжина в середньому складає 2,5...4 мм, а ширина - 0,02...0,04 мм.

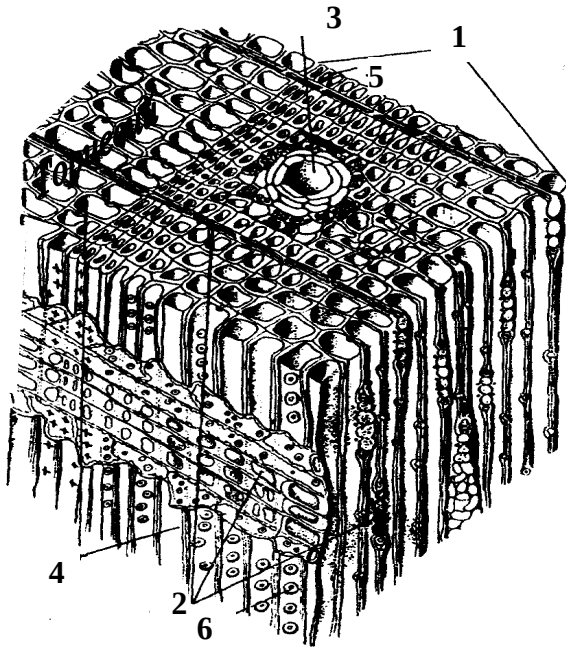


Рисунок 6 - Мікроструктура хвойної деревини:

1-річний шар; 2- серцевинний промінь; 3- вертикальний смоляний хід; 4 - ранні трахеїди; 5- пізні трахеїди; 6- облямована пора

Трахеїди, сильно витягнуті клітини з косо зрізаними закругленими чи загостреними кінцями, розташовуються паралельно стовбуру і на поперечному зрізі видні у вигляді правильних радіальних рядів, що нагадують стільники. Основна функція трахеїд - проведення води по стовбуру і надання йому міцності. Трахеїди - це мертві клітини і тому їхня порожнина заповнена водою і повітрям.

Кожен річний шар включає трахеїди двох видів: ранні і пізні. Ранні трахеїди (рис. 7 а) виконують провідну функцію, мають більш широкі порожнини і тонкі стінки з численними облямованими порами. Пізні виконують

механічну функцію, мають більш товсті стінки, вузьку порожнину і загострені кінці (рис. 7 б).

Між трахеїдами проходять серцевинні промені і смоляні ходи. У деревині стовбура ялиці смоляних ходів немає.

Серцевинні промені складаються з паренхимних клітин і горизонтальних трахеїд. Вони виконують запасуючу функцію і звичайно складаються з одного ряду клітин.

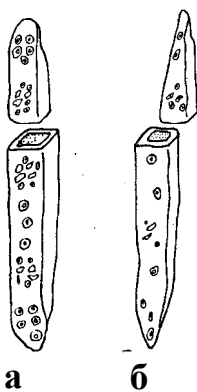
Смоляні ходи, вистелені усередині дрібними паренхимними клітинами, мають вид округлої порожнини, заповненої живицею (смолою).

Смоляні ходи, що йдуть уздовж стовбура серед трахеїд, називаються вертикальними. Смоляні ходи, розташовані усередині серцевинних променів, називаються радіальними чи горизонтальними. Усі смоляні ходи в стовбурі дерева з'єднані в єдину мережу.

Паренхимні клітини складають 3...5% об'єму хвойної деревини.

Паренхимні клітини мають округлу чи багатогранну форму (у вигляді барилець), у більшості випадків тонкі стінки і приблизно однакові розміри в трьох напрямках (0,01...0,1 мм). Розміри паренхимних клітин такі: довжина до 160 мкм, ширина 15 мкм, висота 21 мкм. У дереві, яке росте, в межах заболоні паренхимні клітини живі і

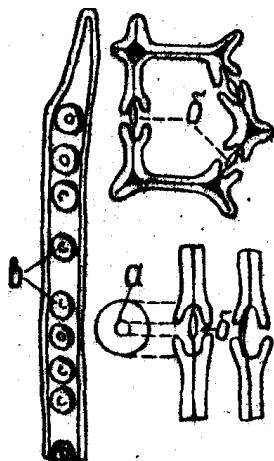
виконують функцію збереження запасних поживних речовин.



**Рисунок 7 -
Трахеїди
весняні (а)
та осінні (б)**

Паренхимні клітини в деревині хвойних порід представлені, в основному, паренхимною серцевинних променів і смоляних ходів. Паренхимні клітини мають тонку оболонку і широку порожнину і служать для накопичення, збереження і проведення поживних речовин. Основними запасними речовинами є жири і крохмаль. Паренхимних клітин у хвойній деревині менше, ніж у листяній, тому що частина запасних поживних речовин, які споживаються рослиною навесні, зберігається в хвої.

Сполучення суміжних клітин у деревині хвойних порід здійснюється через пори. Пори бувають прості, облямовані і напівоблямовані (рис.8).



**Рисунок 8 -
Облямовані
пори**

Пори служать для пересування води з трахеїди в трахеїду і відіграють суттєву роль при просуванні варильних розчинів у трісках. Пори не є вільними отворами, у них зберігається тонка первинна стінка - мембрана, що виконує роль напівпроникної перегородки. У деяких облямованих порах видні торус і маргінальна зона. Облямівка утворюється нависаючим виступом оболонки, а торус відіграє роль клапана, що може закривати пору. Кожній порі в оболонці однієї клітини відповідає пора сусідньої клітини, тобто завжди існує пара пор. Мембрана, що розділяє пори, не є суцільною, вона пронизана дрібними отворами, що ведуть із клітини в клітину.

1.8 Мікроскопічна будова листяної деревини

Деревина листяних порід має більш складну будову, ніж хвойних, тому що утворена з великого числа різних клітин, будова яких значно відрізняється від виду до виду.

Листяні породи мають три види тканин: водопровідну, що складається із судин і трахеїд; механічну, що складається з волокон лібриформу і волокнистих трахеїд; запасуючу, що складається з

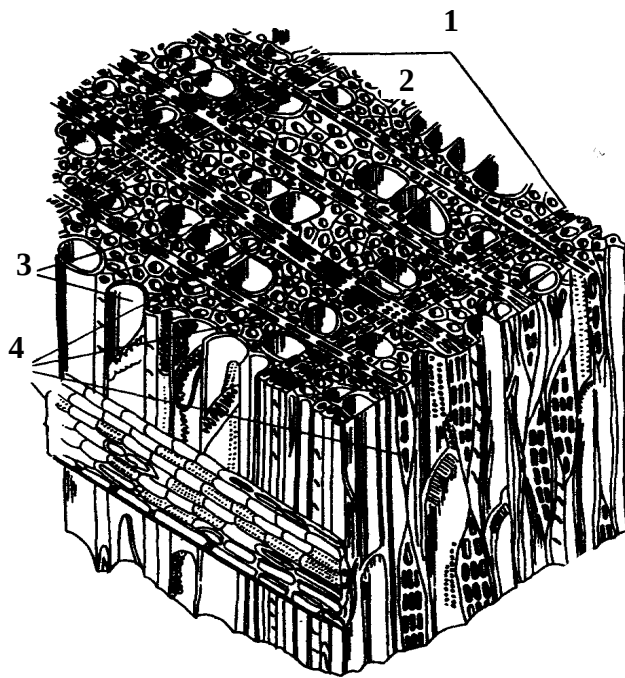


Рисунок 9 - Мікроструктура листяної деревини:

1 - річний шар; 2 - лібриформ; 3 - судини;
4- серцевинні промені

паренхимних клітин серцевинних променів і вертикальної паренхими (рис. 9) [1]. Судини - це трубки, що тягнуться уздовж стовбура, які складаються з окремих клітин (члеників) довжиною 0,4...0,7 мм, із широкою порожниною і тонкою оболонкою. Стінки клітин у місці їхнього контакту відсутні (осика, дуб) чи мають сходову перфорацію (береза). Стінки судин мають облямовані і прості пори. Облямовані пори численні і мають округлу, щілоноподібну чи багатогранну форму. Довжина судин у стовбурі дерева складає від 2 см до 1 м і більше. Судини розміщуються в деревині поодинокі або групами.

У залежності від характеру розміщення і розмірів порожнин судин у річному шарі деревини листяні породи розділяються на розсіяносудинні (судини майже однакового розміру і рівномірно розподілені по зоні річного кільця, як в осики і берези), і на кільцесудинні (судини різного розміру, причому великі зосереджені в ранній деревині річного шару, як, наприклад, у дуба).

Складність будови деревини листяних порід полягає в тому, що їй властиві перехідні форми від судин до трахеїд (судинні трахеїди) і від трахеїд до волокон лібриформу (волокнисті трахеїди). Тому судинні

трахеїди виконують функцію проведення води, а волокнисті трахеїди - механічну функцію. Трахеїди листяних порід відрізняються від волокон лібриформу меншою товщиною оболонки і наявністю облямованих пор. Судинні трахеїди нагадують членики судин із зони пізньої деревини з торцевими стінками. В усіх стінках судинних трахеїд є велика кількість облямованих пор. Волокнисті трахеїди - це товстостінні волокна з облямованими порами, вузькою порожниною і загостреними кінцями. Вони виконують як механічні, так і водопровідні функції. Довжина трахеїд 1,0...1,5 мм.

Чисто механічні функції в листяних порід виконують волокна лібриформу. Це -клітини веретеноподібної форми з товстими здеревілими стінками, вузькою порожниною і малим числом простих, косо розташованих щілиноподібних пор. Довжина їх коливається від 0,5 до 1,7 мм при ширині 0,02...0,03 мм. Пори в даних волокон прості, щілиноподібної форми. Товщина оболонки клітин складає 3,5...4,9 мкм.

Паренхимні клітини листяних порід деревини за формою, розмірами і призначенням не відрізняються від паренхимних клітин хвойної деревини. Вони утворюють серцевинні промені, що у листяних породах розвинуті значно сильніше. Паренхимні клітини серцевинних променів із дрібними простими порами в оболонках трохи витягнуті в радіальному напрямку і мають майже однакову довжину в промені у берези, осики, дуба і бука. Товщина оболонок у паренхимних клітин складає 2...4,5 мкм.

Для целюлозно-паперової промисловості з кількісних показників анатомічних елементів деревини найбільш важливе значення мають розміри трахеїд хвойних і волокон лібриформу листяних порід. Ці показники коливаються не тільки для різних порід деревини, але й у межах однієї породи (табл. 1)

Таблиця 1

Порода	Довжина, мм	Ширина, мм	Товщина стінки, мм
Сосна	2,6...4,4	0,030...0,076	0,002...0,007
Ялина	2,6...3,8	0,025...0,069	0,002...0,006
Кедр	1,5...4,4	0,038...0,04	0,003...0,006
Ялиця	2,6...3,8	0,024...0,075	0,003...0,006
Модрина	2,0...4,7	0,028...0,062	0,003...0,009
Осика	0,8...1,7	0,020...0,045	0,002...0,004
Береза	0,8...1,6	0,024...0,040	0,002...0,004

Найбільш рівномірну будову має деревина ялини, тому що вона містить незначний відсоток пізньої деревини (20%), яка складається з товстостінних трахеїд. Деревина модрина найменш однорідна і

відрізняється більшим вмістом пізньої деревини (до 47%) з товстими клітинними стінками. Від розмірів волокон залежать їх паперотворні властивості. Нерівномірність будови волокон хвойних порід (різна товщина клітинної стінки ранніх і пізніх трахеїд) негативно позначається на якості паперу. Ранні трахеїди легше формуються, дають більш однорідний лист паперу, мають кращу вбирність, що є їх позитивною властивістю при виготовленні друкарських і деяких інших видів паперу.

1.9 Ультраструктура клітинної стінки волокна

Знання ультраструктури клітинної стінки волокна необхідне для керування процесами делігніфікації деревини і розмелювання целюлози. Кістяк, чи основу, речовини клітинних стінок деревини складає целюлоза - лінійний ланцюг нерозгалуженого гідрофільного полісахариду, що складається з повторюваних одиниць мономерів Д-глюкози.

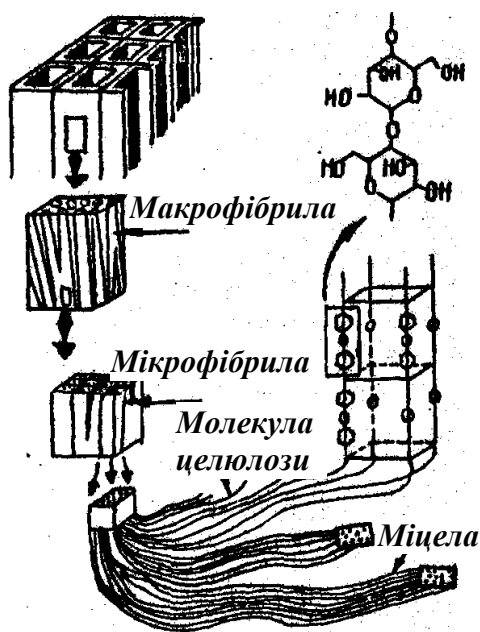
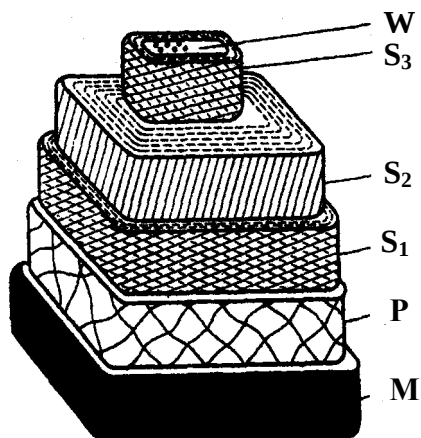


Рисунок 10 - Будова клітинної стінки

Макромолекули целюлози в клітинних стінках мають визначене взаємне розташування, що створює надмолекулярну структуру целюлози, одиницею якої є целюозна фібрила - пучок макромолекул, орієнтованих в одному напрямку. Напрямок целюозної фібрили можливий по осі волокна, або по спіралі довкола нього. У залежності від товщини пучка розрізняють макрофібрили (видимі в оптичний мікроскоп), мікрофібрили й елементарні фібрили (видимі тільки в електронний мікроскоп) (рис. 10).

У фібрилі (мікрофібрилі) є зони з високим ступенем упорядкованості макромолекул. Такі зони називаються кристалічними. Також є зони, де макромолекули целюлози знаходяться в неупорядкованому (хаотичному) стані. Ці зони називаються аморфними.

Клітинна стінка деревних волокон складається з ряду оболонок, що відрізняються фізичною



**Рисунок 11 -
Ультрамікробудова
клітини**

організацією, хімічним складом і властивостями. У стінці клітини розрізняють первинну оболонку Р і вторинну S, що у свою чергу поділяється на три шари: зовнішній S₁, середній S₂ і внутрішній S₃ (рис. 11). Електронномікроскопічне дослідження стінки показало, що з боку порожнини клітини шар S₃ покритий вистилаючим тонким шаром, що складається з мембрани і горбкуватих утворень. Цей шар називається бородавчастим (W) і спостерігається майже у всіх видів

хвойних і в багатьох листяних порід.

Первинні оболонки сусідніх клітин скріплені між собою міжклітинною речовиною. У зрілій деревині міжклітинна речовина і первинна оболонка сильно лігніфіковані. У звичайному мікроскопі міжклітинний шар не розрізняється, і лише у вигляді вузької смужки

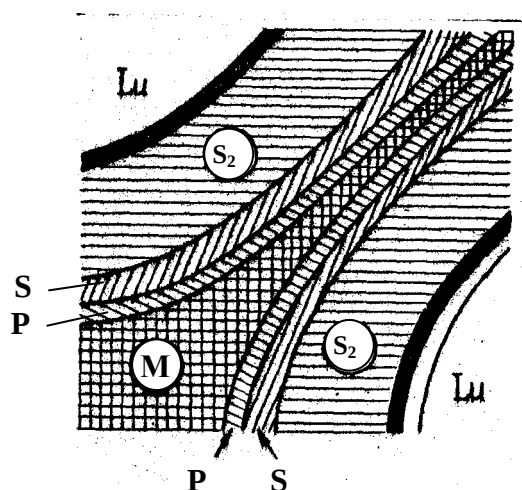


Рисунок 12 - Серединна пластинка

проглядається серединна пластинка (M), що складається з міжклітинної речовини і двох сусідніх первинних оболонок (рис. 12).

Складна серединна пластинка в основному складається з лігніну (60...90%), а інші 10...40% складають пектини, геміцелюлози, целюлоза і неорганічні сполуки. Завдяки аморфній будові лігніну і пектинів серединна пластинка швидше за інші шари піддається впливу кислот і лугів, набряканню і наступному розчиненню під час варіння.

Первинна оболонка (P) є першим шаром клітинної стінки. Вона так само сильно лігніфікована, як і серединна пластинка, але близько 1/3 об'єму в ній займає целюлоза. Мікрофібрили целюлози переплітаються між собою, утворюючи пухку сітку, проміжки якої заповнюють лігнін і геміцелюлози. Товщина первинної оболонки незначна - близько 0,3 мкм.

Більшу частину клітинної стінки складає вторинна оболонка, переважним компонентом якої є целюлоза. Целюлозні мікрофібрили щільно упаковані і розташовані паралельно одна одній, утворюючи окремі ламели. У зовнішньому, середньому і внутрішньому шарах вторинної оболонки мікрофібрили орієнтовані під визначеними кутами до осі волокна. Результат такої їхньої орієнтації - утворення спіральної текстури.

2 МІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОСЛИННИХ ВОЛОКОН

2.1 Визначення роду (виду) волокон

За допомогою мікроскопічного методу вивчають будову основних видів волокнистих напівфабрикатів, які використовуються для виготовлення паперу і картону. Волокна рослинного походження, які використовуються в целюлозно-паперовому виробництві, умовно можна розділити на три групи: нездеревілі, частково здеревілі і здеревілі.

Нездеревілі (текстильні) волокна - бавовна, льон, прядиво, рамі, джут - містять дуже незначну кількість лігніну й забарвлюються хлорцинкйодом у винно-червоний колір.

Частково здеревілі (целюлозні) волокна - целюлоза хвойна і листяна, солом'яна, очеретяна, бамбукова й ін. - містять до 6% лігніну й забарвлюються хлорцинкйодом у фіолетовий колір.

Здеревілі волокна - деревна маса біла, термомеханічна, хімічна, напівцелюлоза різних видів - містять лігніну більше 6% і забарвлюються хлорцинкйодом у жовтий колір.

Крім цих видів волокон, у паперовій промисловості іноді використовуються волокна тваринного (вовна) і мінерального походження (азбестові, скляні, базальтові й ін.), хімічні волокна (капронові, лавсанові, віскозні й ін.)

Характерними рисами будови волокон можна вважати наступні: форма і розмір (циліндричні, плоскі; зрушення, шорсткість; наявність каналу; характер закінчень у природному стані і після механічного впливу розмелювальної апаратури; вид, розмір і розташування пор; розмір і форма клітин епітелію.

2.2 Целюлоза хвойна

З хвойних порід деревини целюлозу одержують шляхом варіння сульфітним (ялина) чи сульфатним (сосна, модрина) способом.

Варіння здійснюють безперервним чи періодичним способом при температурі 140...180 °С і тиску $(6...8) \cdot 10^5$ Па. У цих умовах під дією хімікатів лігнін серединної пластинки розчиняється і частково видаляється з первинної оболонки.

Деревина при цьому розпадається на окремі волокна - клітини. У процесі згущення, промивання і відділення смоли значна частина паренхимних клітин видаляється з целюлози й основну масу товарної целюлози хвойних порід деревини складають довгі стрічкоподібні клітини - трахеїди. Своїми перевитостями вони трохи нагадують волокна бавовни. Особливість волокон хвойної целюлози - наявність облямованих пор, що мають вигляд кружечків з подвійним обідком при мікроскопічному розгляді (рис. 13).

Розрізняють трахеїди раннього і пізнього утворення, чи весняні й осінні. Ранні трахеїди більші за розміром в поперечному перерізі, стінки їх тонкі, канал широкий, кінці злегка закруглені. Стінки ранніх трахеїд покриті численними облямованими порами. Пізні трахеїди більш вузькі в поперечному перерізі, стінки їх сильно стовщені, канал вузький, кінці загострені. Облямовані пори дрібні і зустрічаються рідше.

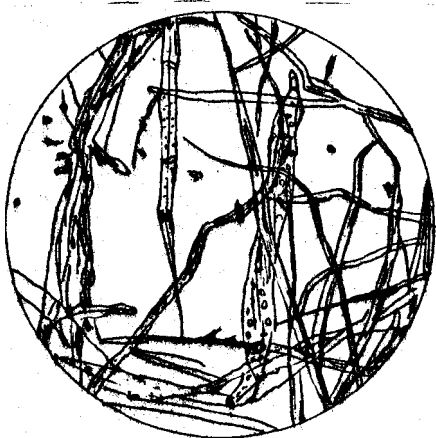


Рисунок 13 - Целюлоза хвойна

Довжина волокон хвойної целюлози – трахеїд - коливається в межах 2,5... 4,4 мм, а ширина - 0,03...0,04 мм. Волокна хвойної целюлози забарвлюються хлорцинкйодом у синьо-фіолетовий колір.

Хвойна целюлоза використовується для виготовлення високоякісного паперу, що має значну механічну міцність. У невибіленому вигляді використовується для виготовлення кабельного, електроізоляційного, мішкового й інших видів паперу, у вибіленому виді - для виготовлення писального, друкарського, картографічного, документного і ін.

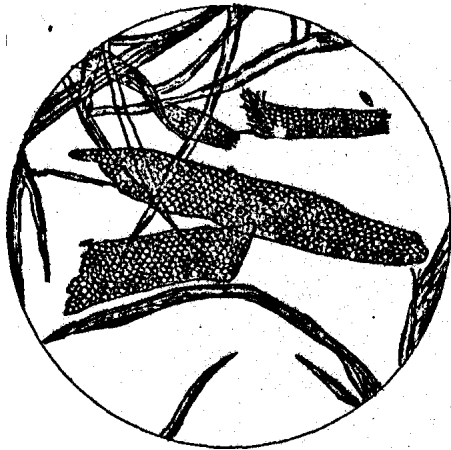
2.3 Целюлоза листяна

Одержують варінням деревини м'яколистяних порід: осики, берези, тополі й інших порід кислим сульфітним, бісульфітним, моноссульфітним і сульфатним способами.

Листяна деревина - великий резерв деревної сировини, що може бути широко використаний у целюлозно-паперовій промисловості. В останні роки споживання деревини листяних порід у більшості країн з розвинутою целюлозно-паперовою промисловістю значно зросло. Це обумовлено не лише необхідністю вишукування і розширення

сировинних ресурсів целюлозно-паперової промисловості, але і тим, що волокнисті напівфабрикати з листяної деревини мають ряд властивостей, що позитивно впливають на певні показники якості паперу і картону і технологію їх виготовлення.

Запаси листяної деревини досить великі і можуть служити значним додатковим резервом сировини. Наприклад, березові насадження займають площу 91,8 млн.га або 13,6% усіх лісових площ. Їхні запаси складають 6,8 млрд.м³. Другою за займаною площею і запасах є осика. Її запаси складають 1,6 млрд.м³ або 2,1% усієї деревини.



**Рисунок 14 - Целюлоза
листяна**

З великої кількості різних порід листяної деревини, що ростуть в Україні, найбільший інтерес для целюлозно-паперової промисловості представляють береза, осика, тополя, а також бук, вільха, граб.

Береза нараховує 60 видів, до числа яких належать бородавчаста, пухнаста, залізна й ін. Найбільше поширення мають берези бородавчаста і пухнаста, що ростуть майже повсюдно. Вони займають 2/3 площі всіх листяних лісів; мають однорідну будову, колір і високу механічну

міцність. Висота стовбура бородавчастої і пухнатої берези досягає 30 м, діаметр - 0,8 м.

Ці види берези використовують у виробництві лущеного шпону, клеєної фанери, деревних пластиків, лиж, сільськогосподарських машин, олівців, а також у лісохімії.

Осика належить до родини вербових. Висота стовбура досягає 35 м, діаметр - 1 м.

Деревина її білого кольору, іноді з зеленуватим відтінком. Осика служить основною сировиною для виробництва сірників. Використовується також у виробництві фанери, дерев'яної тари і деяких видів простих меблів.

Тополь також належить до родини вербових. Усього відомо більше 100 видів тополі. Найбільш розповсюдженими є біла і чорна тополя, чи осокір бальзамічний. Висота стовбура досягає 36 м, діаметр - 4 м. Усі види тополі - швидкоростучі. Деревина їх має невисоку механічну міцність. Тополь використовується переважно для озеленення міст та інших населених пунктів, а також у полезахисному лісорозведенні. У ЦПП використовується для одержання целюлози.

Бук нараховує 10 видів. У лісах України є три його види; лісовий, чи західноєвропейський, східний і кримський. На Кавказі й у Криму він

утворює чисто букові гаї. Висота букових дерев досягає 50 м, діаметр - 2,0...2,5 м. Деревина бука білого кольору з жовтуватим-червоним відтінком, на повітрі швидко руйнується, а у воді й у сильно зволоженому стані дуже міцна. Бук використовується для виробництва меблів, паркету, шпал, струганого шпону, клепок для різного виду тари і для одержання продукції лісохімії.

Вільха належить до родини березових. Існує близько 30 видів її. Найбільш розповсюджена вільха чорна - дерево зі струнким стовбуром висотою до 36 м; вільха біла висотою до 20 м; вільха пухнаста. Деревина вільхи світла, червоніюча на повітрі, легка і м'яка. Використовується у виробництві меблів, фанери, ящиків тари.

Граб також належить до родини березових. Існує близько 50 видів граба, що ростуть у Європі й Азії. Найбільше поширення має граб звичайний. Висота його досягає 15...20 м, діаметр - 0,8 м. Деревина граба щільна (має високу механічну міцність, зокрема високий опір до стирання). Використовується в машинобудуванні для виготовлення шестерень, гвинтів, клинів, рукояток різних інструментів.

Як вказувалося раніше, деревина листяних порід відрізняється від хвойної більш складною будовою. До складу її входять волокна лібриформу, судини, трахеїди і паренхимні клітини (рис.14).

Волокна лібриформу складають у багатьох породах листяної деревини до 3/4 її об'єму і виконують функцію забезпечення дереву механічної стійкості. Це - відносно короткі товстостінні клітини з голкоподібними, загостреними кінцями. На стінках волокон іноді є вузькі щілиновидні пори, розташовані похило до осі волокна. Довжина волокон лібриформу 0,7...1,6 мм, ширина - 0,01...0,04 мм.

У табл. 2 приведені розміри основних волокон у залежності від породи деревини.

Таблиця 2.

Породи деревини	Волокно-лібриформ, мм		Відношення довжини волокна до ширини
	довжина	ширина	
Береза	0,8...1,6	0,014...0,040	40...57
Осика	0,8...1,7	0,020...0,046	37...40
Тополя	0,7...1,6	0,020...0,044	36
Тополя пірамідальна	0,2...2,0	0,024	52
Ясен	0,5...1,9	0,022	49

Характерна риса листяної целюлози - наявність судинних клітин. Судини є провідними елементами деревини. Це - тонкостінні, широкопорожнинні трубки, стінки яких густо покриті простими порами,

круглими або щілиновидними, що надають судинам вигляду сітки. Довжина окремих судинок коливається в межах 0,3...0,7 мм, ширина - 0,05...0,6 мм. Таким чином, у полі зору можуть бути видні судини, діаметр яких перевищує їхню довжину. У листяній целюлозі є також у невеликій кількості трахеїди судинні і волокнисті, котрі можна відрізнити від волокон лібриформу за наявністю облямованих пор.

Значна частина паренхимних клітин була вилучена з целюлози в процесі варіння, промивання і сортування, однак незначна кількість їх залишилася і може бути виявлена в полі зору у вигляді барилиць.

Волокна листяної целюлози забарвлюються хлорцинкйодом у синій чи синьо-фіолетовий колір.

Волокна листяної целюлози в 3 рази коротші волокон хвойної, тому в чистому вигляді для виготовлення паперу і картону листяна целюлоза використовується рідко. З 100% листяної целюлози виготовляють папір, що має невисоку міцність, такий як фільтрувальний, промокальний, підпергамент. Широко використовується листяна целюлоза в композиції з хвойною для виготовлення типографського, писального, основи фотопідкладки, санітарно-гігієнічного паперу. Введення в композицію паперу 20...40% листяної целюлози поліпшує його просвіт, підвищує гладкість, зменшує деформації і різнобічність, поліпшує друкарські властивості, збільшує непрозорість і м'якість, але трохи знижує його міцність - знижується опір зламові і розривна довжина.

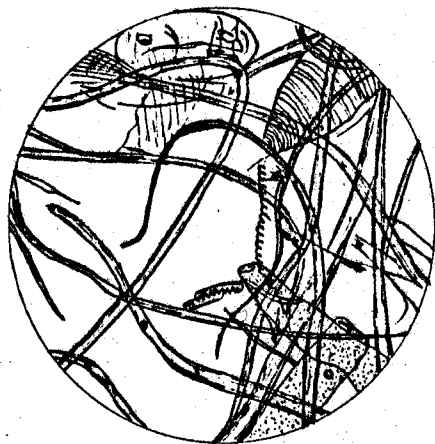
2.4 Целюлоза солом'яна

Пшениця, жито і рис належать до основних зернових культур, які вирощуються на території України.

Основна маса зібраної соломи широко використовується сільським господарством як грубий корм і підстилковий матеріал. Виділення сільським господарством для целюлозно-паперової промисловості тільки 10% досягнутого валового врожаю (20 млн.т) забезпечить виробництво до 10 млн.т волокнистих напівфабрикатів різного призначення.

Із соломи злакових культур виробляють два види напівфабрикатів: грубу солом'яну масу (вихід близько 70%), яку використовують для виробництва картону і паперу для гофрування, і целюлозу (вихід 35...45%), яка у невибіленому і вибіленому видах використовується для виробництва якісного паперу і картону.

Найбільш простий спосіб переробки соломи - варіння її з водою при температурі 100 °С в гідророзбивачі протягом 0,5...1,5 годин при концентрації 10%. Після рафінування виходить груба маса. Хороші результати одержання солом'яної целюлози досягаються при хіміко-механічному чи холодно-лужному способі варіння в гідророзбивачі при температурі близько 100 °С з витратою луку 8...12% від маси соломи.



**Рисунок 15 - Целюлоза
солом'яна**

Для переробки соломи широко використовується вапняно-молочний спосіб варіння. В даний час для переробки недеревної сировини, у тому числі соломи злакових культур, найбільше застосування одержали лужні способи - натронний і сульфатний. У залежності від вимог до якості одержуваних напівфабрикатів змінюються умови варіння (витрата хімікатів, температура, тривалість). Варіння здійснюється в гідророзбивачах при атмосферному тиску, в обертових і стаціонарних варильних котлах і на варильному

устаткуванні безперервної дії.

Солом'яна целюлоза містить кілька видів клітин (рис.15): луб'яні, судинні, паренхимні, покривні (спіральні, кільцеві). Основну масу складають луб'яні волокна, що представляють собою довгі тонкі стрічкоподібні клітини з загостреними кінцями, які нагадують волокна лібриформу листяної целюлози. Вони мають зрушення, колінця, вузький канал, дрібні пори. Довжина луб'яних волокон соломи коливається в межах 0,5...1,5 мм, ширина - 0,01...0,02 мм. Судини належать до провідних елементів і є трубкоподібними подовженими клітинами з тонкими стінками, засіяними дрібними простими порами.

Паренхимні клітини - широкі тонкостінні клітини з округлими краями. Вони бувають різних розмірів - від дрібних, у вигляді барилиць, до довгих і широких. Часто окремі клітини з'єднані разом по кілька штук. Ширина їх коливається від 0,03 до 0,07 мм.

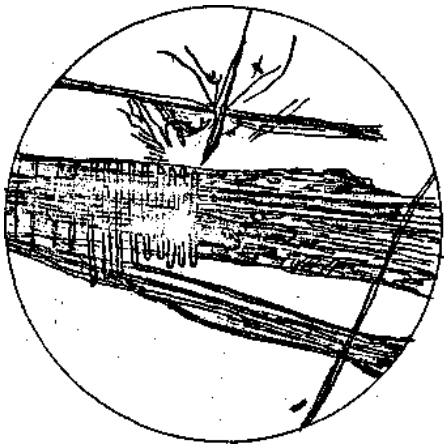
Характерна риса солом'яної целюлози - наявність клітин покривного шару (клітин епідермісу), що мають пилкоподібну форму. Це дуже дрібні клітини. Довжина їх до 0,5 мм, ширина - 0,01...0,02 мм. Рідше зустрічаються кільцеві і спіральні клітини, вони дуже тонкі і помітні в полі зору тільки при уважному розгляді. Волокна солом'яної целюлози забарвлюються хлорцинкйодом у синій колір.

2.4 Дефібрерна деревна маса (біла)

Деревна маса - найдешевший і широко розповсюджений напівфабрикат, що входить до композиції багатьох видів паперу і картону. Її використанню сприяє не лише зниження вартості готової продукції, але і поліпшення друкарських властивостей паперу, підвищення його гладкості, непрозорості, вбирності типографської фарби

й ін. Деревна маса широко використовується для виробництва газетного паперу, писального, типографського № 2, № 3 і інших, а також для виробництва коробкового й іншого видів картону.

Істотна перевага деревної маси в порівнянні з іншими волокнистими напівфабрикатами - те, що при її виробництві найбільш повно використовується рослинна сировина, у зв'язку з чим навколишнє середовище значно менше забруднюється виробничими стоками.



**Рисунок 16 - Дефібрерна
деревна маса (біла)**

Недолік деревної маси - порівняно низька механічна міцність і нестійкість властивостей при дії світла, теплоти, вологи.

Якість деревної маси залежить від способу її виробництва. Промисловість виробляє такі види деревної маси: дефібрерна (біла), термомеханічна (ТММ) і хіміко-термомеханічна (ХТММ) [3,4].

Дефібрерну (білу) деревну масу одержують механічним стиранням деревини у вигляді балансів на дефібрерному камені, що швидко обертається, в присутності великої кількості води.

Біла деревна маса за своїм хімічним складом мало відрізняється від складу вихідної деревини, тому що вихід її складає до 97% від маси а.с. деревини. За фракційним складом вона дуже неоднорідна і містить пучки різних розмірів з кількох нерозділених волокон, окремі довгі і короткі волокна з роздавленими чи обрізаними кінцями, обривки повздовжнього розщеплення волокон, дріб'язок у вигляді фібрильованих і нефібрильованих обривків волокон і інші компоненти рослинної тканини. У залежності від кількісного співвідношення зазначених фракцій і їхньої довжини розрізняють масу високого і низького ступеня млива.

Таким чином, біла деревна маса дуже неоднорідна за складом і містить волокна різних фракцій. Поряд з обривками волокон з розпатланими кінцями зустрічаються пучки волокон, слиз, окремі фібрили. Характерним для деревної маси є наявність клітин серцевинних променів, що перетинають пучки волокон перпендикулярно до їхньої осі (рис. 16).

Дефібрерна деревна маса виробляється з хвойної деревини (ялини), тому на стінках клітин (трахеїд) є облямовані пори. Довжина волокон білої деревної маси 0,5...1,5 мм, ширина - 0,02...0,04 мм. При наявності пучка ширина значно більша.

Волокна білої деревної маси забарвлюється хлорцинкйодом у золотаво-жовтий колір.

2. 6 Деревна маса термомеханічна



Рисунок 17 - Деревна маса термомеханічна

Термомеханічну деревну масу одержують тільки з трісок, що піддають пропарюванню в пропарювальній камері при температурі 120...135 °С протягом 2...5 хвилин з наступним розмелюванням в дискових млинах в один чи два ступені при концентрації маси 25...30%. Застосування короточасного пропарювання і розмелювання при високій концентрації маси сприяє одержанню більш однорідної довговолокнуистої маси з високими механічними показниками і хорошими паперотворчими властивостями.

Використання термомеханічної деревної маси дозволяє скоротити витрату целюлози при виробництві газетного, друкарського, писального й інших видів паперу, а також поліпшити показники готової продукції. За своїми паперотворчими властивостями термомеханічна деревна маса наближається до ХТММ, однак вона має більший вихід з деревини.

Для її виробництва не потрібні витрати хімікатів, знижується кількість і шкідливість стоків, у даний час виробництво термомеханічної деревної маси розвивається більш швидкими темпами, ніж інших видів деревної маси.

Термомеханічна деревна маса (ТММ) відрізняється від дефібрерної (білої) деревної маси наявністю більшої кількості однорідної довговолокнуистої фракції. Волокна ТММ (рис. 17) мають стрічкоподібну форму, злегка фібрильовані, але в більшості випадків кінці їх обірвані, забарвлюються хлорцинкйодом у золотаво-жовтий колір з краплями синього кольору.

2.7 Хіміко-термомеханічна маса

Виробництво ХТММ є одним із найбільш сучасних процесів одержання механічної маси.

ХТММ виробляється як з деревини хвойних (ялина, ялиця, сосна), так і листяних порід (осика, евкалипт, береза), а також однорічних рослин (солома, очерет). ХТММ одержують тільки з трісок.

Виробництво ХТММ включає наступні процеси:

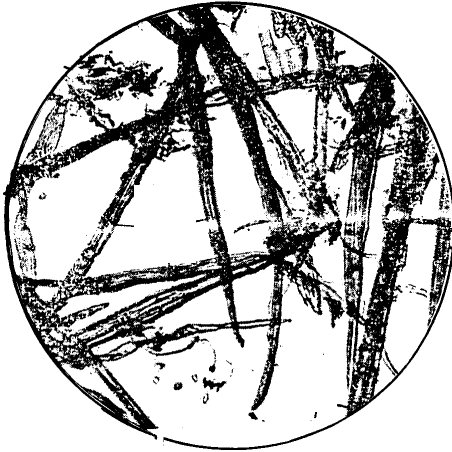


Рисунок 18 - Хіміко-термомеханічна маса

- підготовку деревної сировини, яка включає сортування і промивання трісок, а також попереднє пропарювання;
- просочування трісок хімічними реагентами (NaOH або Na_2SO_3 чи їх сумішшю);
- пропарювання або варіння трісок;
- розмелювання трісок;
- сортування, переробка відходів, очистка;
- промивання маси;
- при необхідності - вибілювання.

Застосування хімічних реагентів, високої температури та розмелювання при високій концентрації дає змогу одержати ще більш однорідну та довговолокнуисту масу (порівняно з ТММ), з механічними показниками, що близькі до показників листяної целюлози.

У результаті застосування хімікатів та підвищеної температури і тиску відбувається помітне набрякання і часткове розчинення лігніну, геміцелюлоз і інших компонентів деревини, що сприяє кращому поділу її на волокна, зниженню витрат енергії на розмелювання, а також одержанню маси з більш високими якісними показниками. Це дозволяє іноді майже повністю виключити використання целюлози при виробництві газетного, друкарського, санітарно-гігієнічних видів паперу. За своїми паперотворчими властивостями ХТММ близька до напівцелюлози, однак вона має більший вихід з деревини (85...90%).

За зовнішнім видом ХТММ дуже схожа на целюлозу. У ній містяться в основному довгі волокна, мало дріб'язку і слизу, значно менше пучків волокон (рис. 18). Хлорцинкйодом волокна ХТММ забарвлюються в синьо-жовтий колір, причому частина волокон має більше синього забарвлення, інша частина - більше жовтого. При розгляді під мікроскопом можна помітити наявність тонких фібрил.

З АНАЛІЗ ДЕРЕВНИХ ТРІСОК

Деревні тріски одержують шляхом подрібнювання деревини в спеціальних рубальних машинах з наступним сортуванням. Якість трісок залежить насамперед від якості вихідної деревини, від виду рубальної машини і її технічного стану, а також від роботи сортувалок.

Тріски одержують, в основному, в деревнопідготовчому відділі підприємств шляхом подрібнювання балансової деревини. Останнім часом на целюлозно-паперових підприємствах стали переробляти у великій

кількості так звані "технологічні тріски", які одержують на різних деревопереробних підприємствах. Якість таких трісок, як правило, нижче, ніж одержаних у деревнопідготовчому відділі целюлозно-паперового заводу.

Від якості трісок в значній мірі залежать вихід і якість волокнистих напівфабрикатів - целюлози, напівцелюлози і деревної маси.

Основні якісні показники трісок: породний склад, фракційний склад, характер відрубів (зрізу), вологість, вміст у трісках кори, лубу.

3.1 Визначення розмірів трісок

Розміри трісок дуже впливають на швидкість просочення їх варильними розчинами, на рівномірність провару, вихід і якість целюлози. Основним розміром трісок є їх довжина уздовж волокон, тому що швидкість проникнення рідини у тріски в цьому напрямку приблизно в 15...20 разів більше, ніж у радіальному і тангенціальному. Звичайно довжина трісок складає 15...20 мм, товщина 2...3 мм і ширина 10...30 мм. Регульованим розміром є перший, і він досягається шляхом зміни виступу ножів на диску рубальної машини.

Для визначення розмірів трісок беруть близько 50 г відсортованих трісок і вручну вимірюють розміри кожної тріски у трьох напрямках: по довжині, ширині і товщині.

Середні розміри трісок по вимірюваному напрямку, мм:

$$L = \frac{\sum l_i}{n}$$

де l_i - розмір окремої тріски по вимірюваному напрямку;

n - кількість вимірюваних трісок, шт.

3.2 Визначення фракційного складу трісок

Фракційний склад трісок визначають шляхом їх послідовного сортування через набір сит: перше – з отворами прямокутного перетину 30×30 мм; друге - з отворами прямокутного перетину 10×10 мм; третє - із круглими отворами діаметром 5 мм.

Для аналізу беруть на технічних вагах наважки трісок масою 500 г і просіюють шляхом струшування через перше сито 30×30 мм. Залишок на ситі є великими трісками (фракція I), її збирають і зважують. Далі тріски, що пройшли через перше сито, сортують через сито з отворами 10×10 мм. Залишок на цьому ситі є нормальними трісками (фракція II), її збирають і зважують. Тріски, що пройшли через друге сито, сортують через сито з отворами діаметром 5 мм і одержують ще дві фракції: залишок на ситі - дрібні тріски (фракція III) і яка минула через сито - тирса (фракція IV).

Поділ трісок на фракції найкраще робити на спеціальному механічному ситовому аналізаторі, у якому сита встановлені одне під іншим і поділ на фракції відбувається одночасно.

Вміст кожної фракції в трісках розраховують за формулами:

$$x_1 = \frac{P_1 \cdot 100}{P}; \quad x_2 = \frac{P_2 \cdot 100}{P}; \quad x_3 = \frac{P_3 \cdot 100}{P}; \quad x_4 = \frac{P_4 \cdot 100}{P}$$

де x_1, x_2, x_3, x_4 - вміст у трісках відповідно великих, нормальних, дрібних трісок і тирси (фракції I, II, III, IV), %;

P_1, P_2, P_3, P_4 - маса відповідних фракцій, г;

P - маса трісок, взятих для аналізу, г.

3.3 Визначення вологості трісок

Вологість трісок дуже впливає на процес просочення їх варильними розчинами, на концентрацію активних реагентів у процесі делігніфікації, а отже, на рівномірність проварювання, вихід целюлози і її якість. Тому тріски, що завантажуються в варильний котел, повинні мати однорідну вологість, коливання по вологості не повинне перевищувати 5%.

Для визначення вологості беруть на технічних вагах наважку трісок масою 50...100 г, поміщають у порцелянову чашку і сушать у сушильній шафі при температурі 100...105°C до постійної маси. Перше зважування роблять не раніше, ніж через 2 години після початку сушіння, друге - через 0,5 години. Сушіння продовжують доти, поки різниця в масі останніх зважувань не буде перевищувати 0,05 г.

Вологість трісок, % :

$$B = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100,$$

де P_1, P_2 - маса наважки трісок відповідно до і після висушування, г.

Коефіцієнт сухості трісок:

$$K_{\text{сх}} = \frac{P_2}{P_1}$$

3.4 Визначення вмісту кори в трісках

Кора є небажаним компонентом трісок. При сульфітному варінні вона практично вся залишається в целюлозі і підвищує її засміченість. При лужному варінні, хоча кора в значній мірі здатна переходити в розчин, вона також підвищує засміченість целюлози і підвищує витрати реагентів на варіння. Наявність кори в трісках приводить також до зниження виходу целюлози, оскільки містить багато лігніну і мало целюлози.

Для визначення вмісту кори в трісках беруть 1 кг трісок, вручну відбирають з них всю кору і зважують.

Вміст кори в трісках, %:

$$K = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100,$$

де P_1 - маса наважки трісок для аналізу, г;
 P_2 - маса кори, г.

3.5 Визначення в трісках вмісту деревини листяних і хвойних порід

В основу даного методу аналізу покладена різна будова лігніну хвойних і листяних порід і різні кольорові реакції його стосовно різних реагентів.

Для аналізу трісок за породним складом поміщають близько 50 г трісок в спеціальну ємність з монель-металевої сітки №24 і поміщають її на 2 хвилини у порцелянову склянку з 1%-м розчином перманганату калію, після чого ємність з трісками промивають водопровідною водою під краном до зникнення забарвлення перманганату. Потім цю ж ємність занурюють на 2 хвилини у 12%-й розчин соляної кислоти, знову промивають водою і занурюють на 1 хвилину у 1%-й розчин аміаку. Після такої обробки тріски різних порід деревини набувають різного забарвлення: тріски листяних порід пурпурово-червоного, хвойних порід - ясно-коричневого чи жовтого.

Після цього тріски сортують за кольором на дві фракції і зважують кожну з них. Вміст кожної фракції визначають за формулою:

$$x_1 = \frac{A \cdot 100}{A + B};$$

$$x_2 = \frac{B \cdot 100}{A + B} \quad \text{або} \quad x_2 = 100 - x_1$$

де x_1 – вміст у трісках листяних порід (пурпурово-червоний), %;
 x_2 – вміст у трісках хвойних порід (ясно-коричневий чи жовтий), %;
 A - маса трісок листяних порід, г;
 B - маса трісок хвойних порід, г.

4 РОЗМЕЛЮВАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ

4.1 Загальні відомості

З досить обмеженої кількості видів волокнистих напівфабрикатів виготовляють численні види паперу і картону з найрізноманітнішими властивостями. Це стало можливим у значній мірі за рахунок розмелювання паперової маси, тобто спеціальної механічної обробки рослинних волокон у присутності води.

Папір, отриманий з нерозмелених волокон, має дуже низьку міцність, високу пористість, погану структуру і для використання, як правило, непридатний. Нерозмелені волокна збиваються в пластівці і при відливці погано формуються у папір.

Розмелювання волокон здійснюється в апаратах різного типу. Принцип роботи всіх їх приблизно однаковий і полягає в тому, що водно-волокониста суспензія обробляється між перехресними ножами ротора і статора апарату, що розмелює. У результаті такої обробки волокна піддаються гідравлічним ударам, укорочуванню, розщепленню, стиранню, стисканню й іншим механічним впливам.

Однак у результаті розмелювання волокна піддаються не тільки чисто механічному впливу, але і набувають нових властивостей - вони стають більш гнучкими, еластичними, жирними на дотик, гірше зневоднюються, а папір, отриманий з розмелених волокон, незважаючи на їхнє вкорочування, стає більш міцним.

Ці зміни у волокнах при розмелюванні важко пояснити зміною їхньої механічної структури, тому були запропоновані різні теорії розмелювання.

Відповідно до сучасних уявлень, при розмелюванні волокна піддаються не тільки чисто механічним впливам, але також відбуваються складні колоїдно-хімічні процеси набрякання, фібриляції клітинних стінок з відщепленням від волокон фібрил і мікрофібрил зі звільненням великої кількості вільних целюлозних гідроксилів, що в основному і визначають міцність зв'язків між волокнами в папері чи картоні. Важливу роль при розмелюванні відіграє вода. Целюлозні волокна мають ряд властивостей, характерних для гелів. Вони дуже добре всмоктують воду в пори своєї поверхні. Таке всмоктування спочатку протікає без збільшення об'єму волокон, але при проникненні води у вторинну оболонку в проміжок між фібрилами і мікрофібрилами відбувається набрякання волокна, що приводить до збільшення його об'єму в кілька разів.

Енергія, що вивільняється при набряканні, є досить великою. Вона викликає розщеплення зв'язків в аморфній частині целюлози і забезпечує вільний доступ туди води, що розсовує фібрили і мікрофібрили. За рахунок проникнення води усередині волокон створюється внутрішній тиск до 7,0 МПа і більше, що і сприяє розшаруванню волокон на фібрили при розмелюванні.

Однак вода здатна проникати тільки в аморфну частину. У кристалічній частині міцели молекули целюлози настільки міцно упаковані, що туди вода не проникає. Більш того, туди не проникають навіть 1...10% розчини NaOH, і тому ці ділянки практично не фібрилюються при розмелюванні.

Отже, чим більше в рослинних волокнах аморфної частини, тим ці волокна будуть краще фібрилюватися при розмелюванні.

При розщепленні волокон на окремі фібрили звільняється більша кількість целюлозних гідроксилів і на їх поверхні утворюється плівка з адсорбованих і орієнтованих диполів води за рахунок водневого зв'язку. У результаті цього волокна стають більш гнучкими, еластичними, жирними на дотик, що сприяє їх кращому контакту і переплетенню між собою при формуванні паперу. При розмелюванні целюлози без попереднього

набрякання в воді чи в неводному середовищі маса погано фібрилюється, волокна лише механічно подрібнюються й отриманий з них папір буде пухкий, неміцний, як, наприклад, з однієї деревної маси, хоча вона і має високий ступінь млива.

У процесі наступного сушіння паперу по мірі видалення води волокна під дією сил поверхневого натягу зближуються. При відстані між ними менше $2,7 \cdot 10^{-10}$ м утворюється прямий водневий зв'язок між гідроксильними групами сусідніх волокон. Міцність окремого зв'язку порівняно невелика, але оскільки цих зв'язків між волокнами в залежності від стану їхньої поверхні може бути дуже багато, то і сила зв'язку між окремими волокнами може бути дуже високою, що і є основним, визначальним фактором міцності паперу.

Характер і ступінь млива паперової маси залежать від того, для якого сорту паперу вона призначається. Розрізняють масу пісного і жирного помелу. Маса того чи іншого виду помелу може бути довго- і коротковолокнистою. При пісному помелі відбувається в основному рубання волокна, при жирному - розщеплення волокон уздовж і фібрилювання.

Папір з маси садкого помелу виходить пухкий, неміцний, але має хорошу вбирну здатність (фільтрувальний, промокальний, папір-основа для пергаменту, фібри й ін.). З маси жирного помелу виходить щільний, міцний папір (конденсаторний, кабельний, копіювальний й ін.).

На процес розмелювання маси впливають наступні фактори: тривалість розмелювання, питомий тиск, концентрація маси, тип гарнітури, що розмелює, окружна швидкість органів, що розмелюють, кислотність і температура маси при розмелюванні, властивості волокнистих матеріалів, що розмелюються, гідрофільні добавки й ін.

Для визначення фізико-механічних властивостей целюлози потрібно виготовити стандартні відливки з розмеленої маси. Розмелювання целюлози проводиться у центробіжному розмелювальному апараті (ЦРА), зображеному на рис.19. Апарат складається з 6 розмелювальних стаканів. У кожний стакан завантажують точно по 16 г абсолютно-сухої целюлози. Перед розмелюванням целюлоза повинна 30 хвилин набрякати у воді, яка заливається в стакан в такій кількості, щоб концентрація маси складала 6%. Наприклад, при $K_{\text{сyx}}$ целюлози, рівному 0,35, необхідно взяти на технічних вагах наважку $16:0,35 = 45,71$ г і додати мірним циліндром води

$$\frac{100 \cdot 16}{6} - 45,71 = 220,95 \approx 221 \text{ мл}$$

Розмелювальні стакани вставляються в гнізда ЦРА строго симетрично, наприклад 6 стаканів, 3 стакани (через один), 4 чи 2 стакани в діаметрально протилежних гніздах. Кожний стакан закривають тільки своєю кришкою і вставляють у відповідні номери гнізд. Необхідно перевірити стан гумової прокладки і надійність затягування їхніх болтів.

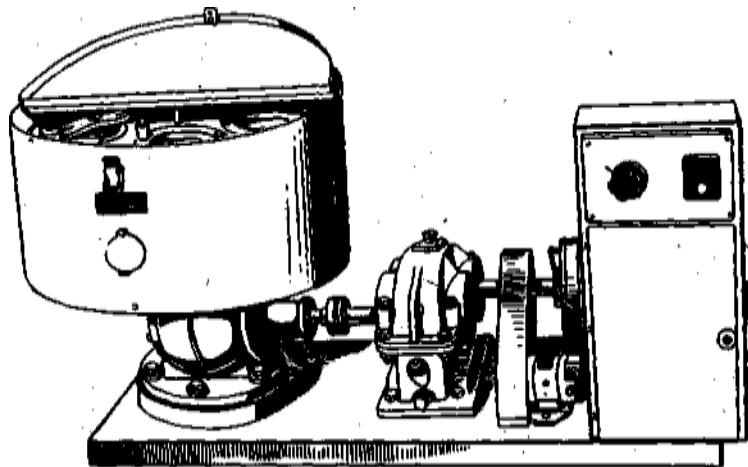


Рисунок 19 - Центробіжний розмелювальний апарат

Через 30 хвилин від початку заливання води, тобто після попереднього набрякання, плавно включають ЦРА і протягом 20 хвилин проводять розмелювання целюлози при швидкості 80 об/хв. Подальше розмелювання ведуть при 150 об/хв до заданого ступеня млива, прийнятого стандартом (звичайно 60°ШР), і фіксують час розмелювання.

Категорично забороняється вести розмелювання при відкритій кришці кожуха ЦРА і різко збільшувати його швидкість. Відкривати кришку ЦРА можна тільки після повної зупинки апарата.

Температура в приміщенні для розмелювання повинна бути $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Ступінь млива целюлози визначають на апараті СР-2 (рис.21). Для визначення ступеня млива необхідно розмелену масу в стакані ретельно перемішати і спеціальним ковшиком відібрати пробу. При концентрації маси 6 % ковшик уміщує 2 г абсолютно сухого волокна. З відібраної проби готують 1 л суспензії і визначають ступінь млива.

Якщо ступінь млива виявляється нижче заданого, то необхідно залишки маси на сітці апарата СР-2 кількісно зібрати, приєднати їх до вихідної проби, дотримуючись сталості її концентрації і продовжувати розмелювання.

4.2 Контроль процесу розмелювання

Процес розмелювання паперової маси контролюють шляхом визначення ступеня млива і середньої довжини волокна. Ступінь млива паперової маси визначають на апараті СР-2, а середню довжину волокна - на апараті марки СДВ.

4.2.1 Визначення середньої довжини волокна

Апарат СДВ (рис.20) складається з воронкоподібної посудини 2 з нижнім отвором діаметром 40 мм. Отвір закривається клапаном 3. Усередину посудини встановлене опорне кільце, на яке ставиться робоча рамка 5. Рамка є основним робочим органом приладу. Це ґрати з тонких металевих лез обтічної форми, рамка має стрижень з гачком для зважування на важільних вагах.

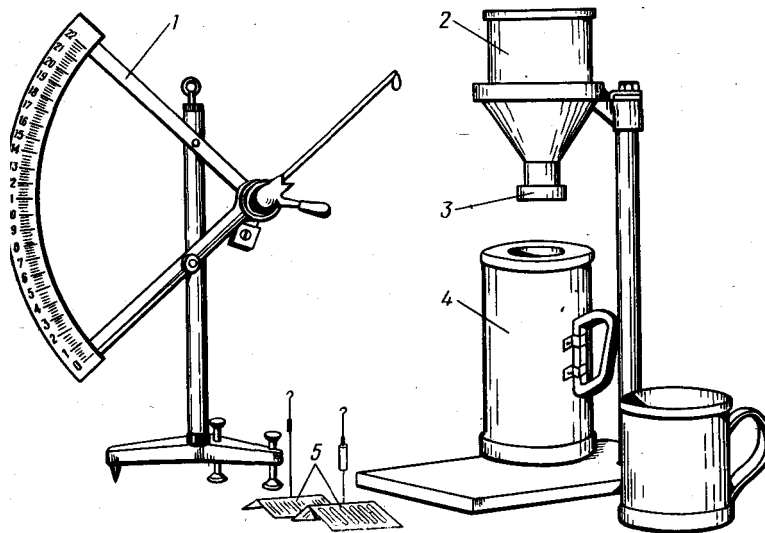


Рисунок 20 - Схема апарата типу СДВ для визначення середньої довжини волокна

Перед початком дослідів необхідно установити прилад і квадрантні ваги на нульових рівнях, вибрати робочу рамку, на якій буде проводитися випробування. Вибір рамки залежить від характеру помелу випробуваної маси. При довговолокнистій масі беруть рамку № 1 з відстанню між лезами 10 мм, а при коротковолокнистій — рамку № 2 з відстанню між лезами 5 мм. Далі закривають клапаном отвір воронкоподібної посудини і встановлюють під нього прийомний кухоль 4.

Для аналізу беруть таку кількість випробуваної маси, щоб у ній містилося 6 г абсолютно сухого волокна, і доводять об'єм до 2 л. Суспензію ретельно перемішують до повного зникнення грудочок маси і виливають у воронкоподібну посудину апарата з робочою рамкою. Далі натискають на засувку клапана і випускають суспензію в прийомний кухоль.

Рамка залишається в посудині ще 2...3 хвилини для стікання з неї надлишкової води, а потім її зважують разом з волокном, що залишилося, на квадрантних вагах.

Показання ваг у дециграмах і є масним показником маси. Визначення повторюють з тією ж суспензією, для цього волокно, що осіло на рамці, після зважування повертають назад у суспензію, зануривши рамку в кухоль із суспензією.

За табл. 3 знаходять середньозважену довжину волокна, яка відповідає даному масному показнику. Прилад СДВ придатний для

визначення середньої довжини волокна при ступені млива маси в межах 18...90° ШР.

Таблиця 3 - Залежність між масним показником і довжиною волокна для хвойної сульфітної целюлози

Масний показник, дЦГ	Довжина волокна, мм	Масний показник, дЦГ	Довжина волокна, мм	Масний показник, дЦГ	Довжина волокна, мм
8	0,5	50	1,2	90	1,9
14	0,6	56	1,3	97	2,0
21	0,7	62	1,4	104	2,1
26	0,8	67	1,5	112	2,2
32	0,9	73	1,6	124	2,3
38	1,0	79	1,7	140	2,4
44	1,1	84	1,8	167	2,5

4.2.2 Визначення ступеня млива

Ступінь млива характеризує здатність маси віддавати воду на сітках папероробних машин, тому є однією з найважливіших її характеристик. Ступінь млива маси визначається на приладі СР-2 типу Шоппер-Рігlera, який зображений на рис. 21. Принцип роботи приладу полягає в різній швидкості віддачі води масою різного ступеня млива при зневоднюванні її на сітці. Верхня частина приладу 1, яка знімається, є циліндром, дно якого обтягнуте одинарною миткалевою сіткою №40. Сітчасте дно закривається клапаном 2, краї якого обтягнуті гумовим кільцем, щоб він щільно закривав знизу циліндр. Нижня частина приладу 3 є конусом, який закріплений на стійкому штативі 4 і має два отвори: центральний 6 вузький (строго визначеного діаметра) і боковий 5, більш широкий. Розміщення цих отворів вибрано так, що вода, яка стікає через шар маси і сітку з верхнього циліндра, може виходити через боковий отвір тільки тоді, коли швидкість стікання її більша, ніж пропускна здатність центрального отвору. У цьому випадку вода не встигає витікати через нижній отвір, зосереджується в конусі, і частина води буде витікати через боковий переливний отвір. З підвищенням ступеня млива швидкість водовіддачі зменшується. При низькому ступені млива вода стікає швидко і велика частина її виливається через широкий бічний отвір у градуйовану посудину. При високому ступені

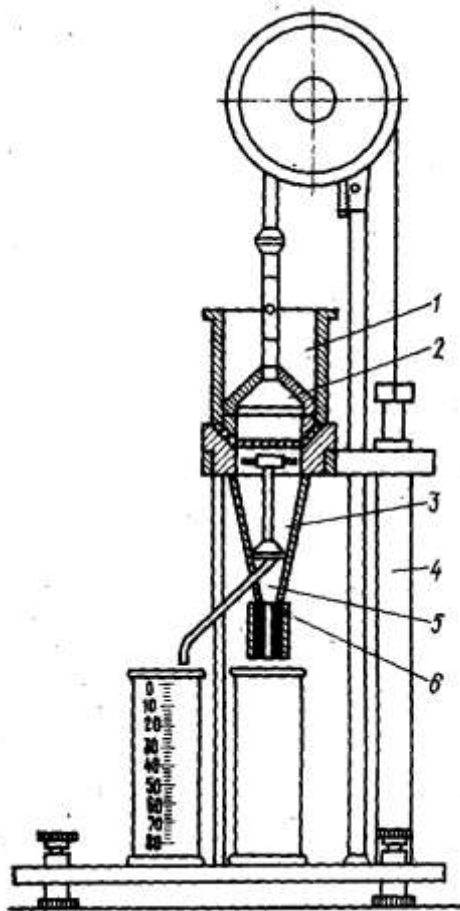


Рисунок 21 - Прилад СР-2

млива вода настільки повільно стікає, що майже вся проходить через центральний вузький отвір в іншу посудину. Ступінь млива виражають в умовних градусах $^{\circ}\text{ШР}$ (Шоппер-Ріглера).

Для визначення ступеня млива розмеленої маси беруть 1 л суспензії, що містить точно 2 г маси в розрахунку на абсолютно сухе волокно. Суспензію ретельно перемішують і швидко вливають у циліндр приладу СР-2 при опущеному клапані, який потім швидко піднімають, а вода стікає через шар маси і сітку в циліндри, підставлені під центральний і бічний отвори.

Визначивши об'єм води (V), яка витекла у бічний циліндр, обчислюють ступінь млива деревної маси (целюлози) за наступною формулою:

$$^{\circ}\text{ШР} = \frac{1000 - V}{10}$$

За ступінь млива $^{\circ}\text{ШР}$ приймають умовно різницю між кількістю води, взятої для аналізу волокнистої суспензії, і кількістю

води, що витекла через широкий бічний отвір. При цьому 10 мл води відповідає 1°ШР . У зв'язку з тим, що швидкість водовіддачі волокнистою масою залежить від в'язкості води, ступінь млива необхідно визначати при температурі води 20°C . Підвищення температури на 1°C знижує показник ступеня млива на $0,46^{\circ}\text{ШР}$.

Прилад СР-2 має недолік: він малочутливий в низькій ($8 \dots 16^{\circ}\text{ШР}$) і у високій ($85 \dots 90^{\circ}\text{ШР}$) областях помелу маси [5].

5 ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДЛИВКІВ ПАПЕРУ

Відливки целюлози повинні виготовлятися в стандартних умовах на листовідливному апараті ЛА-1 з вакуумсушильною камерою. Діаметр відливка - 200 мм. При роботі потрібно строго дотримуватися правил техніки безпеки і наступних умов:

1) концентрація маси, що надходить у листовідливний апарат, повинна складати 0,45...0,50 г/л;

2) відливки виготовляти на сітці № 40;

3) маса сухих відливків повинна складати 75 ± 1 г/см².

Для визначення фізико-механічних показників відбирають п'ять відливків з рівним просвітом і спеціальним ножем вирізають з них смужки. Потім смужки з целюлозних відливків витримують в умовах кондиціонування протягом 3 годин при температурі повітря $20 \pm 5^\circ\text{C}$ і відносній вологості 65 ± 2 %. У випадку неможливості створення зазначених умов у приміщенні допускається застосування спеціальних шаф чи ексікаторів, що забезпечують необхідні умови кондиціонування повітря. Визначення механічних властивостей проводять відповідно до діючих стандартів і результати, виражені середнім арифметичним з усіх визначень для кожного показника, зводять у загальну таблицю.

Для целюлозних відливків звичайно визначається:

1) маса 1 м², м;

2) товщина, мкм;

3) об'ємна маса, г/см³;

4) розривна довжина, м;

5) подовження зразка целюлози до моменту розриву, %;

6) опір зламу, число подвійних перегинів;

7) опір продавлюванню, Па;

8) опір роздиранню, Н.

Приклад. Потрібно виготовити 10 відливків целюлози масою 75 ± 1 г/м².

Площа відливків, які отримують на листовідливному апараті, складає 0,0314 м².

Маса одного відливка повинна бути $75 \cdot 0,0314 = 2,355$ г.

У 10 відливках міститься волокна $2,355 \cdot 10 = 23,55$ г

При концентрації розмеленої маси 4%, необхідно відібрати маси:

$$\frac{23,55 \cdot 100}{4} \approx 589 \text{ мл}$$

Об'єм маси доводять до 5 л і на виготовлення відливка відбирають 500 мл.

На рис. 22 показаний загальний вигляд апарата ЛА-1 конструкції ВНДОпапірпрому. Він складається з наступних основних вузлів і агрегатів: станини, відливного пристрою, двох сушильних камер, двох пароутворювачів, вакуум-насоса, фільтра грубого очищення води, акумулятора вакууму, робочих кранів і необхідних контрольно-вимірювальних приладів.

1) концентрація маси, що надходить у листовідливний апарат, повинна складати 0,45...0,50 г/л;

2) відливки виготовляти на сітці № 40;

4) маса сухих відливків повинна складати 75 ± 1 г/см².

Для визначення фізико-механічних показників відбирають п'ять відливків з рівним просвітом і спеціальним ножем вирізають з них смужки. Потім смужки з целюлозних відливків витримують в умовах кондиціонування протягом 3 годин при температурі повітря $20 \pm 5^\circ\text{C}$ і відносній вологості 65 ± 2 %. У випадку неможливості створення зазначених умов у приміщенні допускається застосування спеціальних шаф чи ексікаторів, що забезпечують необхідні умови кондиціонування повітря. Визначення механічних властивостей проводять відповідно до діючих стандартів і результати, виражені середнім арифметичним з усіх визначень для кожного показника, зводять у загальну таблицю.

Для целюлозних відливків звичайно визначається:

1) маса 1 м², м;

7) товщина, мкм;

8) об'ємна маса, г/см³;

9) розривна довжина, м;

10) подовження відливка целюлози до моменту розриву, %;

11) опір зламу, число подвійних перегинів;

9) опір продавлюванню, Па;

10) опір роздиранню, Н.

Приклад. Потрібно виготовити 10 відливків целюлози масою 75 ± 1 г/м².

Площа відливків, які отримують на листовідливному апараті, складає 0,0314 м².

Маса одного відливка повинна бути $75 \cdot 0,0314 = 2,355$ г.

У 10 відливках міститься волокна $2,355 \cdot 10 = 23,55$ г

При концентрації розмеленої маси 4%, необхідно відібрати маси:

$$\frac{23,55 \cdot 100}{4} \approx 589 \text{ мл}$$

Об'єм маси доводять до 5 л і на виготовлення відливка відбирають 500 мл.

На рис. 22 показаний загальний вигляд апарата ЛА-1 конструкції ВНДОпапірпрому. Він складається з наступних основних вузлів і агрегатів: станини, відливного пристрою, двох сушильних камер, двох пароутворювачів, вакуум-насоса, фільтра грубого очищення води, акумулятора вакууму, робочих кранів і необхідних контрольно-вимірювальних приладів.

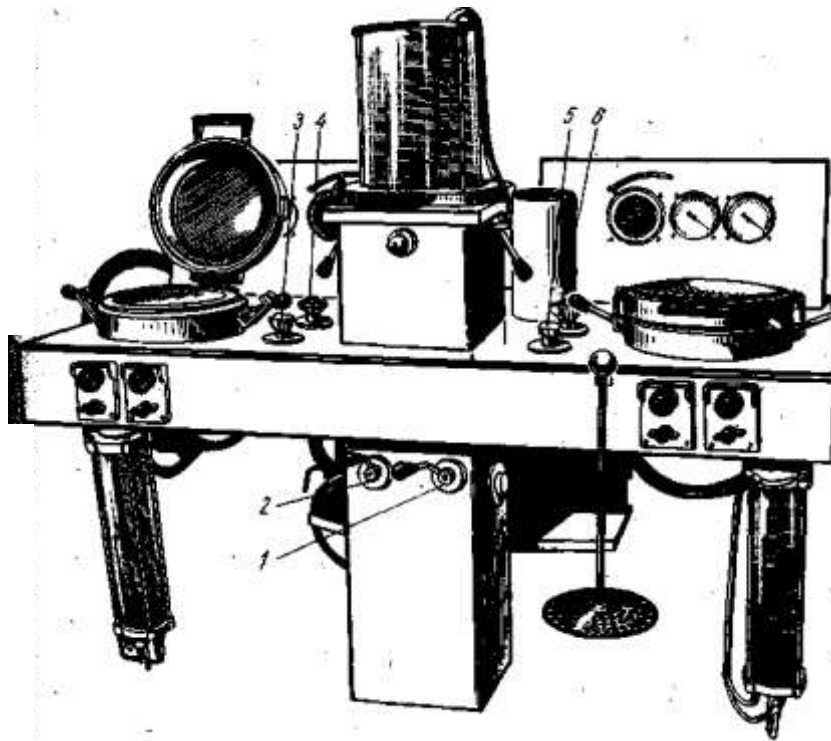


Рисунок 22 - Листовідливний апарат ЛА-1

Перед початком відливу необхідно перевірити готовність апарата до роботи. Для цього всі крани встановлюють у положення «З». Перевіряють наявність води в циліндрах пароутворювачів. Вона повинна бути на рівні червоної риски й обов'язково вище електронагрівника. Апарат включають у мережу поворотом пакетника з написом «Мережа». Включення контролюють контрольною лампою, розташованою над вимикачем.

Поворотом крана 4 у положення «О» здійснюють пуск водопровідної води через фільтр у вакуум-насос, сушильну камеру і холодильник. Поворотом пакетника панелі з написом «Вакуум-насос» включають вакуум-насос і сигнальну лампочку над вимикачем. Крани 3 і 5 повинні бути встановлені в положення «В». Перевіряють показання вакуумметрів сушильних камер, що повинні відповідати 96 кПа (720 мм рт. ст.). Якщо показання приладів не відповідають приведеним величинам, то вакуум у системі необхідно додатково відрегулювати клапаном «720», розташованим на станині апарата. Крани 3 і 5 встановлюють у положення «З», а кран 6 - у положення «О».

На листовідливну сітку листовідливого пристрою під гумову прокладку завантажувальної камери накладають тонку поліетиленову чи гумову плівку. Завантажувальну камеру затискають затискачами і по вакуумметрі відливного пристрою визначають вакуум у системі, що повинен бути рівним 26,6 кПа (200 мм рт. ст.). У випадку невідповідності показання вакуумметра, вакуум у системі необхідно відрегулювати

клапаном «200», розташованим на столі апарата. Кран 6 переводять у положення «3», а поліетиленову плівку витягають з відливного пристрою.

Для відливу поворотом пакетника «Пароутворювач» включають електронагрівники пароутворювачів, які розігріваються протягом 5...10 хвилин. Включення контролюють сигнальними лампами над пакетниками вимикачів. Листовідливну сітку змочують водою і накладають на опорні ґрати відливного пристрою. Ґрати встановлюють так, щоб ребра були рівнобіжні осі шарніра. Завантажувальну камеру закривають і притискають до фланця вакуумної камери замками-затискачами.

Кран 2 переводять у положення «О» і завантажувальну камеру заповнюють водою до відмітки 7 л. Потім кран 2 переводять у положення «3», у завантажувальну камеру заливають підготовлену заздалегідь і розведену водою волокнисту суспензію. Кран 2 переводять у положення «О» і доливають воду в завантажувальну камеру до відмітки 8 л. Занурюючи 3...4 рази перемішувальний пристрій до дна завантажувальної камери, ретельно перемішують волокнисту суспензію.

Перемиканням крана 1 у положення «О» проводять відсмоктування води з завантажувальної камери через відливну сітку і ґрати у вакуумну камеру й у стік. Після того, як вся вода буде видалена, відливочок на сітці додатково зневоднюють вакуумом протягом 10 секунд, для чого кран 1 переводять у положення «3», а кран 6 — у положення «О». У вакуумній камері відливного пристрою створюється розрідження 26,6 кПа (200 мм рт. ст.).

Картонний лист масою 200 г/м² (чи сукно) точно накладають на мокрий відливочок. Обтягнутий фетром валик під власною масою прокочують по картону (сукну). Потім листовідливну сітку знімають з опорних ґрат відливного пристрою й у переверненому положенні поміщають у сушильну камеру. Відливочок сушать у сушильних камерах з допомогою кранів 3 і 5. Ці крани по своїй дії аналогічні і керують відповідно лівою і правою сушильними камерами. Тут розглянутий спосіб керування лівою сушильною камерою. Кран 3 знаходиться в положенні «3». Плавню відкривають конічну заглушку в корпусі сушильної камери, відкривають замок і відкидають кришку.

Якщо відливочок, призначений для сушіння, відділений від відливної сітки, то сушіння здійснюється в такий спосіб. У корпус сушильної камери вкладають алюмінієве кільце і відливочок акуратно кладуть на сітку картоном (сукном) нагору. Кришку відпускають, замок закривають.

Якщо сушіння відбувається не одночасно відливом, кран 3 переводять у положення «В». Можна робити сушіння відливка разом з відсмоктуванням повітря з акумулятора вакууму, переводячи кран 3 у положення «ВА».

При сушінні одночасно з відливом, кран 3 різко переводять у положення «В». По вакуумметру сушильного пристрою, розміщеному на приладовому щитку, контролюють величину вакууму. Заводять сигнальний годинник на заданий час сушіння. Після закінчення сушіння кран 3

переводять у положення «3». У корпусі сушильної камери плавно відкривають конічну заглушку, замок відкривають і сухий відливок витягають із сушильної камери. Закладають наступний мокрий лист, і весь процес сушіння відливка повторюється.

Якщо відливок сушать на відливній сітці, алюмінієве кільце витягують і на його місце вкладають відливну сітку з відливком і картонним листом (сукном). Далі операції аналогічні викладеним вище.

Наприкінці роботи усі вимикачі переводять у положення «виключено», усі крани переводять у положення «3», перекривають водяний кран перед гнучким шлангом, що підводить воду до апарату. Апарат ретельно протирають від залишків води та волокна.

6 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ПАПЕРУ

6.1 Підготовка зразків паперу до випробування

Для проведення фізико-механічних випробувань необхідно взяти не менше п'яти зразків, вирізаних спеціальним шаблоном розміром 40×40 см з кожного аркуша відібраної середньої проби паперу і скласти їх так, щоб усі вони лежали верхньою поверхнею в одну сторону (нагору) і щоб збігався їх машинний напрямок, намітивши його стрілками на всіх аркушах. Після цього всі аркуші необхідно акуратно розрізати на зразки по шаблонах спеціальним ножом відповідно до розмірів, зазначених в стандартах на методи випробувань.

У папері розрізняють дві сторони: сіткову, звернену до сітки папероробної машини, і верхню. Для визначення сторін паперу аркуш згинають вдвоє і при гарному освітленні порівнюють обидві сторони. Явно виражене маркірування вказує на сіткову сторону, більш слабке - на верхню. Розбіжність сторін стає більш чіткою при встановленні аркуша, який розглядають, на рівні очей.

У процесі виготовлення паперу на папероробній машині в полотні відбувається переважна орієнтація волокон у напрямку руху сітки, що створює чітко виражену анізотропію властивостей. У папері розрізняють два основних напрямки: напрямок, що відповідає руху полотна паперу, називається машинним, а поперечним є напрямок, перпендикулярний машинному. При випробуванні паперу необхідно знати ці напрямки, оскільки при орієнтації волокон і більшому натягу паперового полотна при формуванні паперу в машинному напрямку є розходження властивостей паперу в машинному і поперечному напрямках. Для

визначення напрямку паперу можна скористатися одним з наступних способів.

1. З аркуша паперу вирізують по двох взаємно перпендикулярних напрямках дві смужки довжиною близько 200 мм і шириною 15 мм (чи беруть із уже підготовлених зразків). Їх складають разом і затискають з одного кінця пальцями. При перекиданні затиснутих у руці за один кінець смужок паперу праворуч і ліворуч, вільні їхні кінці будуть або лежати один на іншому, або розходитися. Папір має менший прогин, якщо більшість волокон спрямована в машинному напрямку А, і навпаки, більший прогин - в поперечному напрямку В (рис. 23).

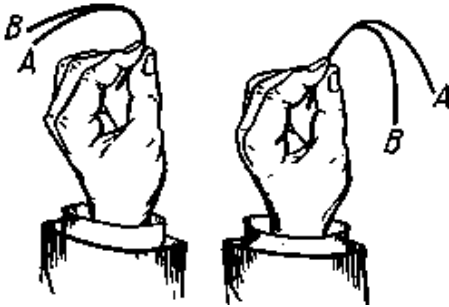


Рисунок 23 - Визначення машинного і поперечного напрямів в папері

2. Прямокутний чи круглий зразок паперу звожують з одного боку, після чого папір скручується, утворюючи циліндр. Вісь циліндра відповідає машинному напрямку. Цей прийом придатний лише для проклеєного паперу, тому що непроклеєний папір швидко промокає і не зкручується.

3. Визначають зусилля розриву. Смужки машинного напрямку мають більш високу міцність на розрив.

4. При роздиранні аркуша паперу в машинному напрямку утворюється більш пряма лінія розриву, ніж в поперечному напрямку.

5. При зволоженні паперу з торців поперечний напрям буде мати більш хвилястий вигляд.

6.2 Визначення вологості і зольності паперу

Вміст води в папері регламентується відповідними стандартами і звичайно коливається в межах 5...8%. Вологість паперу залежить від вологості навколишнього середовища. Для визначення вологості паперу його висушують в сушильній шафі чи в шафі УСБ-1 при температурі 100...105 °С до постійної маси. Наважку паперу, близько 5 г, нарізану з різних місць випробуваного зразка, поміщають у зважений на аналітичних вагах бюкс, зважують і висушують до постійної маси при 100...105 °С. Вологість паперу розраховують за формулою, %:

$$B = \frac{P_1 - P_2}{P_1} 100,$$

де В - вологість паперу, % ;

P₁ - маса паперу до висушування, г;

P₂ - маса паперу після висушування, г.

Зольність паперу зумовлена зольністю самого волокна, а також кількістю введеного в паперову масу наповнювача і ступенем його утримання.

Для визначення зольності беруть наважку повітряно-сухого паперу близько 2 г у вигляді невеликих пелюсток, нарізаних з різних місць зразка, поміщають у попередньо прожарений і зважений порцеляновий тигель, спалюють і прожарюють при $800 \pm 50^\circ\text{C}$ до постійної маси. Зольність з паперу розраховують за формулою, %:

$$Z = \frac{a100}{P(100 - B)} 100,$$

де а - маса золи, г;

P - наважка повітряно-сухого паперу;

B - вологість паперу, %

6.3 Визначення маси 1 м², товщини і щільності паперу

Маса 1 м² паперу, визначена в стандартних умовах, виражена в грамах, є найбільш розповсюдженим показником якості паперу.

Маса 1 м² паперу є характеристикою, що дає можливість порівнювати між собою за масою різні види паперу незалежно від їхнього формату. Визначення маси 1 м² базується на зважуванні випробуваного зразка паперу визначеного розміру з наступним перерахуванням отриманого значення на масу 1 м². Результат визначення маси 1 м² виражається в грамах.

Випробуванням піддають не менше 10 зразків паперу, вирізаних по одному з кожного аркуша проби за допомогою металевого шаблона 200×250 мм чи ножа і витриманих у стандартних умовах. Випробуванням можна піддавати відливки паперу, отримані на ЛОА-1, чи зразки промислового паперу, попередньо вимірявши їхню площу. Якщо крайки зразків нерівні, то їх перед вимірюванням обрізають спеціальним ножом.

Після вимірювання зразки зважують і визначають середню масу одного аркуша. Масу 1 м² паперу обчислюють за формулою, г:

$$q = \frac{P_1}{S} 10000$$

де P₁, - середня маса одного аркуша, г;

S - площа аркуша, см².

Результат виражають середнім арифметичним з усіх визначень.

Метод визначення *товщини паперу* ґрунтується на вимірюванні цього

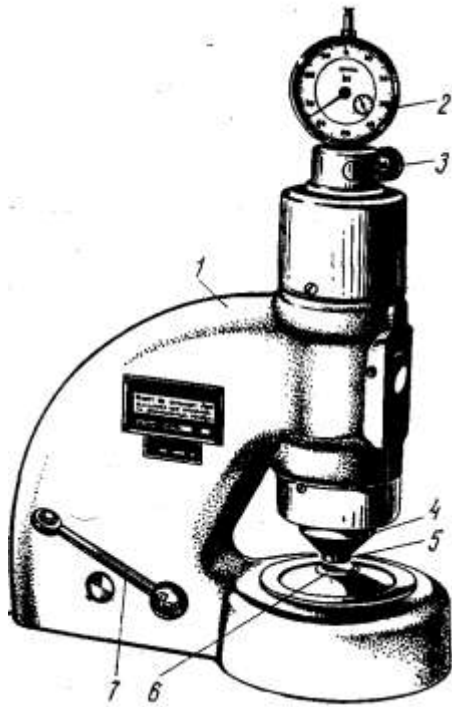


Рисунок 24 – Товщиномір індикаторний ТНБ

показника при питомому тиску вимірювального приладу на папір у 0,1 МПа і величині вимірюваної площі 2 см². Результат вимірювань як правило виражають у мікронах чи міліметрах. Товщину паперу, яка суттєво впливає на всі його властивості, вимірюють за допомогою товщиномірів чи мікрометрів. Індикаторний товщиномір типу ТНБ приведений на рис. 24. На масивному і жорсткому корпусі товщиноміру змонтований вимірювальний механізм 2, що представляє собою індикатор годинникового типу.

Корпусу надана зігнута форма, що дозволяє проводити вимірювання товщини аркуша паперу чи картону на відстані не більше 70 чи 200 мм від краю аркуша – в залежності від вигину корпусу товщиноміра.

На нижній частині тяги закріплена верхня п'ята 5, над якою розташований вантаж 4. Тяга переміщується вгору за допомогою важеля 7. В основі корпусу жорстко закріплена нижня п'ята 6, яка співосна з верхньою. Для обмеження підйому верхньої п'яти служить поворотний ексцентрик 3.

Товщиноміром індикаторним можна користуватися для вимірювання товщини окремих аркушів, якщо допуски товщини не менше ± 10 мкм.

Для визначення товщини паперу чи картону вирізають не менше 10 квадратів розміром 10×10 см і вимірюють товщину в двох місцях кожного квадрата. Результат виражають як середнє арифметичне всіх визначень.

Щільність (чи об'ємна маса) також є важливим показником якості паперу. Вона залежить від багатьох чинників: властивостей вихідного напівфабрикату, ступеня млива волокна й ущільнення при каландруванні, проклеювання, наявності наповнювачів.

Щільність паперу широко застосовується як порівняльний показник при зіставленні паперу з однаковою композицією. Підвищення щільності в таких випадках свідчить про поліпшення механічних властивостей, зумовлених кращим сполученням волокон у процесі виробництва паперу.

Щільність паперу обчислюють за формулою:

$$\gamma = \frac{q}{h},$$

де γ - щільність, кг/м³;

q - маса 1 м² паперу, г;

h - товщина паперу, мм.

Отримані результати округляють до 0,01 г/см³.

Для паперу, що не містить наповнювачів, за щільністю можна розрахувати її пористість, використовуючи формулу:

$$V = \left(1 - \frac{\gamma}{1500}\right)100,$$

де V - пористість, %;

γ - щільність паперу, кг/м³;

1500 - щільність целюлози, кг/м³.

Від пористості паперу залежать багато його властивостей, особливо такі, як здатність до фільтрації, здатність до сприйняття типографської фарби, чорнила й ін.

6.4 Визначення опору розриву

Показник опору розриву є найбільш широко розповсюдженою характеристикою паперу на міцність і є надійною ознакою придатності його для тих чи інших цілей.

Опір розриву виражається величиною розривного зусилля в ньютонках з указанням ширини смужки чи показником розривної довжини в метрах (чи кілометрах), тобто такою розрахунковою довжиною смужки паперу, при якій вона, якщо буде вільно підвішена за один кінець, розривається під дією сили власної ваги.

Цей показник дуже умовний і недосконалий, однак він широко прийнятий у практиці світової паперової промисловості.

Опір паперу розриву визначається за допомогою динамометрів різного типу, принцип роботи яких однаковий.

Для розрахунку розривної довжини необхідно мати розривне зусилля, масу і довжину випробуваної смужки паперу.

Виходячи з визначення поняття розривної довжини, її можна визначати за формулою Гойера:

$$L = \frac{P \cdot l}{p},$$

де L - розривна довжина, м;

l - довжина смужки, м;

P - розривне зусилля, Н (гс);

p - маса випробуваної смужки, г.

та формулою Гартига:

$$L = \frac{P}{q \cdot b},$$

де L - розривна довжина, м;

P - розривне зусилля, Н (гс);

q - маса 1 м^2 , г ; b - ширина смужки, м.

Розривна машина РМБ-30-2М приведена на рис. 25.

Розривна машина складається з маятникового силовимірювача, механізму виміру подовження і регульованого електропривода з магнітним підсилювачем.

Маятник 6, призначений для навантаження випробуваного зразка, підвішений на шарикоподшипниках в верхній частині стійки-косинця 23. До короткого плеча маятника на ланцюжку підвішений верхній затискач 14. На довгому кінці маятника встановлені храповики 5, які фіксують його положення в момент розриву випробуваного зразка, показчик 4 для відліку величини розривного зусилля, шкала 9 для відліку подовження зразка й арретир маятника 22. На довгому плечі маятника встановлений і зафіксований штифтом змінний вантаж 3.

При закріпленні випробуваного зразка положення маятника фіксують арретиром, а верхній затискач - гвинтом 13.

Нижній затискач 18 змонтований на важелі 16, що може повертатися у вертикальній площині. При підйомі тубуса в крайнє верхнє положення важіль 16 повертається, замикаючи контакти електродвигуна.

На лінійці 15 встановлений упор 17, положення якого фіксується гвинтом з накаткою. Пластина з вузлом нижнього затискача закріплена на висувному стрижні 19, що за допомогою конічного штифта 20 фіксується в тубусі 21. Наявність семи отворів в стрижні 19 дозволяє установлювати відстань між затискачами, рівну 0; 10; 50; 100; 150; 180 і 200 мм.

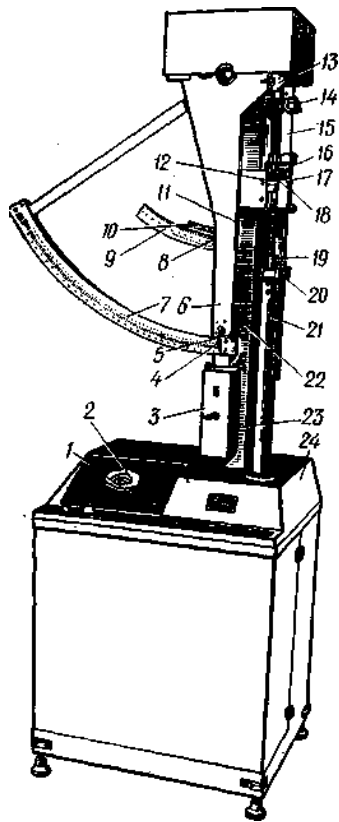
При руйнуванні випробуваного зразка відбувається миттєве вимикання електродвигуна і зупинка нижнього затискача внаслідок розмикання контактів 12.

Для визначення величини розтягнення випробуваного зразка в момент його руйнування передбачений маятник подовження 11. На довгому його плечі встановлений ноніус 10 для відліку абсолютного подовження зразка і стрілка 8, яка вказує його відносне подовження.

Зусилля, при якому відбувається руйнування зразка, відраховується по двохпоясній шкалі 7.

Привід машини складається з електродвигуна постійного струму, черв'ячної і гвинтової пар, магнітного підсилювача й електричного блоку. Привід поміщений у тумбі 24. Він забезпечує плавне регулювання швидкості опускання нижнього затискача в широких межах. Підйом нижнього затискача прискорений незалежно від величини встановленої робочої швидкості.

Органи керування роботою машини розташовані на пульті 1. Напруга на електричну частину машини подається при включенні тумблера. Опущення нижнього затискача, його зупинка при необхідності в процесі випробування і повернення у вихідне верхнє положення відбуваються після натискання кнопок, позначених написами «Вниз», «Стоп», «Вгору».



**Рисунок 25-
Динамометр
РМБ-30-2М для
визначення опору
паперу на розрив**

Установка необхідної швидкості опущення нижнього затискача здійснюється за допомогою рукоятки 2.

Випробуванню піддають не менше п'яти смужок паперу в машинному напрямку і п'яти в поперечному. Випробуванню піддається кожна смужка окремо. Відстань між затискачами встановлюється 180 мм для випробування промислових зразків паперу і 100 мм для паперу, виготовленого в лабораторії, а також для целюлозних відливків. Довжина смужок, з урахування припуску для закріплення в затискачах, повинна бути 220...230 мм чи відповідно 140...150 мм. Ширина смужок у всіх випадках повинна бути $15 \pm 0,15$ мм.

Випробування виконуються в такій послідовності. Установлюють необхідну відстань між затискачами шляхом закріплення видвижного стрижня з поділками на відповідній відмітці. На маятник машини установлюють відповідний вантаж. По шкалі швидкостей визначають необхідну швидкість опущення нижнього затискача. Ручку тумблера переводять у положення «Вкл», при цьому запалюється сигнальна лампочка. Закріплюють у затискачах випробуваний зразок у злегка натягнутому стані, спостерігаючи, щоб не було його перекосу. Звільняють верхній затискач і маятник зусилля. Натискають кнопку «Вниз». При цьому нижній затискач опуститься вниз і відбудеться навантаження випробуваного зразка. У момент розриву зразка нижній затискач автоматично зупиняється, а положення маятника фіксується храповиком.

Записують показання по шкалі розривного зусилля і подовження. При натисканні кнопки «Вгору» нижній затискач повертається у вихідне положення. Притримуючи маятник, натискають на храповики, повертають його у вихідне положення і фіксують. За допомогою гвинта фіксують положення верхнього затискача.

Зрізують залишки розірваної смужки бритвою чи гострим ножем біля самої основи затискачів, відкладають їх убік і зберігають до закінчення дослідів. Послабляють верхній і нижній затискачі і виймають кінці смужки,

що залишилися в затискачах. Після цього апарат готовий для наступного випробування. Якщо смужка при випробуванні розривається біля самого затискача чи всередині нього, це вказує на неправильне закріплення смужки і дослід необхідно повторити з новою смужкою паперу. Дослід можна вважати проведеним правильно, якщо смужка розірвалася на відстані не менше 1 см від затискачів.

Зважують усі разом відкладені розірвані смужки паперу (п'ять у машинному і п'ять у поперечному напрямках) з точністю до 0,0001 г і визначають середню масу однієї смужки.

Результати випробувань записують у таблицю і розраховують середні значення розривного зусилля і подовження в машинному, поперечному і в середньому по двох напрямках. Потім по приведених вище формулах розраховують розривну довжину, округляючи до цілих десятків.

Розрахунок розривної довжини паперу по формулі Гартига більш точний, тому що в нього входить маса смужок, що піддавалися випробуванню, а по формулі Гойера підрахунок ведеться по масі 1 м² паперу. Тому при контрольних випробуваннях користуються формулою Гартига.

6.5 Визначення опору зламу

Однією з основних властивостей паперу є здатність його протистояти багаторазовому згину. Показник опору зламу найбільш важливий для паперу, що при використанні піддається частому згинанню, наприклад грошовий, картографічний, обгортковий й ін. Опір зламу характеризується числом подвійних перегинів на 180°, що витримуються папером до моменту розриву, при натягу його з зусиллям 10 Н (1 кгс).

На показник опору паперу зламу впливає ряд факторів: швидкість і рівномірність обертання маховика при випробуванні, вологість повітря і паперу; маса 1 м² і композиція паперу; ступінь млива паперової маси; наявність проклеювання.

Опір зламу паперу визначають методом вимірювання числа подвійних перегинів на апараті типу І-1-2 (фальцер Шоппера). Загальний вигляд апарата приведений на рис. 26. Принцип його роботи показаний на рис. 27.

Апарат складається зі станини 11 з укріпленими на ній колонками 2, на які поміщені патрони зі спіральним пружинами усередині. Пружини закінчуються з одного кінця затискачами 4, а з іншого шайбами для

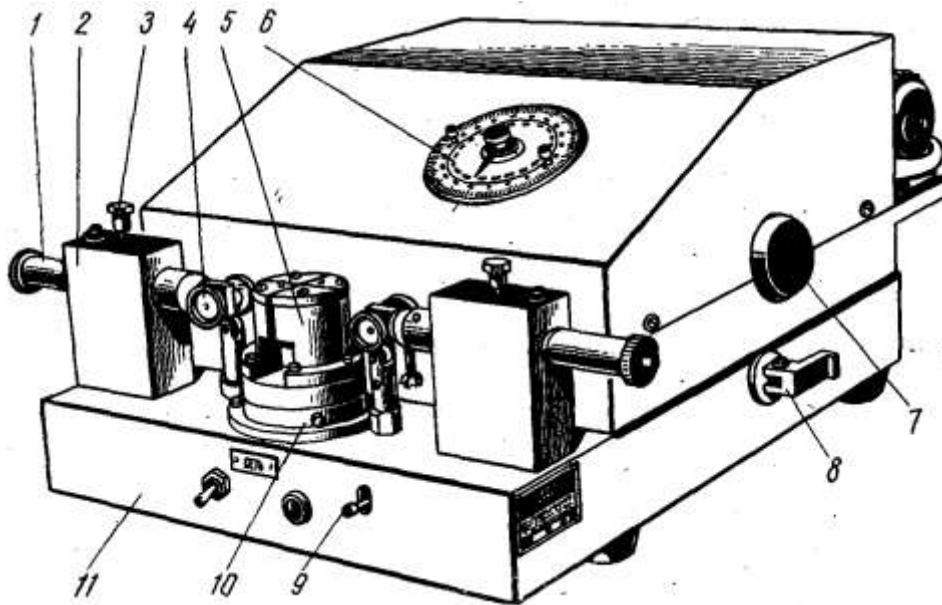


Рисунок 26 - Апарат І-1-2 для визначення числа подвійних перегинів

регулювання натягу пружин. Штифти 3 служать для закріплення патрона при відводі його убік при натягу пружин перед початком випробування. Для згинання паперу служить пристосування 5, змонтоване на підставці 10, яке складається з двох пар металевих роликів, між якими утворюється рівнобіжна щілина. У цій щілині знаходиться сталевая пластинка з вертикальним прорізом, у яку вставляється смужка паперу, що досліджується.

Пластинка укріплена на повзуні, що рухається за допомогою шатуна, з'єднаного з валом колеса. До нього за допомогою гвинтової передачі приєднується лічильник числа обертів 6. За один оберт колеса зразок паперу піддається одному подвійному перегину, отже, лічильник показує число подвійних перегинів.

Поперек станини проходить штанга, яка закінчується на одному кінці вимикачем 8, інший кінець її входить у заглиблення колеса, щоб закріпити

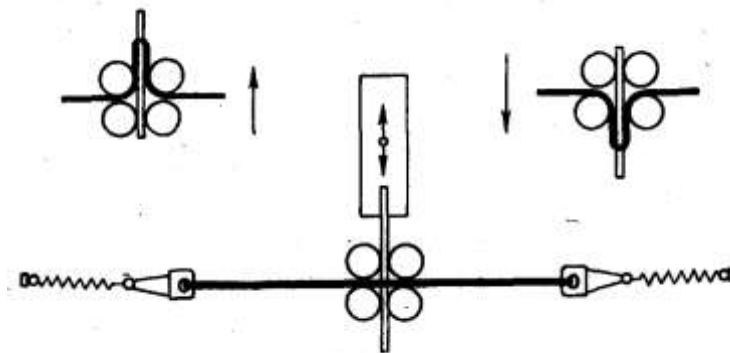


Рисунок 27 - Схема дії апарата І-1-2

його в тому положенні, коли проріз сталевий пластинки знаходиться на одній лінії з центральними крапками обох затискачів.

Перед початком випробування апарат встановлюють у нульове положення в такий спосіб. Замикають колесо, повертаючи вимикач від себе й обережно обертаючи колесо рукою 7 до стопорення. Піднімають нагору голівки штифтів 3 для спуску пружин і встановлюють стрілки лічильника на «О». Вставляють випробувану смужку паперу шириною 15 мм і довжиною 100 мм у проріз згинаючого пристрою 5.

Кінці смужки обережно і надійно закріплюють у затискачах 4 гвинтами. Після закріплення смужки в затискачах натягають пружини, відводячи убік патрони до заціпання штифтів 3. Після цього випробування смужка паперу знаходиться під натягом пружин 10 Н

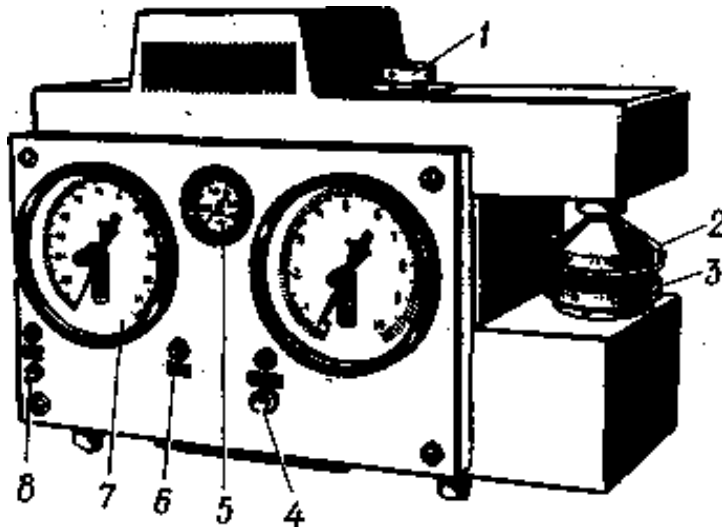
(1 кгс). Підключають лічильник 6 до валу колеса, піднімаючи важіль 9 нагору, при цьому включається електродвигун. Після розриву смужки лічильник автоматично відключається незалежно від подальшого обертання колеса. Записують показання лічильника, замикають колесо за допомогою вимикача, відпускають пружини, піднімаючи голівки штифтів, послабляють гвинти затискачів і виймають за кінці обидві частини розірваної смужки паперу. Установлюють стрілки лічильника на «О» і апарат готовий для проведення наступного випробування. Випробуванню піддають п'ять смужок у машинному і п'ять у поперечному напрямку.

Результати випробувань записують у вигляді таблиці і розраховують середні значення для машинного, поперечного і середнього по двох напрямках. Отримані результати округляють у залежності від виду паперу до цілих чисел чи десятків.

4.5 Визначення опору продавлюванню

Опір паперу продавлюванню є одним з основних показників міцності паперу, хоча і є чисто емпіричним критерієм.

Опір паперу продавлюванню дорівнює максимальному тиску, що витримує безпосередньо перед розривом зразок паперу у формі кружка діаметром $30,5 \pm 0,025$ мм. Метод визначення опору паперу продавлюванню оснований на вимірюванні гідростатичного тиску, необхідного для продавлювання затиснутого по окружності зразка паперу при поступовому рівномірному підвищенні гідравлічного тиску, і вимірюванні його в момент руйнування зразка.



**Рисунок 28- Апарат ПР-1 для визначення
опору продавлюванню**

Для визначення опору паперу продавлюванню використовується діафрагмовий гідравлічний апарат ПР-1 (типу Мюллена) чи ПГБ (рис.28).

Прилад працює автоматично від натискання кнопки 4 «Випробування». При цьому відбувається послідовно притискання зразка, його продавлювання, реверс і зупинка двигуна. Розмір зразків-70×70 мм. Після натискання кнопки «Випробування» вводити руку всередину зони випробування строго забороняється.

Для проведення досліджень установлюють контрольні стрілки вимірників тиску 7 на нульову відмітку шкали і включають прилад тумблером 8. Установлюють зразок між камерою 3 з мембраною, що продавлює, і притискним дзвоном 2. Натискають кнопку 4 «Випробування» і над нею загорається сигнальна лампочка. Після руйнування зразка лампочка гасне. Записують показання вимірників тиску й обертанням проти часової стрілки встановлюють контрольні стрілки на нульову відмітку шкали.

Регулювання тиску притискання зразка здійснюється ручкою 1 і вказується на манометрі 5. При загорянні лампочки 6 «Відмова» необхідно виключити прилад і усунути несправності.

При випробуванні паперу, у якого опір продавлюванню менше нижньої межі шкали манометра, одночасно потрібно продавлювати не один, а кілька аркушів. Необхідно використовувати мінімальну кількість випробуваних аркушів, при якому сумарний опір продавлюванню буде перевищувати нижню межу. Аркуші укладають таким чином, щоб верхня сторона одного була звернена до сіткової сторони іншого і щоб машинний напрямок у них був рівнобіжним.

Роблять не менше п'яти випробувань зі зразком, зверненим верхньою стороною до гумової діафрагми, і не менше п'яти зі зразком, зверненим сітковою стороною до гумової діафрагми.

Результат випробувань записують у таблицю і розраховують абсолютний і відносний опір продавлюванню за формулами:

$$P_1 = \frac{P_B + P_C}{2};$$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot 100}{q},$$

де P_1 - абсолютний опір продавлюванню, Па;

P_2 - відносний опір продавлюванню, Па;

P_B і P_C - опір продавлюванню відповідно для верхньої і сіткової сторін, Па;

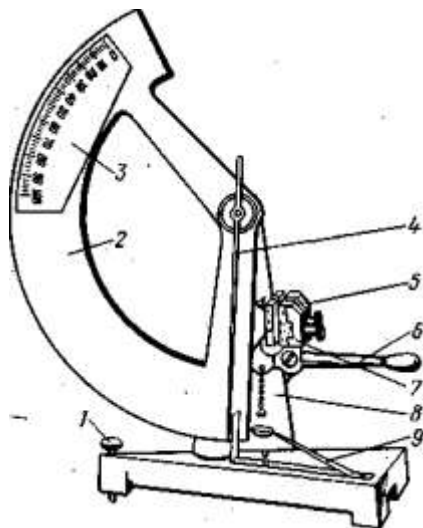
q - маса 1 м² паперу, м.

4.6 Визначення опору роздиранню

Опір паперу роздиранню — це зусилля в Н (гс), необхідне для роздирання попередньо надрізаного зразка паперу.

Опір паперу роздиранню визначається на приладі Р-1 (типу Ельмендорфа), чи РБ (рис. 29). Дія приладу основана на принципі падаючого маятника.

Апарат Р-1 складається з маятника, що коливається, у формі сегмента і встановленого в кулькових підшипниках на горизонтальній осі. Коли маятник піднятий на відому висоту, він має деякий запас потенційної енергії, рівний добутку висоти підняття на масу маятника.



**Рисунок 29 - Апарат Р-1
для визначення опору
паперу роздиранню**

Якщо розмах маятника затримати яким-небудь опором, наприклад силою, потрібною для роздирання паперу, маятник піднімається по іншу сторону вертикалі на меншу висоту. Різниця у висоті підняття маятника буде вказувати на зусилля, необхідне для роздиранню паперу.

Таким чином, принцип випробування паперу на цьому приладі полягає у визначенні величини роботи, витраченої на роздирання паперу на визначену довжину, рахуючи від кінця початкового надрізу, зробленого укріпленням на приладі ножом.

На станині 8 укріплений нерухомий затискач 5 для випробуваного паперу і хитний на кулькових підшипниках сегмент 2 із другим рухливим затискачем 7. На сегменті укріплена шкала 3 з поділками в грамах чи у ньютонках. Шкала на сегменті займає приблизно 50° його дуги. На осі встановлене кільце зі стрілкою 4. Перед випробуванням маятник знаходиться в піднятому стані й утримується в цьому положенні

гальмовою пружиною 9, що служить одночасно і для гальмування маятника після розриву випробуваного зразка. На станині укріплений ніж 6 для надрізання випробуваних зразків.

Перед випробуванням паперу перевіряють нульове положення апарата. Для цього звільняють сегмент натисканням гальмової пружини і, не відпускаючи її, перевіряють, чи збігається червона риска, нанесена посередині маятника, із краєм гальмової пружини. Якщо збігу немає, то домагаються його за допомогою зрівняльного гвинта 1. Потім заводять сегмент уліво до упору його краю в гальмівну пружину і ставлять стрілку у вертикальне положення. Натискають гальмівну пружину, звільняючи сегмент, і він робить коливальний рух (2...3 хитання), після чого цей сегмент пригальмовують пружиною. Якщо апарат установлений правильно, то стрілка повинна показувати «О» на шкалі, якщо ж ні, то за допомогою урівнювального гвинта 1 апарат установлюють так, щоб при новому хитанні сегмента одержати на шкалі нульове показання стрілки.

Перевіривши нульове положення апарата, заводять сегмент вліво до зупинки, при цьому обидва затискачі будуть знаходитися поряд (із проміжком між ними близько 2...3 мм), а щілини їх будуть розташовані на одній лінії. Вставляють у затискачі зразки випробуваного паперу. Зразки повинні мати ширину $63 \pm 0,5$ мм і довжину 75 ± 1 мм.

Вставлені зразки надрізають ножом. Останній повинний бути встановлений так, щоб після надрізу зразка довжина частини, що роздирається, складала $43 \pm 0,5$ мм. Потім натисканням на гальмівну пружину опускають маятник, який при падінні роздирає смужки паперу. Після 2...3 хитань маятника його гальмують за допомогою гальмівної пружини і після повної зупинки маятника відраховують показання стрілки на шкалі приладу. Обривки паперу з рухливого затискача викидають, а смужки зразків пересувають у затискачах для наступного випробування. Число зразків, що піддаються одночасному випробуванню, встановлюється для окремих видів паперу в залежності від його міцності, а також від типу приладу (з одним чи двома надрізами).

Визначення опору роздиранню проводять у машинному і поперечному напрямках окремо.

Опір роздиранню E , (мН) обчислюють за формулою:

$$E = \frac{eK}{n},$$

де e - середнє арифметичне показань по шкалі приладу;

K - ціна поділки шкали приладу, мН (гс);

n - кількість зразків, що роздираються одночасно.

Відносний опір роздиранню (E_0 , мН), приведений до маси паперу площею 1 м^2 100 г, обчислюють за формулою:

$$E_0 = \frac{E100}{q},$$

де q - маса 1 м² паперу, г.

Результат випробування округляють до 10 мН (1 гс) при опорі роздиранню до 1000 мН (100 гс) і 50 мН (5 гс) при опорі роздиранню вище 1000 мН (100 гс).

Показник опору роздиранню є важливим для таких видів паперу, які у процесі їхнього використання можуть піддаватися надриву. До таких видів паперу належать мішковий, кабельний, пакувальний, креслярський прозорий й ін.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Диагностические признаки древесины и целлюлозных волокон: Атлас / Под ред. Г.М. Козубова и Н.П. Зотовой-Спановской.-Петрозаводск, 1976.- 149 с.
2. Диагностические признаки недревесных растительных и химических волокон / Под ред. Н.П. Зотовой-Спановской.-М.: Лесн. пром-сть, 1981.- 119 с.
3. Пузырев С.С. Современная технология механической массы. т.2. Механическая масса из щепы. - С.-Петербург, 1996. - 236 с.
4. Пузырев С.С. Современная технология механической массы. т.1.Дефибрерная древесная масса, полученная под давлением.- С.-Петербург, 1995. -70 с.
5. Примаков С.Ф., Миловзоров В.П., Кухникова М.С., Царенко И.М. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству.-М.: Лесн.пром-сть, 1980.- 168 с.

ЗМІСТ

	Вступ	3
1	Мікроскопічне дослідження деревини	3
	1.1 Загальні відомості	3
	1.2 Будова мікроскопа	4
	1.3 Робота з мікроскопом	5
	1.4 Приготування препарату	5
	1.5 Замальовка препарату	6
	1.6 Анатомічна будова деревини	6
	1.7 Мікроскопічна будова хвойної деревини	10
	1.8 Мікроскопічна будова листяної деревини	12
	1.9 Ультраструктура клітинної стінки волокна	14
2	Мікроскопічне дослідження рослинних волокон	16
	2.1 Визначення роду (виду) волокон	16
	2.2 Целюлоза хвойна	16
	2.3 Целюлоза листяна	17
	2.4 Целюлоза солом'яна	20
	2.5 Дефібрерна деревна маса (біла)	21
	2.6 Деревна маса термомеханічна	23
	2.7 Хіміко-термомеханічна маса	24
3	Аналіз деревних трісок	24
	3.1 Визначення розмірів трісок	25
	3.2 Визначення фракційного складу трісок	25
	3.3 Визначення вологості трісок	26
	3.4 Визначення вмісту кори в трісках	26
	3.5 Визначення в трісках вмісту деревини листяних та хвойних порід	27
4	Розмелювання целюлози	27
	4.1 Загальні відомості	27
	4.2 Контроль процесу розмелювання	30
	4.2.1 Визначення середньої довжини волокна	31
	4.2.2 Визначення ступеня млива	32
5	Виготовлення відливків паперу	33
6	Фізико-механічні випробування паперу	38
	6.1 Підготовка зразків паперу до випробування	38
	6.2 Визначення вологості і зольності паперу	39
	6.3 Визначення маси 1 м ² , товщини і щільності паперу	40
	6.4 Визначення опору розриву	42
	6.5 Визначення опору зламу	45
	6.6 Визначення опору продавлювання	47
	6.7 Визначення опору роздиранню	49
	Перелік посилань	51

