

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт  
з курсу**

**«ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ  
ВИРОБНИЦТВ З ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ»**

для студентів спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110  
«Хімічні технології переробки деревини  
та рослинної сировини»



Київ  
2012



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт  
з курсу**

**«ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ  
ВИРОБНИЦТВ З ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ»**

для студентів спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110  
«Хімічні технології переробки деревини  
та рослинної сировини»

Затверджено Методичною радою ІХФ НТУУ «КП»

Київ  
2012

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія, обладнання і проектування виробництв з переробки рослинної сировини» для студентів спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110 «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини» / Укл. О.М. Мовчанюк. – К. : ТОВ МП «Ресзбертех», 2012. – 42 с.

*Гриф надано Методичною радою ІХФ НТУУ «КПІ»*

*(Протокол № 7 від 27.02.2012 р.)*

Укладач: *Мовчанюк Ольга Михайлівна, к.т.н., доцент*

Відповідальний  
редактор: *Гомеля Микола Дмитрович, д.т.н., професор*

## ВСТУП

Дисципліна "Технологія, обладнання і проектування виробництв з переробки рослинної сировини" відноситься до групи нормативних дисциплін для підготовки спеціалістів та магістрів за спеціальностями 7.05130110 та 8.05130110 – „Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини” і входить до циклу професійної та практичної підготовки.

Метою виконання лабораторних робіт з курсу "Технологія, обладнання і проектування виробництв з переробки рослинної сировини" є допомогти студентам закріпити теоретичні основи курсу, познайомитися з деякими видами паперу та картону з макулатури, особливостями приготування макулатурної маси для їх виробництва, оволодіти сучасними методами контролю їх якості.

В ході виконання лабораторних робіт студенти також набувають навичок виконання науково-дослідних робіт з обраної спеціальності, вміння аналізувати отримані результати та робити висновки.

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.

## **1. ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВТОРИННОГО ВОЛОКНА У ПОРІВНЯННІ З ПЕРВИННИМ**

**Мета роботи:** визначити особливості макулатурного волокна у порівнянні з целюлозним.

У залежності від технічних вимог, які висуваються до різних сортів паперу, до їх складу може входити один чи кілька видів волокон й у різному співвідношенні. Склад паперу по виду волокна прийнято називати його композицією. При дослідженні композиції паперу визначають природу волокна і співвідношення кожного виду у відсотках.

Якісний і кількісний склад паперу по волокну визначають шляхом мікроскопічного дослідження препаратів, отриманих із зразків паперу, які потрібно проаналізувати. Кількісне визначення вимагає певних навичок в приготуванні препарату, знань мікроструктури волокнистих матеріалів і забарвлення, що набувається ними, при дії різних реактивів.

Кількісний склад паперу визначають методом підрахунку в полі зору мікроскопа числа волокон кожного виду матеріалу. Цей метод дуже важкий при наявності волокон, що різко відрізняються по довжині і ширині, при наявності дріб'язку, фібрил, пучків волокон. Цим методом важко також визначати композицію зразка, до складу якого входить деревна маса, солом'яна целюлоза, целюлоза з листяних порід деревини.

При мікроскопічному дослідженні зразків паперу чи картону для установлення виду волокнистих матеріалів, які входять до їх складу, середню пробу варто відбирати з п'яти аркушів зразка, з яких нарізають п'ять смужок шириною 15 і довжиною 200 мм. Усі смужки, складені разом, занурюють у пробірку з дистильованою водою чи з зазначеним далі розчинником у залежності від виду досліджуваного зразка і ступеня його обробки речовинами, що проклеюють.

### **1.1. Підготовка зразків макулатури**

Підготовка зразків до досліджень полягає у видаленні з паперу і картону речовин, що проклеюють, наповняють, просочують, покривних речовин та приготуванні препаратів волокон для забарвлення реактивами.

Зразки паперу і картону в залежності від їхнього виду і властивостей обробляють водою чи розчинами, при цьому після кожної обробки зразок диспергують або за допомогою препарувальної голки розщеплюють на окремі волокна. Якщо зразок розпадається на волокна, то приступають до приготування препарату; якщо розщепити зразок не вдається, то продовжують обробку іншими розчинами. Перед обробкою препарату спеціальними реактивами волокна ретельно промивають дистильованою

водою від хімікатів і розчинників і диспергують.

#### ***1.1.1. Підготовка макулатури без поверхневого покриття***

Відібрані для дослідження зразки обробляють одним із способів: замочують і кип'ятять протягом 5 хвилин у дистильованій воді в хімічній склянці, періодично помішують, потім диспергують; якщо після кип'ятіння у воді зразок важко розділити на волокна, його кип'ятять протягом 5 хвилин у 1,0%-му розчині гідроксиду натрію, періодично помішують. Волокна фільтрують через скляний фільтр, промивають дистильованою водою і диспергують.

#### ***1.1.2. Підготовка паперу і картону з поверхневим покриттям***

Відібрані для дослідів зразки кип'ятять протягом 5 хвилин у 0,5%-му розчині кальцинованої соди чи в 0,1%-му розчині гідроксиду натрію й обережно змивають у дистильованій воді покривний шар, потім обробляють послідовно три рази по 10 хвилин чотирихлористим вуглецем, після чого кип'ятять протягом 5 хвилин у 1%-му розчині гідроксиду натрію, промивають дистильованою водою і диспергують.

#### ***1.1.3. Підготовка паперу і картону зі спеціальними покриттями, що містять латекси***

Відібрані для дослідів зразки екстрагують диметилформамідом протягом 2...6 годин в апараті Сокслета, після чого висушують на повітрі і кип'ятять у воді або в 1%-му розчині гідроксиду натрію 5 хвилин, потім промивають водою і диспергують.

#### ***1.1.4. Підготовка паперу і картону, оброблених бітумом***

Відібрані для дослідів зразки екстрагують у чотирьохлористому вуглеці чи хлороформі в апараті Сокслета доти, поки неодноразово змінюваний розчин не буде залишатися прозорим, потім промивають водою і диспергують.

#### ***1.1.5. Підготовка паперу і картону, оброблених поліетиленіміном, меламіновою чи сечовиноформальдегідною смолами***

Відібрані для дослідів зразки обробляють протягом 15 хвилин етиловим спиртом і висушують на повітрі, потім кип'ятять протягом 20 хвилин у 5%-му розчині сірчаноокислого алюмінію, промивають, кип'ятять

протягом 5 хвилин у 1,0%-му розчині гідроксиду натрію, промивають дистильованою водою, потім кип'ятять протягом 5 хвилин у 0,1%-му розчині соляної кислоти, знову промивають дистильованою водою і диспергують.

#### **1.1.6. Підготовка пергаменту**

Відібрані для дослідів зразки обробляють 6,5%-им розчином марганцевокислого калію протягом 1 години, потім розчин зливають, зразок добре промивають дистильованою водою й обробляють 5%-ою щавлевою кислотою протягом 1...2 хвилин, після чого знову промивають водою і диспергують.

#### **1.1.7. Підготовка забарвлених зразків**

Відібрані зразки обробляють до повного чи часткового знебарвлення при кімнатній температурі одним з нижчеперелічених розчинів, що дають найбільший ефект знебарвлення:

*2%-им розчином пероксиду водню;*

*3%-им розчином хлорного вапна;*

*етиловим спиртом;*

*ацетоном;*

*5%-им розчином аміаку;*

*10%-ті розчином оцтової кислоти;*

*0,1%-им розчином соляної кислоти.*

Обробку ведуть доти, поки неодноразово змінюваний розчин не буде залишатися прозорим. Потім зразок промивають дистильованою водою і диспергують.

При аналізі багатошарового картону розділяють його на шари і кожен шар аналізують окремо.

#### **1.2. Підготовка препаратів волокон до забарвлення**

З підготовлених зразків макулатури препарати волокон для забарвлення готують із суспензії чи з відфільтрованого шару волокна.

Предметні і покривні стекла перед приготуванням препарату ретельно миють теплою водою і протирають 50%-им спиртом. Для утримання волокнистої суспензії на чистому предметному склі олівцем для скла окреслюють квадратну ділянку розміром, що трохи перевищує розміри покривного скла.

### ***1.2.1 Приготування препарату із суспензії волокна***

Половину диспергованих зразків розбавляють дистильованою водою в хімічній склянці приблизно до концентрації 0,05 %. За допомогою скляної трубки з внутрішнім діаметром не менше 5 мм переносять 0,5 см суспензії на предметне скло. Підсушують препарат на гарячій пластині чи у термостаті, на електроплитці з азбестовою сіткою, на слабкому вогні при температурі 50...60 °С. Після охолодження наносять відповідний реактив і накривають препарат покривним склом, уникаючи утворення повітряних пухирців. Препарат залишають на 1...2 хвилини, потім надлишок розчину реактиву видаляють промокальним папером.

### ***1.2.2. Приготування препарату з відфільтрованого шару волокна***

Через сито чи скляний фільтр відфільтровують половину диспергованого зразка. Відфільтрований шар волокна переносять на предметне скло, яке поміщають у закриту чашку Петрі на весь період досліджень. Невелику кількість відфільтрованого шару волокон переносять на предметне скло і промокальним папером видаляють надлишок води. Наносять реактив, препарувальними голками рівномірно розподіляють волокна, добиваючись оптимальної щільності препарату, потім препарат накривають предметним склом. Надлишок розчину видаляють фільтрувальним папером, намагаючись не зрушувати покривне скло й уникаючи скупчення волокон [1].

## **1.3. Проведення дослідів**

Предметне скло з забарвленими волокнами поміщають на столик мікроскопа і розглядають при збільшенні 70 чи 120х при визначенні груп, підгруп, видів волокон і способу варіння по виникаючих забарвленнях і збільшенні 200 чи 500х при визначенні виду волокон за морфологічними ознаками.

Препарати розглядають при постійному освітленні: при денному розсіяному світлі чи застосовуючи настільний освітлювач марки ОІ-19 із синім світлофільтром, щоб уникнути одержання неправильного відтінку забарвлення волокон.

## **1.4. Визначення кількісного співвідношення волокон у папері та картоні**

Препарат переміщують на предметному столику до тих пір, поки центр перехрестя окуляра не збіжиться з верхнім кутом покривного скла.

Потім предметне скло повільно переміщують по горизонталі і підраховують кількість волокон окремо для кожного виду, що пройшли під перехрестям. Після підрахунку усіх волокон на лінії препарат переміщують по вертикалі на 3...5 мм і встановлюють на новій лінії і потім знову рахують волокна кожного виду. Підрахунок проводять по 4...5 лініям, на яких повинно бути близько 300 волокон. Аналізують не менше двох препаратів, тобто близько 600 волокон.

Незалежно від довжини волокно підраховують стільки разів, скільки воно проходить через центр перехрестя. У скупченнях, що знаходяться під перехрестям, підраховують усі волокна. Якщо перехрестя переміщається уздовж волокна, то останнє підраховують один раз. Волокна, видимі в полі зору, але не пройшли під перехрестям, не враховують.

Не беруть до уваги дуже дрібні частки волокон, не враховують великі фрагменти, такі як розщеплені, розрубані волокна; при наявності двох чи трьох таких фрагментів на одній лінії їх вважають за одне волокно. Для целюлози з листяних порід деревини й однорічних рослин підраховують волокна, судини і великі паренхимні клітини. При наявності значної кількості дрібних паренхимних клітин кожні чотири клітини того самого виду, виявлені на одній лінії, вважають за одне ціле волокно.

Для деревної маси в пучках підраховують кожне волокно по мірі того, як воно проходить під перехрестям.

Кількість волокон кожного типу визначають у відсотках від загального числа підрахованих в усьому препараті волокон.

Масову частку кожного виду волокон (X) у відсотках обчислюють за формулою:

$$X = \frac{100 \cdot f_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^m f_i \cdot n_i},$$

де  $f_i$  — коефіцієнт переводу;

$n_i$  — загальна кількість волокон кожного виду.

За результат досліджень приймають середнє арифметичне результатів двох рівнобіжних визначень. Результат округляють до цілого числа.

Точність методу дорівнює  $\pm 5\%$  при довірчій імовірності 0,95.

Якщо розбіжність між рівнобіжними визначеннями перевищує  $\pm 5\%$ , то необхідно додатково приготувати і дослідити один чи більше препаратів. Коефіцієнти переводу для різного виду волокон приведені в табл.1.

**Таблиця 1. Коефіцієнти переводу для волокон різного виду**

| <i>Волокна</i>                         | <i>Коефіцієнт переводу</i> |
|----------------------------------------|----------------------------|
| текстильні                             | 1,0                        |
| хвойної целюлози                       | 0,9                        |
| листяної целюлози                      | 0,6                        |
| целюлози однорічних рослин             | 0,55                       |
| дефібрерної і рафінерної деревної маси | 1,5                        |
| термомеханічної деревної маси          | 1,4                        |

Приклад розрахунку відсоткового співвідношення мас волокон у композиції паперу при кількісному аналізі двох препаратів:

| <i>Підраховано волокон, шт</i> | <i>В 1-му препараті</i> | <i>В 2-му препараті</i> |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Дефібрерної деревної маси      | 100                     | 90                      |
| Хвойної целюлози               | 100                     | 110                     |
| Листяної целюлози              | 100                     | 90                      |

Після перемноження кількості волокон на перевідні коефіцієнти (вказані у дужках) отримують значення для

|                                          |     |     |
|------------------------------------------|-----|-----|
| Дефібрерної деревної маси (1,5)          | 150 | 135 |
| Хвойної целюлози (0,9)                   | 90  | 99  |
| Листяної целюлози (0,6)                  | 60  | 54  |
| Сумарна кількість одиниць маси препарату | 300 | 288 |

За приведеною вище формулою визначають кількість волокон кожного виду в %:

|                           | 1 препарат                         | 2 препарат                         | Середнє |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| Дефібрерної деревної маси | $\frac{150 \cdot 100}{300} = 50,0$ | $\frac{135 \cdot 100}{288} = 46,9$ | 48,5    |
| Хвойної целюлози          | $\frac{90 \cdot 100}{300} = 30,0$  | $\frac{99 \cdot 100}{288} = 34,4$  | 32,2    |
| Листяної целюлози         | $\frac{60 \cdot 100}{300} = 20,0$  | $\frac{54 \cdot 100}{288} = 18,7$  | 19,3    |

## 2. ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗРАЗКІВ ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ

**2.1. Приготування макулатурної маси механічним способом з заданими характеристиками із марок макулатури середньої якості (групи Б) для виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування.**

**Мета роботи:** навчитися виготовляти лабораторні зразки паперу для гофрування з макулатури заданої якості, визначати його основні характеристики.

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 відливі погано формуються у папір.

Розмелювання волокон здійснюється в апаратах різного типу. Принцип роботи всіх їх приблизно однаковий і полягає в тому, що водно - волокниста 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 2,7.10<sup>-10</sup> 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.1. 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  $K_{\text{сух}}$  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.

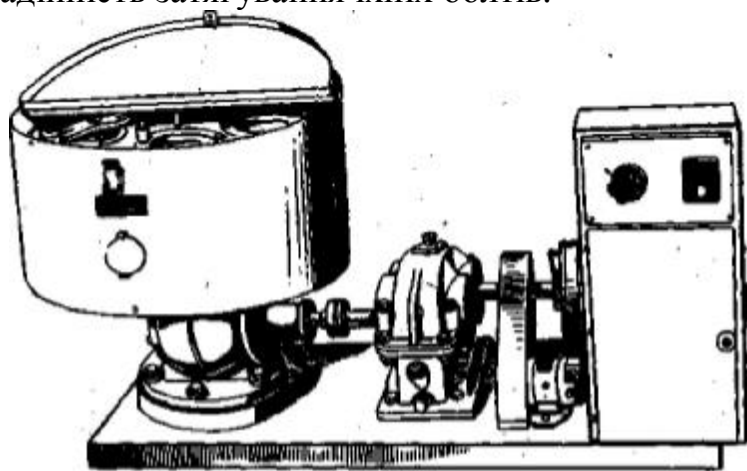


Рис. 1 - Центробіжний розмелювальний апарат

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. 2). 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.

**Розпуск та розмелювання в лабораторному розмелювальному комплексі ЛКР-1.** Лабораторний розмелювальний комплекс ЛКР-1 призначений для розпуску і розмелювання волокнистих матеріалів (30-150 г абсолютно сухого матеріалу) в лабораторіях НДІ, навчальних закладах і підприємствах целюлозно-паперового виробництва. Може також використовуватися для виготовлення суспензії із неорганічних матеріалів (барвників, пігментів та інше).

Дозволяє моделювати виробничі процеси розпуску та розмелювання, не має недоліків, характерних для ролів і відцентрових розмелювальних апаратів, які використовуються на даний час.

ЛКР-1 володіє більш широкими технологічними можливостями і наступними перевагами перед наявними розмелювальними апаратами:

металоємність і енергоємність нижче в 2-3 рази;

тривалість розпуску і розмелювання скорочується в 2-4 рази;

витрати на ремонт і обслуговування нижче в 4-5 разів;

в апаратах не використовуються дефіцитні кольорові метали, такі як бронза;

можливість керування процесом розмелювання по навантаженні.

В склад лабораторного розмелювального комплексу ЛКР-1 входять: гідронодрібнювач ЛГ-3, млин НДМ-3 в блочному виконанні і пульт керування.

Конструктивною особливістю цього апарата являється відсутність комунікацій для транспортування маси. Розпуск та розмелювання волокнистого напівфабрикату здійснюють в робочій ємкості.

## ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

### Гідророзбивач ЛГ-3

Потужність двигуна, кВт.....0,55

Частота обертання ротора, с-1.....22,8

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Місткість бака, л.....    | 3      |
| Концентрація маси, %..... | 2-5    |
| Час розпуску, хв.....     | 5 - 10 |
| Діаметр ротора, мм.....   | 100    |

### **Млин-НДМ-3**

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| Потужність двигуна, кВт.....           | 0,75  |
| Частота обертання ротора, с-1 .....    | 22,8  |
| Місткість бака, л.....                 | 3     |
| Концентрація маси, %.....              | 2-5   |
| Час розмелювання до 60 од. ШР, хв..... | 20-40 |
| Діаметр гарнітури, мм.....             | 100   |

### **Пульт керування**

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Габаритні розміри, мм..... | 430 x 430 x 900 |
| Маса, кг.....              | 30,0            |

### **Порядок роботи**

1. Оглянути установку - переконатися, що сторонні предмети відсутні на робочому місці, перевірити надійність кріплення гідроподрібнювача і млина стопорними гвинтами; закріпити гідроподрібнювач і млин у вертикальному положенні блокувальним пристроєм.

2. Установити проміжок між дисками гарнітури 2 мм ( від нульового зазору 1 оберт штурвала проти годинникової стрілки ).

3. Переконатися у справності пускорегулюючої апаратури - перевірити роботу гідроподрібнювача і млина при холостому ході.

4. Підготувати зважений сухий напівфабрикат, залити його водою для набрякання в спеціальному посуді.

Час набрякання - 25 хвилин.

Концентрація волокнистої суспензії повинна бути в межах 2-5 %.

Оптимальна концентрація маси - 4 %.

5. Залити в ємність гідроподрібнювача 2/3 від об'єму води з посуду для

набрякання, закрити кришкою. Включити привід гідроподрібнювача. Через отвір у кришці робити завантаження напівфабрикату рівномірно, невеликими порціями. Час розпуску 15 хв.

6. Вивантажити волокнисту суспензію в посуд, не допускаючи її втрат, щоб уникнути зміни концентрації.

7. Завантажити в млин суспензію, закрити кришкою, включити привід млина і проводити розмелювання маси протягом 3 хв. Без притиску дисків гарнітури (проміжок 2 мм).

8. Зробити притиск дисків гарнітури млина через обертання штурвала за годинниковою стрілкою. Установити визначений проміжок по шкалі. Стежити за навантаженням на амперметрі. Робити розмелювання до потрібного градусу помелу у визначеному режимі.

9. Для проміжного добору проб розняти диски гарнітури млина через обертання штурвала проти годинникової стрілки на 1/4 оберту, вимкнути млин

10. Продовжити розмелювання маси до заданого градуса помелу, установити колишній проміжок ( або навантаження ).

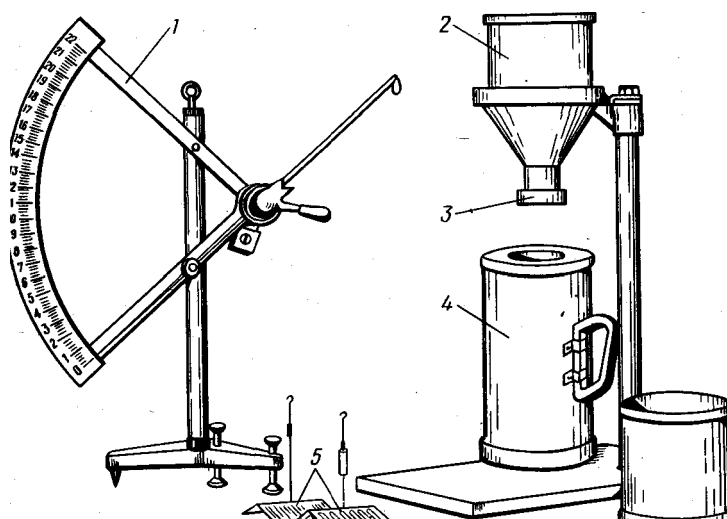
11. По закінченні розмелювання розняти диски гарнітури, вимкнути млин, вивантажити масу, ретельно промити ємність гідроподрібнювача і млина, не допускаючи попадання води на електричний двигун.

## **2.2. Визначення основних властивостей макулатурної маси після технологічних процесів її приготування**

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.

### **2.2.1. Визначення середньої довжини волокна**

Апарат СДВ (рис. 2) 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.



**Рис. 2. 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 3 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, зануливши рамку в кухоль із суспензією.

За табл. 2 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 2. Залежність між масним показником і довжиною волокна**

| 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                 |

### 2.2.2. Визначення ступеня млива

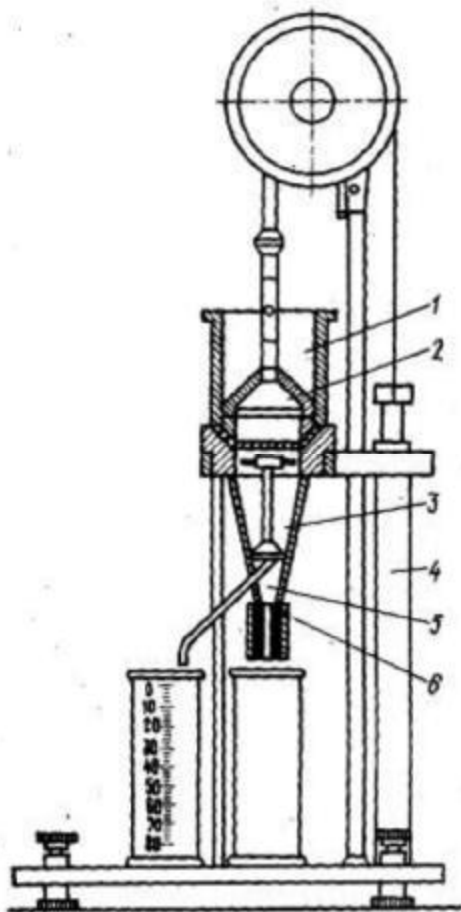


Рис. 3 - Прилад СР-2

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-Ріглера, який зображений на рис. 3. 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 млива вода настільки повільно стікає, що майже вся проходить через центральний вузький отвір в іншу посудину. Ступінь млива виражають в умовних градусах ОШР (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 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 °С. Підвищення температури на 1°С знижує показник ступеня млива на 0,46° ШР.

Прилад СР-2 має недолік: він малочутливий в низькій (8...16°ШР) і у високій (85...90°ШР) областях помелу маси [2].

### **2.3. Виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування різних марок заданої маси 1 м<sup>2</sup> і композиційного складу з використанням хімічних допоміжних речовин**

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/см<sup>2</sup>.

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±5°С 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.

Приклад. Потрібно виготовити 10 відливків целюлози масою 75±1 г/м<sup>2</sup>.

Площа відливків, які отримують на листовідливному апараті, складає 0,0314 м<sup>2</sup>.

Маса одного відливка повинна бути 75.0,0314=2,355 г.

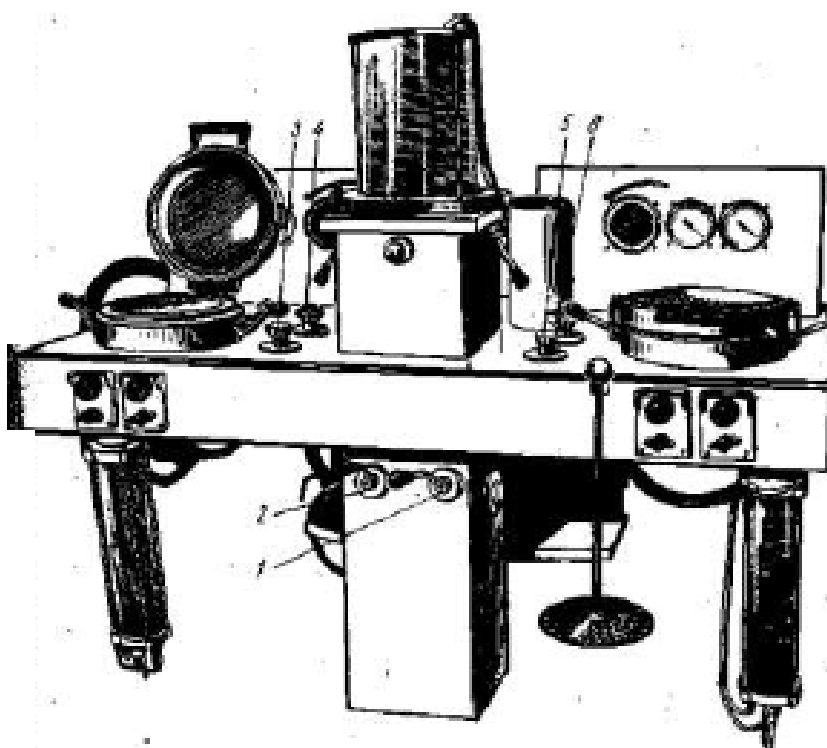
У 10 відливках міститься волокна 2,355.10=23,55 г

При концентрації розмеленої маси 4%, необхідно відібрати маси:

$$\frac{13,55 \cdot 100}{4} = 589 \text{ мл}$$

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

На рис. 4 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.



**Рис. 4. 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 приведенням 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 відливого 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 «З», а поліетиленову плівку витягають з відливого 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 відливого 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 «З», 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, відливок на сітці додатково зневоднюють вакуумом протягом 10 секунд, для чого кран 1 переводять у положення «З», а кран 6 — у положення «О». У вакуумній камері відливого пристрою створюється розрідження 26,6 кПа (200 мм рт. ст.).

Картонний лист масою 200 г/м (чи сукно) точно накладають на мокрий відливок. Обтягнутий фетром валик під власною масою прокочують по картону (сукну). Потім листовідливну сітку знімають з опорних ґрат відливого пристрою й у переверненому положенні поміщають у сушильну камеру. Відливок 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 «З». Плавно відкривають конічну заглушку в корпусі сушильної камери, відкривають замок і відкидають кришку.

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

Якщо сушіння відбувається не одночасно з 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 «З». У корпусі сушильної камери плавно відкривають конічну заглушку, замок відкривають і сухий відливочник витягають із сушильної камери. Закладають наступний мокрий лист, і весь процес сушіння відливка повторюється.

Якщо відливочник сушать на відливочній сітці, алюмінієве кільце витягують і на його місце вкладають відливочну сітку з відливочником і картонним листом (сукном). Далі операції аналогічні викладеним вище.

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

## **2.4. Випробування лабораторних зразків паперу для гофрування**

**Мета роботи:** навчитися визначати показники якості паперу для гофрування, передбачені ГОСТ 7377-85.

### **2.4.1. Підготовка зразків паперу до випробування**

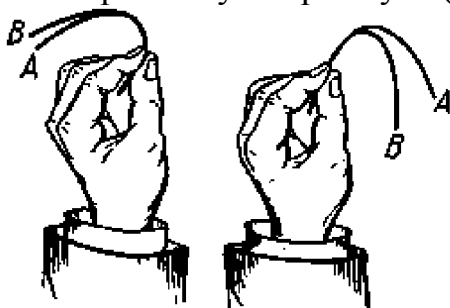
Для проведення фізико-механічних випробувань необхідно взяти не менше п'яти зразків, вирізаних спеціальним шаблоном розміром 40х40 см з кожного аркуша відібраної середньої проби паперу і скласти їх так, щоб усі вони лежали верхньою поверхнею в одну сторону (нагору) і щоб збігався їх машинний напрям, 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 слабка - 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. 5).



**Рис. 5 - Визначення машинного і поперечного напрямків 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.

#### 2.4.2. Визначення маси 1 м<sup>2</sup> і товщини паперу

**Прилади і пристосування:** ваги з точністю зважування до четвертого знака після коми; товщиномір індикаторного типу, металева лінійка, ножиці, шаблон для вирізання зразків розміром 10 x 10 см.

**Маса 1 м<sup>2</sup> паперу,** визначена в стандартних умовах, виражена в грамах, є найбільш розповсюдженим показником якості паперу.

Маса 1 м паперу є характеристикою, що дає можливість порівнювати між собою за масою різні види паперу незалежно від їхнього формату. Визначення маси 1 м базується на зважуванні випробуваного зразка паперу визначеного розміру з наступним перерахуванням отриманого значення на масу 1 м<sup>2</sup>. Результат визначення маси 1 м<sup>2</sup> виражається в грамах.

**Методика і порядок виконання роботи.** Випробуванням піддають не менше 10 зразків паперу, вирізаних по одному з кожного аркуша проби за допомогою металевого шаблону 200x250 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. Зважують з точністю до четвертого знака після коми.

Після вимірювання зразки зважують і визначають середню масу одного аркуша. Маса 1 м<sup>2</sup> паперу обчислюють за формулою, г:

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

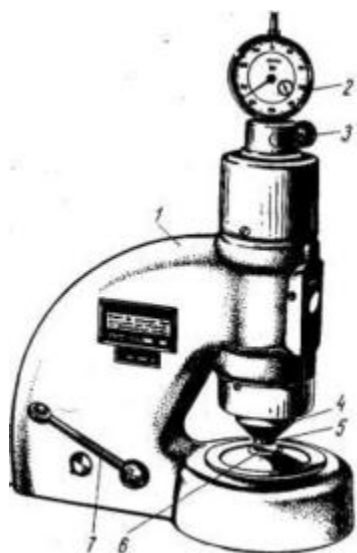
де P<sub>1</sub>, - середня маса одного аркуша, г;

S - площа аркуша, см<sup>2</sup>.

Результат виражають середнім арифметичним з усіх визначень.

Метод визначення **товщини паперу** ґрунтується на вимірюванні цього показника при питомому тиску вимірювального приладу на папір у 0,1 МПа і величині вимірюваної площі 2 см<sup>2</sup>. 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. 6. 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.

**Рис. 6. Товщиномір індикаторний ТНБ**

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  $\pm 10$  мкм.

Для визначення товщини паперу вирізають не менше 10 квадратів розміром 10x10 см і вимірюють товщину в двох місцях кожного квадрата. Результат виражають як середнє арифметичне всіх визначень.

**Методика і порядок виконання роботи.** Для визначення товщини використовується той же зразок, що і в попередній роботі. Товщина вимірюється за допомогою товщиноміра індикаторного типу, ціна поділки якого становить 0,01 мм. Для цього зразок поміщається на вимірювальний майданчик 1 приладу і підсовується під вимірювальну кульку 2 (шкала приладу 3 попередньо виставляється на нульову позначку лімбом 4). Значення товщини картону знімається з точністю до 0,005 мм.

Вимірювання проводять в п'яти точках зразка (у кутах і центрі), а потім розраховують середнє арифметичне значення товщини  $\delta_{\text{ср}}$  і оцінюють рівномірність картону по товщині  $\Delta\delta$ , користуючись такими формулами:

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^5 \delta_i}{5}; \quad (1)$$

$$\Delta\delta = \delta_{\text{max}} - \delta_{\text{min}}, \quad (2)$$

де  $\delta_i$  – значення  $i$ -го вимірювання товщини, мм;

$\delta_{\text{max}}$  і  $\delta_{\text{min}}$  – максимальне і мінімальне значення товщини, мм.

Отримані значення заносять в таблицю 5. Якщо рівномірність по товщині не перевищує 3 %, то картон є каліброваним по товщині.

Результати вимірювань і розрахунків з визначення маси 1 м<sup>2</sup> і товщини паперу заносять у табл. 3.

**Таблиця 3. Результати визначення маси  $1 \text{ м}^2$  і товщини**

| Маса<br>$1 \text{ м}^2$ , г | Товщина $\delta_{\text{ср}}$ ,<br>мм | Рівномірність по<br>товщині $\Delta\delta$ , % |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
|                             |                                      |                                                |

**Питання для самоконтролю**

1. Які марки паперу для гофрування Ви знаєте?
2. Для яких цілей використовується папір для гофрування?
3. Що характеризує коефіцієнт гофрування і як він визначається?
4. Як розрізняються за показниками якості різні види паперу?

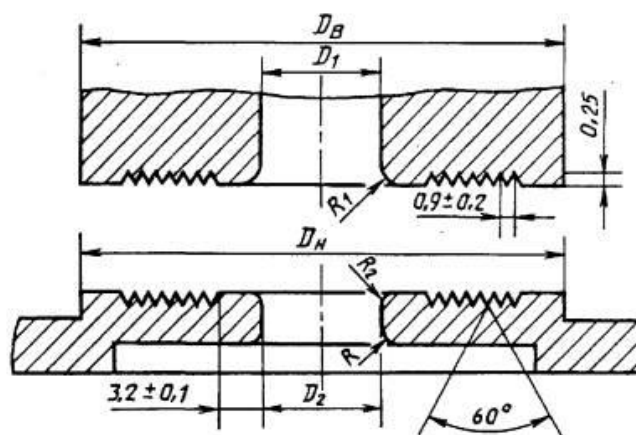
Кондиціонування зразків паперу для гофрування перед випробуванням та випробування проводять при температурі повітря  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря  $(65 \pm 2)\%$ . Тривалість кондиціонування – не менше 2 год.

**2.4.3. Визначення опору продавлюванню**

Суть методу полягає у створенні плавно наростаючого гідравлічного тиску, що діє через гумову діафрагму на поверхню одного боку затиснутого по кільцю зразка, і визначенні значення тиску, при якому зразок руйнується.

**Апаратура**

Для випробування застосовується гідравлічний прилад з електроприводом, що відповідає вимогам, зазначеним на рис. 7 та у табл. 4 і 5.



**Рис. 7. Розміри гідравлічного пристрою**

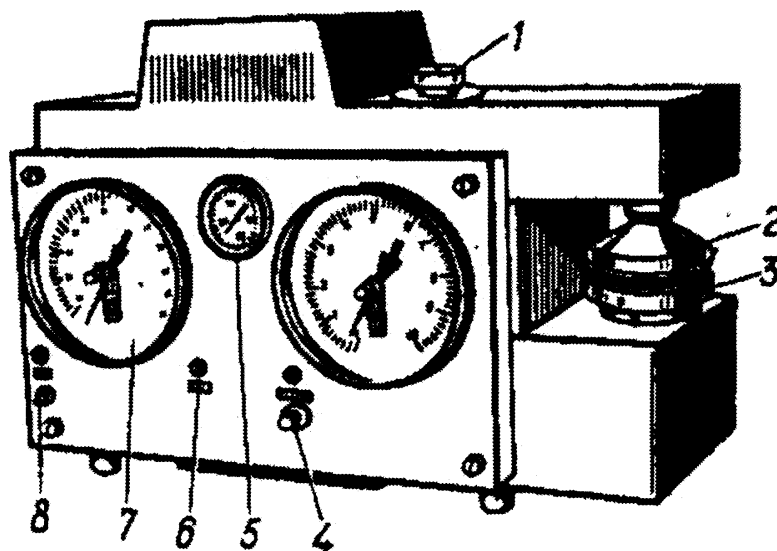
**Таблиця 4. Норми розмірів гідравлічного пристрою для вимірювання опору продавлюванню паперу**

| Найменування розміру                                                              | Норма, мм        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Зовнішній діаметр верхнього притискного кільця – $D_v$ , не менше                 | 96               |
| Зовнішній діаметр нижнього притискного кільця – $D_n$ , не менше                  | 96               |
| Діаметр отвору верхнього притискного кільця – $D_1$                               | $31,50 \pm 0,05$ |
| Діаметр отвору нижнього притискного кільця – $D_2$                                | $31,50 \pm 0,05$ |
| Радіус закруглення нижньої кромки отвору нижнього кільця (з боку діафрагми) – $R$ | $4,00 \pm 0,05$  |
| Радіус закруглення кромки отвору верхнього кільця (з боку зразка) – $R_1$         | $0,60 \pm 0,05$  |
| Радіус закруглення верхньої кромки отвору нижнього кільця (з боку зразка) – $R_2$ | $0,40 \pm 0,05$  |

**Таблиця 5. Параметри приладу для вимірювання опору продавлюванню паперу**

| Найменування технічних характеристик                                                  | Параметри приладу |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Максимальна межа виміру манометрів, кПа                                               | 6000              |
| Ціна поділки шкали, кПа, не більше                                                    | 50                |
| Тиск, що необхідний для забезпечення стріли випинання діафрагми (без зразка), кПа:    | –                 |
| $(9,0 \pm 0,5)$ мм                                                                    | –                 |
| $(10,0 \pm 0,5)$ мм                                                                   | $195 \pm 25$      |
| $(14,0 \pm 0,5)$ мм                                                                   | $250 \pm 40$      |
| $(18,0 \pm 0,5)$ мм                                                                   | $300 \pm 50$      |
| Зусилля притиску зразка, Н, не менше                                                  | 5000              |
| Об'ємна швидкість прокачування рідини в нагнітальному насосі, $\text{см}^3/\text{хв}$ | $170 \pm 15$      |

Примітка. Допускається використання приладів з манометрами, що мають інші границі вимірювання, а також приладів з електронними датчиками.



**Рис. 8. Апарат ПР-1 для визначення опору продавлювання:**

1 – регулятор тиску притиску; 2 – притискний дзвін; 3 – камера з мембраною, яка продавлює; 4 – кнопка “Випробування”; 5 – манометр; 6 – сигнальна лампочка; 7 – контрольна стрілка вимірників тиску; 8 – тумблер включення

Діафрагма, що передає тиск на випробуваний зразок, виготовляється з еластичної гуми, яка здатна рівномірно відновлюватися після деформації в умовах багаторазових навантажень. Матеріал і форма діафрагми забезпечують розміри стріли випинання, зазначені в табл. 5.

Затискаючий пристрій відповідно до рис. 7 і табл. 5 забезпечує надійне і рівномірне закріплення випробуваного зразка без пошкодження і повністю виключають його ковзання під час випробування.

Затискаючі поверхні притискних кілець плоскі й паралельні між собою і мають спіральні або концентричні канавки V-подібного перетину, як зазначено на рисунку 8.

Зусилля притиску має відповідати значенню, вказаному у табл. 5. Для гофрованого картону зусилля притиску повинно бути таким, щоб зразок не ковзав і плоскі шари не деформувалися.

Для вимірювання тиску в системі притиску застосовуються манометри з класом точності 0,6. Вони забезпечуються контрольними стрілками.

На приладі типу ПГК для випробування картону тиск у системі притиску має бути не менше 3200 кПа.

Гідравлічна система приладу заповнена дистильованим гліцерином. Швидкість подачі рідини під діафрагму рівномірна і відповідає наведений в табл. 9. Бульбашки повітря в гідравлічній системі не допускаються. Автоматичний пристрій припиняє подачу рідини в момент розриву зразка.

### ***Проведення випробування***

Зразок, без зморшок і пошкоджень, поміщають на нижнє притискне кільце приладу так, щоб перекривалася вся поверхня кільця. Закріплюють зразок у притискному пристрої випробуванням боком вниз і поступово підвищують гідравлічний тиск до руйнування зразка. Проводять по п'ять визначень на кожній стороні.

Відлік показань манометра проводять з точністю до 1 поділки шкали. Вимірювана величина повинна знаходитися в межах від 25 до 75 % максимального значення шкали, але не виходити за межі від 15 до 85 % повного градування.

### ***Оброблення результатів***

Абсолютний опір продавлюванню  $P_o$ , кПа, обчислюють за формулою

$$P_o = \frac{\sum p_i}{n},$$

де  $\sum p_i$  – сума показань манометра для всіх випробувань, кПа;

$n$  – кількість виконаних випробувань.

За остаточний результат випробування приймають середнє арифметичне результатів усіх випробувань для обох сторін. Результати випробування округлюють до трьох значущих цифр. Відносна похибка визначення опору продавлюванню не перевищує  $\pm 9\%$  за довірчої ймовірності 0,95.

#### **2.4.4. Опору площинному стисненню гофрованого зразка паперу (СМТ<sub>30</sub>)**

Сутність методу полягає у вимірі руйнуючого зусилля при стисненні, що спрямоване перпендикулярно площині гофрованого зразка паперу.

Опір площинному стисненню характеризується наступними величинами:

СМТ<sub>30</sub> — показник опору площинному стиску, якщо гофровані зразки перед випробуванням кондиціонуються протягом 30 хв;

СМТ<sub>0</sub> — показник опору площинному стиску, якщо гофровані зразки перед випробуванням не кондиціонуються.

### ***Апаратура та матеріали***

Ніж УСГ-3 довжиною  $150 \pm 0,3$  м і шириною  $15 \pm 0,1$  мм для нарізування зразків.

**Прилад УСГ-1-2.** Основними вузлами приладу (рис. 9) є корпус 1, пристрій фіксації балки на опорах, стискальний пристрій, індикатор руйнування зразка 22, блок автоматики 20 і привід.

На вертикальних стінках корпусу 1 змонтовано дві призматичні опори 21 балки 10 і два фіксатори 6, що притискають кінці балки до опор.

На балці встановлено стискальний пристрій, що складається з верхньої плити 8, нижньої плити 9 і напрямних 7. Плити чисті, не облицьовані.

Прилад відповідає таким вимогам:

- робочі поверхні стискальних плит (рис. 10) є плоскими та паралельні одна одній; відхилення від паралельності між площинами плит не перевищує 1:1000 розмірів плит;

- поперечне зміщення плит відносно одна одної під час випробування не перевищує 0,05 мм;

- розміри плит – не менше 100 x 100 мм; висота робочого простору (відстань між плитами) – не менше 50 мм.

Одна із стискальних плит під час випробування рівномірно переміщується у напрямі, перпендикулярному робочим поверхням плит зі швидкістю  $(12,5 \pm 2,5)$  мм/хв. Зусилля, що передається пресовими плитами на зразок (швидкість навантажування) –  $(110 \pm 10)$  Н/с.

Абсолютна похибка вимірювання руйнівного зусилля не перевищує 1 Н. Відносна похибка вимірювання руйнівного зусилля не перевищує 1%.

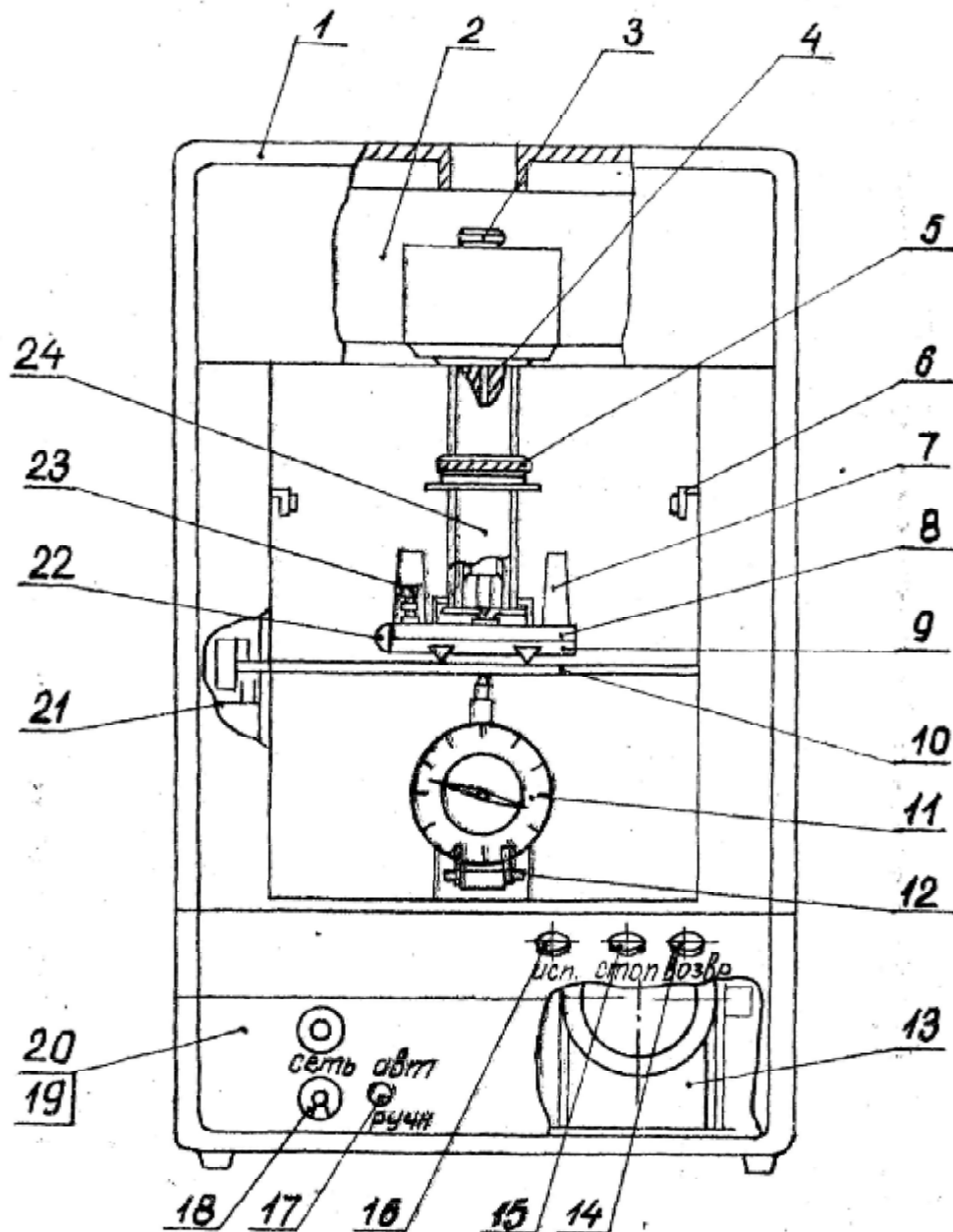
За допомогою двох хомутів, п'яти і стяжки 3 верхня плита зв'язана з ходовим гвинтом 24 (рис. 9). На верхній плиті закріплена планка з гвинтом 23, який може стикатися з важелем індикатора руйнування і викликати його спрацьовування при випробуванні зразка в автоматичному режимі.

Для визначення стріли прогину балки під нею на основі корпусу закріплений індикатор годинникового типу 11 таким чином, що наконечник його вимірювального стрижня стикається з нижньою площиною балки. Положення вимірювального стрижня індикатора годинникового типу при зменшенні навантаження на балку фіксується затискним пристроєм 12.

Основними деталями індикатора руйнування зразка 22 є мікроперемикач, пружина розтягування і важелі, на які діє планка нижньої плити і гвинт 23 планки верхньої плити стискального пристрою.

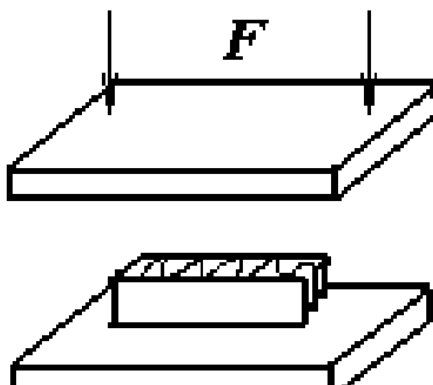
Привід складається з електродвигуна 13, клинопасової передачі і черв'ячного редуктора 2, що переміщує ходовий гвинт 24.

Режим роботи автоматичний при установці тумблера 17 в положення "АВТОМАТИЧ." або ручний при установці його в положення "РУЧН."



**Рис. 9. Схема приладу УСГ-1-2**

1— корпус, 2 — редуктор, 3 — стяжка, 4 — важіль; 5 — гайка; 6 — фіксатор; 7 — напрямні; 8 — верхня плита; 9 — нижня плита; 10 — балка; 11 — індикатор годинникового типу; 12 — затискний пристрій, 13 — електродвигун; 14, 15, 16—кнопки; 17 — тумблер; 18 — тумблер для мережі; 19 — панель керування, 20 — блок автоматики; 21 — опора; 22 — індикатор руйнування зразка, 23 — гвинт, 24 — ходовий гвинт



**Рис. 10. Стискальні плити:**

1 – верхня плита; 2 – нижня плита; 3 – випробуваний зразок

На панелі керування 19, крім тумблера 17, встановлені кнопка 16 для включення електропривода з метою переміщення ходового гвинта вниз при обох режимах роботи, кнопка 15 для відключення електроприводу і кнопка 14 для включення електропривода з метою переміщення ходового гвинта вгору при ручному режимі роботи.

При роботі в автоматичному режимі в момент припинення зростання навантаження при одночасно триваючому зростанні деформації спрацьовує індикатор руйнування, внаслідок чого електропривід автоматично реверсує і ходовий гвинт з верхньою плитою переміщається до заданого верхнього крайнього положення, після чого електропривод автоматично вимикається.

Під балкою встановлено важіль, що діє на мікроперемикач, призначений для включення електропривода в разі відмови індикатора руйнування (в автоматичному режимі роботи) і в разі випробування зразка, міцність якого перевищує верхню межу виміру встановленої балки, тобто коли прогин балки перевищує максимально допустиму величину.

Висота підйому верхньої плити може регулюватися за допомогою гайки 5. При натисканні гайки на важіль 4 електропривод відключається.

### ***Проведення випробування***

#### ***У ручному режимі***

1. Встановлюють тумблер 17 в положення "РУЧН."
2. Вивертають гвинт 23 настроювання індикатора руйнування зразка на 1–2 мм.
3. Переміщають гайку 5 по ходовому гвинту в положення, при якому після натискання на кнопку 14 привід буде відключатися при досягненні необхідної відстані між плитами.
4. Встановлюють випробуваний зразок у центрі нижньої плити. При випробуванні під зразок поміщають шліфувальну шкурку абразивом вгору. Зразок кладуть гофрованим шаром до абразиву.

5. Натискають на кнопку 16.

6. Навантаження зразка здійснюють до моменту втрати стійкості, що характеризує припинення зростання навантаження при одночасно триваючому зростанні деформації. Зафіксоване в цей момент навантаження є критичним і визначає опір стисненню випробуваного зразка. Якщо спостерігається кілька критичних точок, що відповідають послідовній втраті стійкості структурними елементами зразка, за критичне має прийматися максимальне з навантажень.

7. У момент припинення зростання навантаження при одночасно триваючому зростанні деформації натисніть на кнопку 15.

8. Здійснюють відлік показань за шкалою індикатора 11 і звільняють його вимірювальний стрижень шляхом зближення вільних кінців затискного пристрою 12.

9. Натискають на кнопку 14 і після підйому верхньої плити видаляють деформований зразок.

10. Визначають величину навантаження, якій відповідає величина прогину балки, що відлічена за шкалою індикатора 11.

*В автоматичному режимі*

1. Налаштовують індикатор руйнування зразка. Налаштування полягає в установці гвинта 23 у положення, при якому припинення зростання навантаження при одночасно триваючому зростанні деформації збігається з моментом автоматичного реверсування електроприводу. Налаштування здійснюють по одному зразку з серії зразків однієї товщини, що підлягають випробуванню. Для цього роблять наступне:

1.1. Встановлюють тумблер 17 в положення "РУЧН".

1.2. Встановлюють зазначений вище зразок на нижню плиту.

1.3. Натискають на кнопку 16.

1.4. У момент припинення зростання навантаження при одночасно триваючому зростанні деформації натискають на кнопку 15.

1.5. Після включення електропривода опускають гвинт 23 до контакту з планкою верхньої плити і фіксують положення гвинта контргайкою.

1.6. Натискають на кнопку 14 і після підйому верхньої плити видаляють деформований зразок.

1.7. Встановлюють тумблер 17 в положення "АВТОМАТИЧ".

1.8. Натискають на кнопку 16.

1.9. Візуально перевіряють збіг моменту припинення переміщення стрілки індикатора годинникового типу з моментом автоматичного реверсування електроприводу; якщо ці моменти не співпадають, слід змінити положення гвинта 23 і повторити на черговому зразку за методикою, викладеною вище.

2. Переконаються у встановленні тумблера 17 в положення "АВТОМАТИЧ".

3. Натискають на кнопку 16.

4. Після стиснення зразка та автоматичного повернення верхньої плити у верхнє положення роблять відлік показань за шкалою індикатора 11 і звільняють його вимірювальний стрижень шляхом зближення вільних кінців затискного пристрою 12.

**Два відполіровані прямокутні металеві бруски** розміром поперечного перерізу  $(20,0 \pm 0,5) \times (20,0 \pm 0,5)$  мм та довжиною  $(100 \pm 1)$  мм для підтримування випробуваного зразка та забезпечення його перпендикулярного положення по відношенню до поверхні пресових плит.

**Пристосування для нарізання випробуваних зразків** повинно бути обладнано плоскими рівними паралельними лезами, які повинні бути загострені з одного або з двох боків, з фаскою.

Леза з однією фаскою повинні бути змонтовані таким чином, щоб бічні плоскі сторони лез були повернуті одна до одної, тобто всередину. Леза пристосування для нарізання зразків повинні бути відцентровані. Пропонується використовувати леза в пристосуваннях цього типу не більше ніж для п'ятдесяти нарізань між їх заточуваннями.

Для нарізання зразків з гофрованого картону може бути використана високошвидкісна циркулярна пилка, що має дрібні зубці з нерозведеними різальними крайками.

Як пристосування для нарізання випробуваних зразків можуть бути використані ножі НК (ніж для картону) та НГК (ніж для гофрокартону), що відповідають вимогам щодо забезпечення точності нарізання зразків.

Допускається використання інших типів пристосувань для нарізання випробуваних зразків за умови виконання зазначених вимог.

### ***Підготовка зразків до випробування***

Із відібраних аркушів проби вирізають десять зразків прямокутної форми шириною  $(25,0 \pm 0,5)$  мм і довжиною  $(100,0 \pm 0,5)$  мм. Відхилення від паралельності між довгими сторонами зразка не повинно перевищувати 0,1 мм. Зразки нарізають у напрямі, перпендикулярному напрямку дії навантаження, наведеному в нормативній документації на продукцію.

Випробувані зразки гофрованого картону нарізають таким чином, щоб ширина зразків збігалася з напрямком гофрів. Торці випробуваного зразка, що підлягають навантажуванню, повинні мати чистий обріз, бути паралельними між собою та перпендикулярними площині зразка.

Зминання гофрованого шару та крайок зразка, а також інші механічні пошкодження зразка (ум'ятини, рилювання та ін.) не допускаються. Повинна бути максимально забезпечена якість нарізання зразків, оскільки від цього значною мірою залежить результат випробування.

Чистота обрізу визначається візуально. Обрізані крайки зразка не повинні мати вирваних волокон, помітних під час звичайної перевірки в лабораторних умовах.

Площинність, паралельність та перпендикулярність торців визначається таким чином.

Два випробувані зразки розташовують обрізаними торцями на площину так, щоб їхні поверхні майже стикалися. Якщо картон плоский, дві суміжні поверхні повинні бути плоскими і паралельними одна одній.

У випадку випробування покоробленого картону зразки придатні для випробування, якщо вони стоять вертикально на торцях.

Не повинно бути помітного зазору між торцем зразка і гладкою горизонтальною поверхнею під час навантажування на його верхній торець, що дорівнює приблизно 1 Н.

### *Підготовка до випробування*

Гофрований зразок укладають на зубчасту рейку й гребінкою притискають так, щоб зуби гребінки входили в западини зубчастої рейки. Потім вершини гофрів закріплюють липкою стрічкою довжиною близько 130 мм, гребінку обережно виводять убік і витягають зразок з рейки за кінці стрічки.

Зразок для випробування повинен мати десять гофров і 11 ліній склейки липкою стрічкою.

Для визначення показника  $СМТ_{30}$  гофрований зразок перед випробуванням кондиціонують протягом 30—90 хв.

### *Проведення випробування*

Зразок поміщають у центрі нижньої плити машини на шліфувальну шкурку гофрованим шаром до абразиву. Привівши в рух верхню плиту, навантажують зразок до руйнування й знімають показання приладу.

Ураховують результати випробувань зразків, гофрований шар яких роздавлений так, що профіль гофрів залишається симетричним, як показано на рис. 11. Зразки, які роздавлені так, як показано на рис. 12, повинні бути замінені іншими.

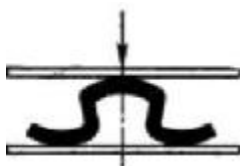


Рис. 11

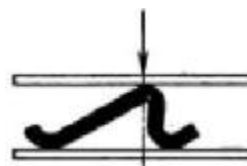


Рис. 12

### Обробка результатів

Опір площинному стисненню паперу для гофрування в Н обчислюють як середнє арифметичне результатів десяти визначень. Результати визначень округляють до 5 Н при опорі площинному стиску до 250 Н і до 10 Н - при опорі площинному стисненню понад 250 Н.

### 2.5. Результати випробувань та розрахунків

У табл. 6 заносять результати випробувань зразків паперу для гофрування на механічну міцність.

**Таблиця 6. Показники якості зразків паперу для гофрування**

| Найменування показника                                                                            | Значення показника | Висновки щодо відповідності нормам ГОСТ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| 1. Абсолютний опір продавлюванню, МПа                                                             |                    | не відповідає нормам                    |
| 2. Опір площинному стисненню гофрованого зразка паперу (СМТ <sub>30</sub> ), кН                   |                    | відповідає нормам для марки Б-1         |
| 3. Опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу (ССТ), кН/м                                 |                    | відповідає нормам для марки Б-3         |
| 4. Питомий опір розривові в машинному напрямку, кН/м                                              |                    | не відповідає нормам                    |
| 5. Поверхнева вбирність води, в середньому по двох сторонах Кобб <sub>30</sub> , г/м <sup>2</sup> |                    | не відповідає нормам                    |

За отриманими значеннями показників якості визначають марку паперу, керуючись даними табл. 4. Наприкінці наводять умовне позначення паперу для гофрування та роблять висновки по роботі.

Приклад умовного позначення паперу марки Б-1 проклеєного масою 125 г/м<sup>2</sup>, шириною рулону 2100 мм, зовнішнім діаметром 1000 мм і діаметром гільзи 75 мм:

***Папір Б-1-К-125-2100/1000/75 ГОСТ 7377-85.***

Норми показників якості паперу для гофрування наведені в табл. 7.

### ***Питання для самоконтролю***

1. За яких умов необхідно проводити кондиціювання зразків гофрокартону перед випробуванням та яка його тривалість?
2. У чому полягає суть визначення опору продавлюванню?
3. Як округлюють значення показника опору продавлюванню?
4. Як готують зразки паперу для гофрування для визначення питомого опору розривові?
5. Який прилад використовують для визначення опору торцевому стисненню гофрованих зразків паперу? Які основні його вузли?
6. У чому полягає суть методу визначення опору площинному стисненню гофрованих зразків паперу?

**Таблиця 7. Норми показників якості паперу для гофрування**

[illegible]

### Продовження табл. 7

[illegible]

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Астратов М.С. Технологія переробки паперу та картону: навчальний посібник. Ч. 1. [для студ. інженерних спеціальностей вищ. навч. закл.] / М.С. Астратов, М.Д. Гомеля, О.М. Мовчанюк. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2007. – 231 с. : іл., табл. – 100 прим. – Бібліогр.: с. 218–228. – ISBN 966-2970-00-2.
2. ГОСТ 7376–89. Картон гофрированный. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 7376–84; введ. 1991–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 20 с.– (Межгосударственный стандарт).
3. ГОСТ 13525.8–86. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения сопротивления продавливанию. – Взамен ГОСТ 13525.8–78; введ. 1988–01–01.– М.: Стандартиформ, 2007. – 8 с. (Межгосударственный стандарт).
4. ДСТУ 3561–97. Картон тарний. Метод визначення опору торцевому стисненню (ГОСТ 20683-97) (ISO 3037-94). – (на заміну ГОСТ 20683-75; чинний від 1999–07–01). – К.: Держстандарт України, 1999. – 22 с. (Національний стандарт України).

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Передмова .....                                                                                                                                                                                      | 3  |
| 1. Визначення особливостей вторинного волокна у порівнянні з первинним.....                                                                                                                          | 4  |
| 1.1. Підготовка зразків макулатури.....                                                                                                                                                              | 4  |
| 1.1.1. Підготовка макулатури без поверхневого покриття...                                                                                                                                            | 5  |
| 1.1.2. Підготовка паперу і картону з поверхневим покриттям                                                                                                                                           | 5  |
| 1.1.3. Підготовка паперу і картону зі спеціальними покриттями, що містять латекси.....                                                                                                               | 5  |
| 1.1.4. Підготовка паперу і картону, оброблених бітумом.....                                                                                                                                          | 5  |
| 1.1.5. Підготовка паперу і картону, оброблених поліетиленіміном, меламіновою чи сечовиноформальдегідною смолами.....                                                                                 | 5  |
| 1.1.6. Підготовка пергаменту.....                                                                                                                                                                    | 6  |
| 1.1.7. Підготовка забарвлених зразків.....                                                                                                                                                           | 6  |
| 1.2. Підготовка препаратів волокон до забарвлення.....                                                                                                                                               | 6  |
| 1.2.1. Приготування препарату із суспензії волокна.....                                                                                                                                              | 7  |
| 1.2.2. Приготування препарату з відфільтрованого шару волокна.....                                                                                                                                   | 7  |
| 1.3. Проведення дослідів.....                                                                                                                                                                        | 7  |
| 1.4. Визначення кількісного співвідношення волокон у папері та картоні.....                                                                                                                          | 7  |
| 2. Виготовлення та випробування лабораторних зразків паперу для гофрування.....                                                                                                                      | 10 |
| 2.1. Приготування макулатурної маси механічним способом з заданими характеристиками із марок макулатури середньої якості (групи Б) для виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування ..... | 10 |
| 2.2. Визначення основних властивостей макулатурної маси після технологічних процесів її приготування .....                                                                                           | 15 |
| 2.2.1. Визначення середньої довжини волокна.....                                                                                                                                                     | 15 |
| 2.2.2. Визначення ступеня млива                                                                                                                                                                      |    |
| 2.3. Виготовлення лабораторних зразків паперу для гофрування різних марок заданої маси 1 м <sup>2</sup> і композиційного складу з використанням хімічних допоміжних речовин .....                    | 18 |
| 2.4. Випробування лабораторних зразків паперу для гофрування                                                                                                                                         | 21 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1. Підготовка зразків паперу до випробування                                 | 21 |
| 2.4.2. Визначення маси 1 м <sup>2</sup> і товщини паперу                         | 22 |
| 2.4.3. Визначення опору продавлюванню                                            | 25 |
| 2.4.4. Опору площинному стисненню гофрованого зразка паперу (СМТ <sub>30</sub> ) | 28 |
| 2.5. Результати випробувань і розрахунків .....                                  | 35 |
| Список літератури                                                                | 39 |
| Зміст                                                                            | 40 |

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія, обладнання і проектування виробництв з переробки рослинної сировини» для студентів спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110 «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини» / Укл. О.М. Мовчанюк. – К. : ТОВ МП «Ресзбертех», 2012. – 42 с.

*Гриф надано Методичною радою ІХФ НТУУ «КПІ»  
(Протокол № 7 від 23.02.2012 р.)*

**На в ч а л ь н е в и д а н н я**  
**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з курсу  
**«ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ**  
**ВИРОБНИЦТВ З ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ»**  
для студентів спеціальностей 7.05130110 та 8.05130110  
«Хімічні технології переробки деревини  
та рослинної сировини»

Укладач: *Мовчанюк Ольга Михайлівна, к.т.н., доцент*

Відповідальний  
редактор: *Гомеля Микола Дмитрович, д.т.н., професор*

Темплан 2012 р., поз. 5

Підп. до друку 12.09.12 р. Формат 60х84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офс. Гарнітура Times.  
Спосіб друку – ризографія. Ум. друк. арк. 3,33. Обл.-вид. арк. 5,02.  
Зам. № 620. Накл. 100 прим.

---

ТОВ МП «Ресзбертех»  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 1 070 120 0000 013668 від 26.02.96 р.  
01133, м. Київ, вул. Кутузова, 18/7



