

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

## Лабораторний практикум

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра  
за освітньою програмою «Технології друкованих і електронних видань»  
спеціальності 186 Видавництво та поліграфія

Укладачі: Т. А. Роїк, Ю. Ю. Майстренко

Електронне мережеве навчальне видання

Київ  
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО  
2024

УДК 655.024:655.3.066:667.773

B27

Укладачі: *Роїк Тетяна Анатоліївна*, д-р техн. наук, проф.  
*Майстренко Юлія Юріївна*, канд. техн. наук, доц.

Рецензент *Палюх О. О.*, д-р техн. наук, проф.  
зав. каф. репрографії, НН ВПІ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор *Киричок Т.Ю.*, доктор технічних наук, професор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 1 від 26.09.2024 р.)  
за поданням вченої ради факультету/навчально-наукового інституту  
(протокол № 11 від 24.06. 2024 р.)*

**Поліграфічні матеріали.** [Електронний ресурс]: лаб. практикум: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Технології друкованих і електронних видань» спец. 186 Видавництво та поліграфія/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т.А. Роїк, Ю.Ю. Майстренко; Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 49 с.

Навчальний посібник охоплює широкий клас основних сучасних матеріалів, що широко застосовується у видавничо-поліграфічних процесах. Розглядаються засади формування складу поліграфічних матеріалів, принципи їх структурної побудови, особливості формування їх властивостей, методи визначення основних характеристик. Посібник містить різнопланову інформацію про стандартні методи визначення основних властивостей поліграфічних матеріалів, наводиться стандартне устаткування для випробувань, розрахункові формули для обчислення характеристик матеріалів видавничо-поліграфічної галузі. Наведений у навчальному посібнику практичний матеріал дозволить мати чіткі уявлення щодо структури, властивостей, обладнання для контролю характеристик якості матеріалів та їх призначення для видавничо-поліграфічних виробництв. Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавра, що навчаються за спеціальністю 186 «Видавництво та поліграфія», і також може бути корисним для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

УДК 655.024:655.3.066:667.773

Реєстр. № НП ХХ/ХХ-ХХХ. Обсяг 2.5 авт. арк.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056. <https://kpi.ua>  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів  
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

## Зміст

<b>Зміст</b> .....	3
<b>Передмова</b> .....	4
<b>Структура і порядок виконання лабораторних робіт</b> .....	5
<b>Правила з техніки безпеки в лабораторії</b> .....	6
<b>Лабораторна робота №1. Контроль якості аркуша паперу (картону).</b> 8	
<b>Визначення розмірів і косості аркуша паперу (картону).</b> .....	
Завдання студенту.....	12
Контрольні питання .....	13
<b>Лабораторна робота №2. Визначення структурних показників паперу (картону). Визначення товщини.</b> .....	13
Завдання студенту .....	17
Контрольні питання .....	17
<b>Лабораторна робота №3. Дослідження структурних властивостей поліграфічних матеріалів. Щільність. Маса 1 м<sup>2</sup>.</b> .....	18
Завдання студенту .....	19
Контрольні питання .....	20
<b>Лабораторна робота №4. Дослідження структурних властивостей поліграфічних матеріалів. Пористість, пухкість.</b> .....	20
Завдання студенту .....	22
Контрольні питання .....	23
<b>Лабораторна робота №5. Дослідження структурних властивостей поліграфічних матеріалів. Гладкість (по Бекку). М'якість.</b> .....	23
Завдання студенту .....	28
Контрольні питання .....	28
<b>Лабораторна робота №6. Дослідження фізико-механічних властивостей паперу і картону. Міцність на згин.</b> .....	29
Завдання студенту .....	33
Контрольні питання .....	33
<b>Лабораторна робота №7. Визначення міцності паперу на розрив та граничного подовження при розтягуванні.</b> .....	34
Завдання студенту .....	38
Контрольні питання .....	39
<b>Лабораторна робота №8. Взаємодія паперу та картону з рідинами.</b> 39	
<b>Визначення всотувальної здатності паперу і картону.</b> .....	
Завдання студенту .....	42
Контрольні питання .....	42
<b>Лабораторна робота №9. Взаємодія паперу та картону з рідинами.</b> 43	
<b>Визначення вбирної здатності паперу і картону.</b> .....	
Завдання студенту .....	46
Контрольні питання.....	47
<b>Вимоги до звіту</b> .....	47
<b>Література</b> .....	47

## Передмова

Параметри якості сучасної друкарської продукції різноманітної номенклатури і призначення безпосередньо залежать від властивостей застосованих вихідних матеріалів, що використовуються для виготовлення готових поліграфічних виробів. Комплекс властивостей означених матеріалів на пряму впливає на формування показників якості готових виробів на всіх етапах додрукарської, друкарської і постдрукарської підготовки.

Дисципліна «Поліграфічні матеріали» охоплює вивчення теоретичних основ формування структури основних матеріалів видавничо-поліграфічної галузі, їх складу, закономірностей змін структури і властивостей у процесах їх виробництва та експлуатації, методів керування складом та структурою для одержання матеріалів з наперед заданими і прогнозованими властивостями, опануванні способів їх контролю та тестування, визначення друкарсько-технічних властивостей, тощо. Дисципліна «Поліграфічні матеріали» систематизує, узагальнює та поглиблює знання студентів з теоретичних аспектів підготовки і використання витратних матеріалів для поліграфічної промисловості, що дозволить використовувати ці знання для самостійного творчого вирішення реальних конкретних завдань з виготовлення поліграфічної продукції. Вона є підґрунтям до виконання дипломних проектів та дисертацій освітньо-кваліфікаційного рівня магістр.

**Мета** дисципліни полягає у формуванні практичних навичок та закріпленні теоретичних знань зі складу, структури і властивостей основних поліграфічних матеріалів, методів контролю і тестування властивостей поліграфічних матеріалів, аналізу і обґрунтуванню одержаних результатів, ролі матеріалів у забезпеченні стабільності друкарських процесів та корегуванні композиційного складу для одержання продукції з наперед заданими властивостями, методологічних підходів до виконання випробувань з використанням сучасного обладнання для визначення характеристик матеріалів для видавничо-поліграфічної галузі.

Застосування знань, набутих у процесі виконання лабораторних робіт розширить технічну ерудицію студентів, аналітичний підхід до визначення

характеристик поліграфічних матеріалів, сприятиме накопиченню професійних навичків, орієнтації у науково-технічній та довідниковій літературі.

### **Структура і порядок виконання лабораторних робіт**

Лабораторні роботи виконуються під безпосереднім керівництвом і контролем викладача у лабораторних приміщеннях.

Загальний порядок виконання лабораторних робіт наступний:

– дотримуватися правил техніки безпеки та охорони праці при виконанні робіт, стежити за чистотою та порядком у лабораторії;

– готуючись до лабораторної роботи, кожен студент повинен ознайомитися зі змістом конкретного завдання, запропонованою методикою здійснення даного процесу, опрацювати теоретичний матеріал, а також порядок і технологічні режими практичного здійснення роботи за навчальним посібником та іншими рекомендованими літературними джерелами;

– перед виконанням роботи студент має співбесіду з викладачем і отримує додаткові поради та вказівки;

– виконуючи лабораторну роботу, студент повинен дотримуватися порядку і методики її здійснення, осмислюючи і аналізуючи як технологічні особливості та якісні можливості, так і явища й фактори, що є в основі цього технологічного процесу і обумовлюють його результати;

– під час виконання лабораторної роботи студент повинен вести необхідні записи, щоб на їх підставі скласти звіт з виконаної роботи.

– звіт з кожної лабораторної роботи рекомендується складати окремо і здавати викладачу в кінці заняття або ж перед виконанням наступної роботи. Він повинен містити: назву роботи, її мету, короткий виклад основних теоретичних положень, хід виконання роботи, експериментальні дані, результати їхньої обробки та висновки. Графіки будують за допомогою пакетів графічних комп'ютерних програм або на міліметровому папері;

– лабораторна робота вважається виконаною і зарахованою, якщо письмовий звіт і відповіді на контрольні запитання прийняв викладач.

## **Правила з техніки безпеки в лабораторії**

Успішне виконання лабораторних робіт в лабораторії можливе лише за умови суворого дотримання встановлених правил роботи, вимог з техніки безпеки. Загальні правила з техніки безпеки наступні:

1. Кожен студент має працювати на закріпленому за ним робочому місці.
2. Робоче місце необхідно зберігати в чистоті та порядку, не захаращувати стіл зайвими предметами, посудом, папером.
3. Не можна працювати в лабораторії одному студенту, за відсутності викладача або лаборанта.
4. Необхідно бути обережним при використанні електрики, не залишати без нагляду увімкнені електроприлади, дотриматись економії електроенергії.
5. Не кидати у водопровідну раковину папір, фільтри, осад з фільтрів, та інші тверді речовини. Їх слід викидати в спеціальні урни.
6. Категорично заборонено зливати в раковини рідкі органічні речовини, вогнебезпечні та отруйні речовини, залишки фарб, лаків, розчинів. Зливати вказані речовини необхідно в призначені для них склянки, які знаходяться у витяжній шафі.
7. Необхідно обережно і акуратно поводитися з посудом, приладами і предметами обладнання.
8. До виконання кожної роботи необхідно приступити лише після дозволу викладача.
9. Категорично заборонено пробувати на смак витратні матеріали і продукти, які отримують в результаті виконання роботи.
10. При нагріванні в пробірках, колбах та інших ємностях рідин або твердих речовин неможна направляти отвір пробірки або відкриту частину пробірки іншого приладу на себе або сусідів – при викиді нагрітої речовини може відбутися нещасний випадок.
11. Не можна нахилитися над сосудом, в якому кипить рідина.

12. Ніколи не слід нюхати будь-які речовини в лабораторії, які виділяють газу, близько нахилиючись до посуду. Нюхати слід здалеку, дещо направляючи повітря рухом руки від посуду до себе.

13. При порізах склом слід видалити осколки скла з рани, ватою, змоченою спиртом, змити кров. Змазати розчином йоду, забинтувати поріз.

14. При гарячих опіках до обпаленого місця необхідно зробити примочку етиловим спиртом або розчином перманганату калію. У випадку більш сильних опіків опалене місце після обробки спиртом покрити маззю від опіків.

15. Всі дослід з леткими речовинами, легкозаймистими слід проводити якомога далі від вогню. При гасінні спирту, ефіру, які загорілися, користуватися піском, ковдрою, вогнегасником.

16. Завершивши роботи і покидаючи робоче місце в лабораторії, слід перевірити чи вимкнені вода та електроенергія.

## Лабораторна робота №1.

### Контроль якості аркуша паперу (картону). Визначення розмірів і косості аркуша паперу (картону)

**Мета роботи:** набуття практичних навичок визначення зовнішніх якісних показників аркушу паперу (картону), як основного матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості виявлення дефектів паперу і картону;
- Набути навички виконання оглядового контролю якості аркушів паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** лінійка вимірювальна металева, штангенциркуль, рулетка вимірювальна металева, ножиці, предметний стіл, зразки паперу та картону.

#### Загальні відомості

Виготовлені виробниками партії паперу (картону), що поступають на поліграфічне підприємство, можуть бути прийняті за даними випробувань, проведених лабораторіями паперових і картонних фабрик або при вхідному контролі видавничо-поліграфічного підприємства.

Однак споживач має право піддати лабораторному аналізу будь-яку партію паперу (картону), що поступила до нього.

Залежно від наявних умов, цей *контроль може бути суцільним або вибірковим*.

У першому випадку контролюється вся поставка матеріалу, а у другому випадку – як окремі партії матеріалу, що доставляється, так і окремі основні технічні показники якості.

*Вибір того чи іншого контролю залежить від призначення паперу і картону, вимог, що висуваються до них, та від умов їх застосування в поліграфії.*

*Огляд зовнішніх якісних показників відібраної на випробування проби паперу (картону) проводиться візуально.*



**Контроль** визначає поведінку паперу і виявляє низку дефектів, що викликають зниження якості друкованої продукції.

До контрольованих параметрів аркуша паперу чи картону належать:

- визначення формату аркуша і ширини рулону;
- визначення косості аркуша.

Відповідно до ДСТУ 3529-97 *косість* паперу – це дефект, що характеризується відхиленням форми аркуша паперу (картону) від прямокутної. Цей стандарт поширюється на папір та картон і встановлює методи визначення розмірів аркушів і рулонів паперу та картону, бобін паперу, а також косості аркушів паперу та картону.

Відбір проб проводиться відповідно до ДСТУ EN ISO 186:2008.

Кондиціонування зразків перед випробуваннями і випробування проводять відповідно до нормативно-технічної документації. Тривалість кондиціонування – відповідно до вимог стандартів на продукцію.

*Сутність методу визначення розмірів аркушів паперу (картону)* полягає у вимірюванні довжини та ширини аркуша.

*Сутність методів визначення косості аркуша паперу (картону)* полягає у визначенні відхилення форми аркуша від прямокутної.

## **Хід роботи**

### ***Підготовка до вимірювання***

1. Вимірювання ширини рулонів паперу (картону) і бобін паперу проводять на аркушах і стрічці, відібраних від рулонів і бобін або, за визначених умов, на всіх відібраних рулонах і бобінах.

2. Визначення розмірів і косості аркуша паперу (картону) проводять на всіх аркушах проби.

3. Під час проведення вимірювань аркуш повинен бути покладений на плоску горизонтальну поверхню і розправлений. За наявності прогину аркуша краї його повинні бути зафіксовані тягарями.

## Методи визначення розмірів аркушу паперу і картону

1. Для вимірювання розмірів аркушів паперу (картону) і ширини рулонів паперу (картону) до 1 м використовують металеву лінійку, понад 1 м – металеву рулетку.

2. Вимірювання ширини і довжини аркушів паперу (картону) здійснюють таким чином, щоб нульова позначка засобу вимірювання була суміщена з краєм аркуша, а шкала збігалася з краєм вимірювального боку.

Для кожного аркуша проводять по одному вимірюванню ширини і довжини.

3. Як результат записують мінімальне і максимальне значення з усіх отриманих вимірювань одиниць продукції.

4. Абсолютна похибка визначення розмірів паперу (картону) з довірчою ймовірністю  $P=0,95$  не повинна перевищувати:

- для розмірів до 1 м – 0,9 мм;
- понад 1 до 2 м – 1,0 мм;
- понад 2 м – 1,1 мм;
- під час вимірювання штангенциркулем – 0,06 мм.

## Методи визначення косості аркуша

### *Метод 1*

Базується метод 1 на вимірюванні довжини діагоналей аркуша і обчисленні косості з урахуванням різниці довжини діагоналей.

Довжину діагоналей аркуша паперу (картону) вимірюють металевою лінійкою або металевою рулеткою. Результат вимірювання представляють цілим числом.

*Абсолютну косість* аркуша паперу (картону)  $K_{абс}$  у міліметрах обчислюють за формулою:

$$K_{абс} = c - d,$$

де  $c$  і  $d$  – довжини діагоналей аркуша, мм.

За результат визначення приймають максимальне значення косої, похибка визначення *абсолютної косої*  $K_{abc}$  з довірчою ймовірністю  $P = 0,95$  не повинна перевищувати :

- для довжини діагоналей аркуша до 1 м – 1, 2 мм;
- понад 1 до 2 м – 1,4 мм;
- понад 2 м – 1,6 мм.

*Відносну косої* аркуша паперу (картону)  $K_{відн}$  у відсотках визначають як відношення абсолютної косої до довжини **більшого** боку аркуша за формулою:

$$K_{відн} = \frac{K_{abc}}{a} \times 100$$

де  $a$  – довжина більшого боку аркуша, мм  
результат округлюють до 0,1 %

### Метод 2

Для визначення *абсолютної косої* аркуша паперу чи картону аркуш ABCD (рис. 1.1а) складають так, щоб збіглись вершини кутів А і Д. Незбіг вершин В і С (В'С рис. 1.1б) свідчить про наявність косої аркуша.

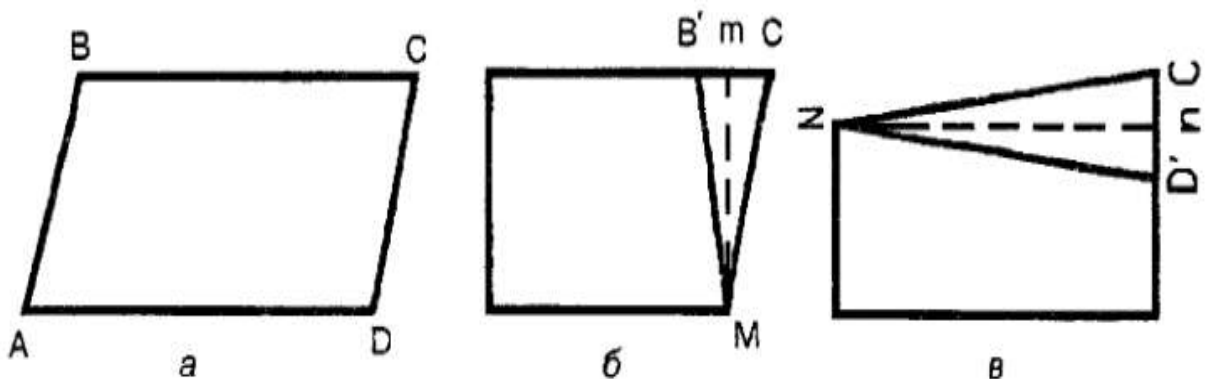


Рисунок 1.1. Визначення косої аркуша паперу і картону

Для визначення *абсолютної косої* аркуша з точки М (суміщення вершин А і Д) за допомогою косинця проводять перпендикуляр Мm до відрізка В'С (рис. 1б). вимірюють довжину відрізків В'С і Мm металевою лінійкою або рулеткою.

Аналогічно визначають косість аркуша паперу, суміщуючи вершини кутів А і В і вимірюючи довжину відрізків Д'С і Nn (рис. 1в).

За результат визначення абсолютної косості аркуша  $K_{абс}$  в міліметрах приймають максимальне значення усіх вимірювань довжини відрізків В'С і Д'С.

Абсолютна похибка визначення  $K_{абс}$  не повинна перевищувати 0,8 мм з довірчою ймовірністю  $P = 0,95$ .

Відносну косість аркуша  $K_{відн}$  у відсотках обчислюють за формулами:

$$K_{відн} = \frac{B'C}{Mm} \times 100,$$

$$K_{відн} = \frac{D'S}{Nn} \times 100$$

За результат приймають максимальне значення отриманих визначень, округлених до 0,1%.

### Завдання студенту

1. Виконати вимірювання і розрахунки. Дані вимірювань і розрахунків занести у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Результати вимірювань і розрахунків.

№	Вид паперу, формат, см, маса 1 м <sup>2</sup>	Номер зразка	Розмір діагоналей зразка, мм	$K_{абс}$	$K_{відн}$	Середнє значення косини, примітки
1	Дизайнерський-фіолетовий (21×29,7), 70 г/м <sup>2</sup>	1	363 та 365			
		2	364 та 364,5			
		3	363,9 та 364			
		4	363,7 та 364,1			
2	Дизайнерський-блакитний (21×29,7), 90 г/м <sup>2</sup>	1	365 та 364,8			
		2	364,7 та 365			
		3	363,9 та 365			
		4	365,1 та 365			
		5	364,8 та 365			
3	Офісний папір (21×29,7), 80 г/м <sup>2</sup>	1	365 та 364,9			
		2	365 та 365			
		3	365 та 364,8			
		4	364,9 та 365			
		5	365 та 365			

4	Папір (420×594)	1	723 та 725			
		2	726 та 724			
		3	725 та 728			
		4	726 та 727			
5	Папір (90×64)	1	115 та 113			
		2	114 та 116			
		3	117 та 114			
		4	113 та 115			
		5	116 та 117			

2. Зробити ґрунтовні висновки щодо наявної косини паперу або картону.

3. Дати відповіді на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

- Які фактори впливають на якість різання паперу (картону)?
- Як впливає точність різання на якість поліграфічної продукції?
- Які вимоги до кондиціонування паперу (картону)?
- Вплив додаткової обробки на якість різання паперу.

### **Лабораторна робота №2.**

#### **Визначення структурних показників паперу (картону).**

#### **Визначення товщини**

**Мета роботи:** набуття практичних навичок визначення такого структурного показнику як товщина паперу (картону), як одного з основних показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення товщини паперу і картону;
- Набути навички визначення та контролю товщини аркушів паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** товщиномір ТІБ або товщиномір Шоппера, лінійка вимірвальна металева, ножиці, предметний стіл, зразки паперу та картону.

### Загальні відомості

Під структурою паперу розуміється її склад, розподіл і орієнтація компонентів по площі і товщині аркуша, характер зв'язків між ними.

Загальне уявлення про будову паперу як фізичного тіла дають *товщина*, *маса квадратного метра*, *щільність* і *пористість*.

*Товщина* є важливим структурним показником паперу і картону як аркушевих матеріалів, від якого залежить якість друкарської продукції.

*Товщина* істотно впливає на багато властивостей будь-якого листового матеріалу.

Зі збільшенням товщини підвищуються міцність, деформація стиснення, знижується прозорість задрукованого матеріалу.

Для визначення рівномірності задрукованого матеріалу по товщині, порівнюють мінімальне і максимальне значення товщини  $\Delta h = h_{\max} - h_{\min}$ . Якщо  $\Delta h$  не перевищує 0,005 мм, то такий задрукований матеріал вважається рівномірним по товщині.

Схема вимірювання товщини паперу чи картону наведена на рис. 2.1.

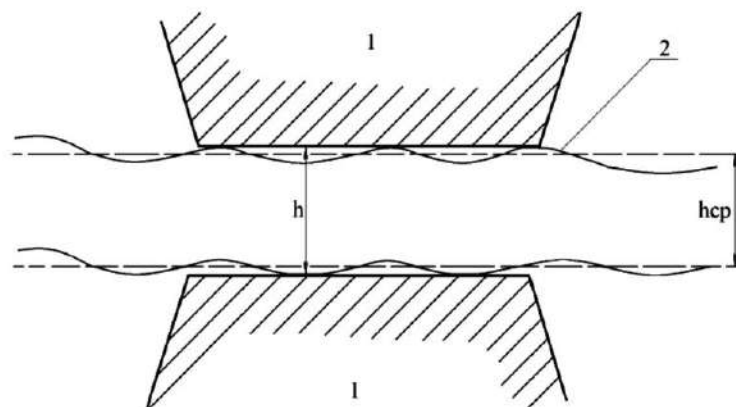


Рисунок 2.1. Вимірювання товщини задрукованого матеріалу: 1 — площини вимірвального інструмента, 2— задрукований матеріал, h — вимірювана умовна величина,  $h_{cp}$  — усереднена товщина

Товщина паперу чи картону визначається за допомогою приладу - **товщиноміру** (рис. 2.2) і виражається в мм або мікрометрах (мкм) з точністю до 0,01 мм (мкм).

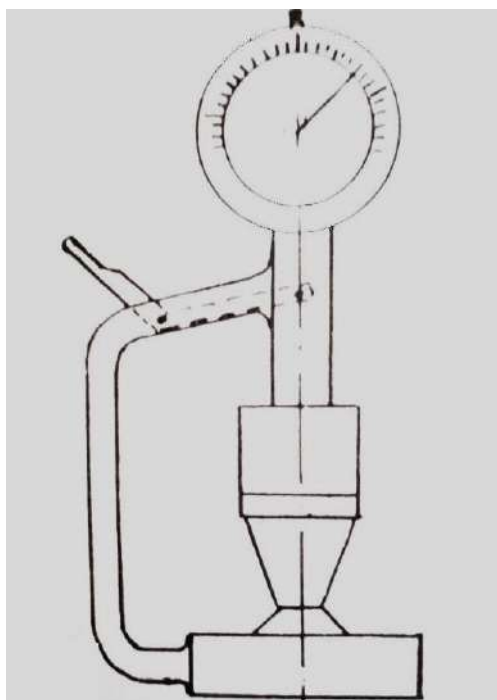


Рисунок 2.2. Схема товщиноміру ТІБ-1

Вимірювання товщини проводять у п'яти місцях зразка (рис. 2.3), після чого розраховується середнє арифметичне значення товщини –  $h_{\text{ср}}$ .

### **Хід роботи**

#### ***Підготовка та проведення вимірювань***

Для вимірювання товщини паперу та картону з аркушів проби вирізають зразки для випробувань у наступній кількості:

- 40 зразків, по 2 з кожного листа проби – при номінальній товщині паперу до 0,015 мм включно;
- 20 зразків, по одному з кожного листа проби – при номінальній товщині паперу понад 0,015 мм до 0,05 включно;
- 10 зразків, по одному з десяти довільно відібраних листів проби – при номінальній товщині паперу понад 0,05 мм.

Зразки вирізають розмірами  $(200 \pm 0,5) \times (250 \pm 0,5)$  мм (рис. 2.3).

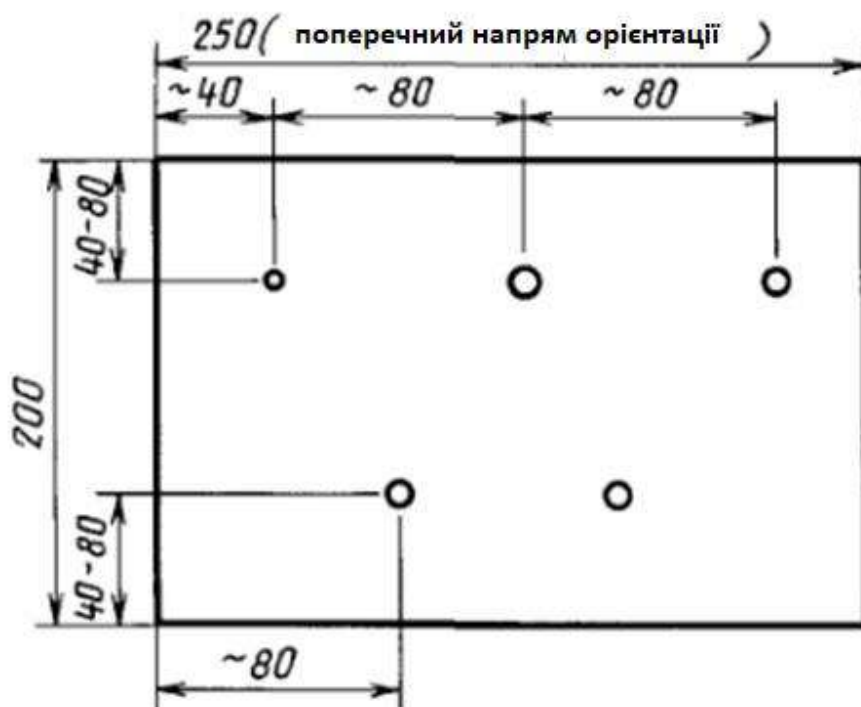


Рисунок 2.3. Зразок для випробувань з відмітками місць для вимірювань

Зразки повинні бути без пошкоджень, дефектів та ін.

Зразки перед випробуваннями кондиціонують при відносній вологості повітря, температурі і протягом часу, зазначеного у нормативно-технічній документації на продукцію.

Вимірювання виконують на окремих зразках паперу або картону або на стосі зразків в залежності від номінальної товщини:

- При товщині паперу до 0,015 мм включно на стосі з 10 зразків;
- При товщині паперу понад 0,015 мм до 0,05 включно на стосі з 5 зразків;
- При товщині паперу понад 0,05 мм та картону на окремих зразках.

Вимірювання проводять у 5 точках відповідно до визначених точок, як представлено на рис. 2.3. Вимірювання проводять на відстані не менше 20 мм від країв зразка. Відлік показань товщиноміра проводять з точністю до однієї поділки шкали приладу.



Зразки в стосі кладуть так, щоб сіточна сторона кожного наступного зразка дотикалась до верхньої сторони попереднього.

### **Обробка результатів вимірювань**

Товщину паперу та картону ( $D_{cp}$ ) розраховують як середнє арифметичне всіх вимірювань за формулою:

$$D_{cp} = \frac{\sum D_i}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3},$$

де  $D_i$  товщина стосу або зразка в точці вимірювання, мм або мкм;  $n_1$  – кількість зразків у стосі;  $n_2$  – кількість вимірювань на стосі або на окремому зразку;  $n_3$  – кількість окремо виміряних зразків або стоп.

### **Завдання студенту**

1. Виконати вимірювання, провести розрахунки, дані занести до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники товщини задрукованого матеріалу

№ зразка	Тип задрукованого матеріалу	Товщина по п'яти вимірюванням, Н, мм					$\Delta h$ , мм	$h_{cp}$ , мм
		1	2	3	4	5		
1								
2								
3								
4								
5								
6								

2. Зробити ґрунтовні висновки щодо товщини паперу або картону.
3. Дати відповіді на контрольні питання.

### **Контрольні питання**

1. До яких властивостей належить товщина паперу (картону)?
2. Які фактори впливають на товщину паперу (картону)?
3. Які вимоги до кондиціонування паперу (картону)?
4. Яка схема товщиноміру?

5. Яка методика підготовки зразків паперу чи картону?
6. Яка методика виконання вимірювань?
7. Як отримуються остаточні результати товщини паперу (картону)?

### **Лабораторна робота №3.**

#### **Дослідження структурних властивостей поліграфічних матеріалів. Щільність. Маса 1 м<sup>2</sup>.**

**Мета роботи:** набуття практичних навичок з визначення структурних характеристик – маси 1 м<sup>2</sup> та щільності (густини) паперу та картону, як основних показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення маси 1 м<sup>2</sup> та щільності паперу і картону;
- Набути навички визначення маси 1 м<sup>2</sup> та щільності паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** аналітичні ваги, товщиномір ТІБ або товщиномір Шоппера, лінійка вимірювальна металева, ножиці, предметний стіл, зразки паперу та картону.

#### **Загальні відомості**

**Маса 1 квадратного метра** визначається зважуванням зразка, і перерахунком його маси на 1 квадратний метр.

При друкуванні газет використовується папір масою 1 м<sup>2</sup> 45–51 г/м<sup>2</sup>, для листівок та буклетів – 115–150 г/м<sup>2</sup>, для плакатів – 130–200 г/м<sup>2</sup>, візиток та кишенькових календарів – 200–300 г/м<sup>2</sup>.

**Щільність** (або *густина*) – це маса 1 см<sup>3</sup> матеріалу. Визначається відношенням маси зразка матеріалу до його об'єму:

$$d = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3,$$

де  $d$  – щільність (густина), г/см<sup>3</sup>;  $m$  – маса зразка, г;  $V$  – об'єм, см<sup>3</sup>.

Для розрахунку щільності задрукованого матеріалу слід використовувати значення маси 1 квадратного метра і товщини задрукованого матеріалу, методику визначення якої наведено у лабораторній роботі №2.

Тоді  $m$  дорівнює масі квадратного метра в грамах, а об'єм  $V$  ( $\text{см}^3$ ) дорівнює добутку площі аркуша задрукованого матеріалу  $S$  (в  $\text{см}^2$ ) на середню товщину  $h_{\text{ср}}$  (в см):

$$V = S \times h_{\text{ср}},$$

де  $S = 1 \text{ м}^2 = 10\,000 \text{ см}^2$ .

### Хід роботи

#### *Підготовка та проведення вимірювань*

Підготовка зразків паперу і картону у кількості 6 штук для кожного студента здійснюється аналогічно методики, наведеної у лабораторній роботі №2 (визначення товщини паперу і картону). Для підготовлених зразків визначається товщина паперу і картону. Дані занести до табл. 3.1.

Зразки паперу і картону зважуються на аналітичних вагах, а також вимірюються їх геометричні розміри. Дані занести до табл. 3.1.

Виконуються розрахунки маси  $1 \text{ м}^2$  та щільності (густини) зразків паперу і картону. Дані занести до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники маси  $1 \text{ м}^2$  та щільності паперу та картону

№ зразка	Розмір зразка, мм	Маса зразка, г/м <sup>2</sup>	Маса $1 \text{ м}^2$	Товщина, мм	Щільність матеріалу, г/см <sup>3</sup>
Зразок 1					
Зразок 2					
Зразок 3					
Зразок 4					
Зразок 5					
Зразок 6					

#### Завдання студенту

1. Виконати вимірювання, провести розрахунки, дані занести до табл. 3.1.

2. Отримані результати порівняти з вимогами нормативної документації.

### **Контрольні питання**

1. До яких властивостей належить маса  $1 \text{ м}^2$  і щільність паперу (картону)?
2. Які фактори впливають на масу  $1 \text{ м}^2$  і щільність паперу (картону)?
3. Яка методика підготовки зразків паперу та картону?
4. Яка методика виконання вимірювань?
5. Як отримуються остаточні результати маси  $1 \text{ м}^2$  і щільності паперу (картону)?

### **Лабораторна робота №4.**

#### **Дослідження структурних властивостей поліграфічних матеріалів. Пористість, пухкість.**

**Мета роботи:** набуття практичних навичок з визначення структурних характеристик – пористості та пухкості паперу та картону, як основних показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення пористості та пухкості паперу і картону;
- Набути навички визначення пористості та пухкості паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** аналітичні ваги, товщиномір ТІБ або товщиномір Шоппера, лінійка вимірювальна металева, ножиці, предметний стіл, зразки паперу та картону.

Визначення пухкості здійснюється на тих самих зразках, що були підготовлені і вимірювались у експериментах лабораторної роботи №3.

### **Загальні відомості**

**Пористість та пухкість** – є важливими параметрами паперу і картону, що визначають характер закріплення фарби на задрукованому матеріалі. Це

впливає безпосередньо на вибір фарби з урахуванням способу її закріплення на матеріалі, що визначає якість друкарської продукції.

**Пористість** паперу і картону показує ступінь це ступінь заповнення міжволокнистого простору паперу порами.

Чим більша пористість паперу, тим менша його щільність (густина).

Для характеристики пористої структури застосовують показник **пухкість**.

**Пухкість (питомий об'єм)**– це обернена величина до щільності. Через це одиниці вимірювання пухкості теж обернені до одиниць вимірювання щільності (густини), а саме, см<sup>3</sup>/г.

Тому, знаючи щільність паперу та картону, легко визначити його пухкість (питомий об'єм).

## Хід роботи

### **Підготовка та проведення вимірювань**

Підготовка зразків паперу і картону у кількості 6 штук для кожного студента здійснюється аналогічно методики, наведеної у лабораторних роботах № 2 та 3 (визначення товщини, маси 1 м<sup>2</sup> та щільності паперу і картону).

Масу та товщину вимірюють на одних і тих самих зразках, що були підготовлені і вимірювались у ході виконання лабораторної роботи №3. Дані занести до табл. 4.1.

Зразки паперу і картону зважуються на аналітичних вагах, а також вимірюються їх геометричні розміри. Дані занести до табл. 4.1.

Виконуються розрахунки маси 1 м<sup>2</sup> та щільності (густини) зразків паперу і картону. Дані занести до табл. 4.1.

Розраховується пухкість (питомий об'єм),  $V$ , як величина, що обернена до щільності паперу, см<sup>3</sup>/г:

$$V = \frac{D_{\text{сп}} \cdot 1000}{m},$$

де  $m$  – маса паперу (картону), площею 1 м<sup>2</sup>;

$D_{cp}$  – середня товщина паперу (картону), мм.

Результати величин пухкості також заносяться у табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Результати вимірювань і розрахунків

№	Вид паперу	Розміри, см	Товщина паперу, мм	Щільність паперу зразка, г/см <sup>3</sup>	Щільність паперу (середнє арифм.), г/см <sup>3</sup>	Пухкість паперу, см <sup>3</sup> /г
1	Газетний	21×29,7	0,08			
		21×29,7	0,081			
		21×29,7	0,078			
		21×29,7	0,08			
		21×29,7	0,081			
		21×29,7	0,079			
2	Самокопіювальний	21×29,7	0,07			
		21×29,7	0,065			
		21×29,7	0,067			
		21×29,7	0,067			
		21×29,7	0,068			
		21×29,7	0,069			
3	Офсетний 1	21×29,7	0,091			
		21×29,7	0,090			
		21×29,7	0,092			
		21×29,7	0,09			
		21×29,7	0,089			
4	Офсетний 2	21×29,7	0,14			
		21×29,7	0,13			
		21×29,7	0,135			
		21×29,7	0,141			
		21×29,7	0,140			
		21×29,7	0,139			
5	Офсетний 3	29,7 × 42	0,21			
		29,7 × 42	0,201			
		29,7 × 42	0,22			
		29,7 × 42	0,210			
		29,7 × 42	0,25			
		29,7 × 42	0,20			
6	Картон макулатурний	29,7 × 42	0,29			
		29,7 × 42	0,30			
		29,7 × 42	0,31			
		29,7 × 42	0,321			
		29,7 × 42	0,304			
		29,7 × 42	0,321			

### Завдання студенту

1. Виконати вимірювання, провести розрахунки, дані занести до табл. 4.1.
2. Отримані результати порівняти з вимогами нормативної документації.

## Контрольні питання

1. До яких властивостей належить пористість і пухкість паперу (картону)?
2. Які фактори впливають на пористість і пухкість паперу (картону)?
3. Яка методика підготовки зразків паперу та картону?
4. Яка методика виконання вимірювань?
5. Як отримуються остаточні результати пористості і пухкості паперу (картону)?

## Лабораторна робота №5.

### Дослідження структурних властивостей поліграфічних матеріалів. Гладкість (по Бекку). М'якість.

**Мета роботи:** набуття практичних навичок з визначення структурних характеристик – гладкості та м'якості паперу та картону, як важливих показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення гладкості та м'якості паперу і картону;
- Знати принцип роботи і конструкцію гладкоміра;
- Набути навички визначення гладкості та м'якості паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** гладкомір Бекка, лінійка вимірювальна, ножиці; секундомір, додатковий вантаж 5 кг (для визначення м'якості); зразки паперу та картону.

## Загальні відомості

**Гладкість** – це структурний показник, що характеризує поверхню паперу чи картону.

Чим вища гладкість паперу, тим більша щільність прилягання паперу до друкарської форми і тим менший тиск при друкуванні та вища якість зображення.

Розрізняють *мікро-* та *макронерівності* поверхні паперу.

**Макронерівності** – це нерівності з великим кроком, що поширюються на великі площі.

**Мікронерівності** виникають в результаті нещільного прилягання волокон паперу в межах мікроструктури.

Макро- та мікронерівності оцінюють за допомогою профілограм на спеціальних приладах – *профілографах*.

Для оцінки структури паперу застосовують **пневматичні прилади**, які називаються **гладкомірами**.

Ступінь **гладкості** вимірюється на приладі Бекка (гладкомірі Бекка) згідно ГОСТ 12795, схема якого наведена на рис. 5.1.

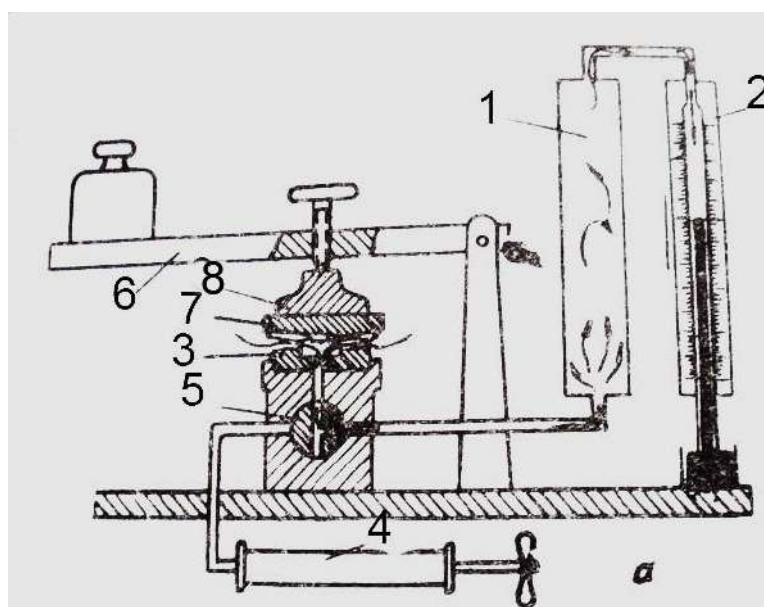


Рисунок 5.1. Схема пневматичного гладкоміра

Сутність випробування наступна: визначається час, необхідний для проходження певного обсягу повітря між поверхнею паперу і скляною платиною під певним тиском.

**Гладкість** паперу визначається в секундах, тобто це час, за який 10 мл повітря проходить між поверхнею паперу і скляною платиною при середньому вакуумі 50,6 кПа і при тиску на папір 98,1 кПа.



Гладкість паперу машинної гладкості – 30 – 100 с, глазуrowаного – 150 – 300 с, високо глазуrowаного – 350 – 550 с, високоглазуrowаного крейдяного – до 2000 с.

При однаковій початковій гладкості краща якість відбитка буде у того паперу, який є більш *м'яким*. Вологість паперу підвищує його *м'якість*. Умовно м'якість М визначається відношенням гладкості, визначеної при підвищеному тиску 490,5 кПа (ефективна гладкість  $\Gamma_{\text{еф}}$ ), до стандартної гладкості  $\Gamma_o$  при тиску в 98,1 кПа.

*М'якість* характеризується як міра збільшення гладкості паперу під тиском. Умовний показник м'якості (М) розраховують як відношення ефективної гладкості ( $\Gamma_{\text{еф}}$ ) до гладкості, визначеній з того ж боку паперу (картону) в стандартних умовах ( $\Gamma_o$ ):

$$M = \frac{\Gamma_{\text{эф}}}{\Gamma_o} \quad (5.1).$$

Умовно папір (картон) вважається м'яким, якщо М більше 2, і жорстким, якщо М менше 1,5.

## Хід роботи

### *Підготовка та проведення вимірювань*

Для вимірювання гладкості паперу та картону з аркушів вирізають зразки для випробувань у наступній кількості: по 2 зразки для кожного студента.

Зразки вирізають розмірами  $(50 \pm 0,5) \times (50 \pm 0,5)$  мм. На зразках паперу і картону попередньо роблять позначки на одному і другому боці обох зразків у тому ж самому місці.

На пневматичному гладкомірі проводять випробування зразків паперу та картону з двох боків (верхньої і сіткового), використовуючи для кожного випробування окремий зразок паперу.

Пневматичний гладкомір (рис. 5.1) складається з наступних основних частин: циліндричного повітряного резервуара 1, ртутного вакуумметра 2, металевої підставки із закріпленням на ній полірованим скляним кільцем 3, на яке накладається випробуваний зразок, гумова прокладка 7 і металева кришка 8.

Ртутний насос 4 служить для створення розрідження, триходовий кран 5 - для перемикання повітряного резервуара від насоса до каналу полірованого скляного кільця.

Крім цього, на гладкомірі є важіль 6, що давить на кришку і притискує зразок до поверхні скляного кільця.

За умовну характеристику гладкості приймається час у секундах, необхідний для проходження  $10 \text{ см}^3$  повітря між поверхнями зразка і скла при середньому вакуумі 506,5 кПа (380 мм рт. ст.) і стандартному тиску на зразок, створюваному важелем 6 і рівним 980,6 кПа ( $1 \text{ кгс/см}^2$ ).

Час проходження повітря буде тим більше, чим більше ступінь контакту зразка зі склом, тобто чим більш рівною і гладкою буде поверхня зразка.

Зразок кладуть на поліроване скляне кільце 3 випробуваної стороною до кільця, покривають гумовою прокладкою 7, щоб виключити повітропроникність, і кришкою 8.

Кришку притискають гвинтом, пропущеним через важіль 6.

Обертанням гвинта важіль встановлюють горизонтально (це контролюється за рівнем, вмонтованому в важіль).

При цьому важіль створює тиск на зразок, яке приймається за стандартне (980,6 кПа).

Рукоятку триходового крана 5 ставлять у вертикальне положення, з'єднуючи тим самим резервуар з насосом.

За допомогою насоса створюють розрідження, при якому ртуть в трубці вакуумметра піднімається вище 380 мм рт. ст.

Потім повертають ручку крана вліво до упору, від'єднуючи тим самим резервуар від насоса і з'єднуючи його з каналом скляного кільця.

Повітря починає проходити між скляним кільцем і папером , розрідження падає і ртуть в вакуумметрі опускається.

За допомогою секундоміра визначають час падіння розрідження (стовпчика ртуті ) від 380 мм рт. ст. до 360 мм. рт. ст., що відповідає проходженню 10 мл повітря.

Далі зразок укладають на кільце зворотною стороною (позначки служать для того, щоб випробуванню піддалися обидві сторони зразка, а не одна і та ж сторона двічі) і проводять вимірювання.

Випробування паперу з гладкістю більше 100 с (на каландрованому, крейдованому проводять при повороті крана вправо до упору.

При цьому швидкість падіння розрідження збільшується в 10 разів, тому в даному випадку приєднується інший резервуар, який має менший об'єм, і отриманий результат множать на 10.

За результатами випробувань визначають верхній і сітковий бік зразка, а величина отриманих цифр дозволяє судити про характер обробки паперу чи картону при їх виготовленні: машинної гладкості ( 30-100 с) , каландрований (150-250 с) , висококаландрований (350-400 с), висококаландрований глазуrowаний (більше 500 с).

**Гладкість** паперу, виміряну з двох боків, заносять в зведену табл. 5.1 .

Вивчення ролі деформаційних властивостей, їх зв'язку з друкарсько-технічними властивостями паперу і картону, отримання уявлення про вирівнювання поверхні паперу чи картону, збільшення їх гладкості під тиском внаслідок стиснення нерівностей, все дає інформація про м'якість паперу чи картону.

Після визначення гладкості при стандартному тиску вимірюють гладкість паперу та картону при підвищеному тиску, що відповідає реальному друкарському процесу.

По зміні гладкості паперу (картону) при підвищеному тиску порівняно з первинною гладкістю, вимірної при стандартному тиску, судять про *м'якість* матеріалу (його деформованість).

Визначивши гладкість паперу в стандартних умовах, не виймаючи зразок з приладу, на навантажувальну площадку важеля встановлюють додатковий вантаж в 5 кг і витримують папір під цим тиском 1 хвилину, після чого вимірюють *гладкість* при підвищеному тиску.

Цей показник називають *ефективною (друкованою) гладкістю* , відповідної станом поверхні паперу під тиском в момент друку.

Далі виконується розрахунок м'якості за формулою (5.1).

Результати *вимірювань і розрахунок м'якості* вносять у зведену табл.5.1.

### Завдання студенту

1. Виконати вимірювання гладкості та м'якості зразків паперу і картону, провести розрахунки, дані занести до табл. 5.1.

2. Отримані результати порівняти та зробити висновки щодо подальшого використання матеріалів.

Таблиця 5.1. Результати визначення гладкості і м'якості зразків

№ п/п	Гладкість при тиску, с		М'якість
	стандартному	підвищеному	
1	40	120	
2	80	160	
3	60	180	
4	10	40	
5	10	100	

### Контрольні питання

1. До яких властивостей належить гладкість та м'якість паперу (картону)?
2. Які фактори впливають на гладкість та м'якість паперу (картону)?
3. Яка методика підготовки зразків паперу та картону?
4. Яка методика виконання вимірювань?
5. Як працює пневматичний гладкомір Бекка?

6. Що таке макро- і мікронерівності поверхні паперу? Від чого вони виникають? Як можуть бути зменшені?

7. Як розрізняються верхня і сіткова сторони паперу ?

8. Як практично характеризується і в чому виражається гладкість поверхні паперу ?

## **Лабораторна робота №6.**

### **Дослідження фізико-механічних властивостей паперу і картону.**

#### **Міцність на згин.**

**Мета роботи:** набуття практичних навичок з визначення фізико-механічних властивостей – міцності при подвійних згинах паперу і картону, як важливих показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення міцності на згин паперу і картону;
- Знати принцип роботи і конструкцію фальцера;
- Набути навички визначення міцності на згин паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** фальцапарат типу I-1-2 (фальцер Шоппера), лінійка вимірювальна, ножиці; зразки паперу та картону.

#### **Загальні відомості**

До основних механічних властивостей паперу і картону відносяться:

- Стійкість поверхні до висмикування під час друку;
- Розривна довжина (міцність на розрив);
- Міцність на згин.

Однією з основних властивостей паперу є здатність його протистояти багаторазовому *згину*.

Показник *опору зламу (згину)* найбільш важливий для паперу, що при використанні піддається частому згинанню, наприклад грошовий, картографічний, обгортковий й ін.

Опір зламу (згину) 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 м<sup>2</sup> і композиція паперу; ступінь млива паперової маси; наявність проклеювання.

Опір зламу паперу визначають методом вимірювання числа подвійних перегинів на фальцапараті типу I-1-2 (фальцер Шоппера).

Загальний вигляд апарата приведений на рис. 6.1. Схема дії фальцапарату наведена на рис. 6.2.

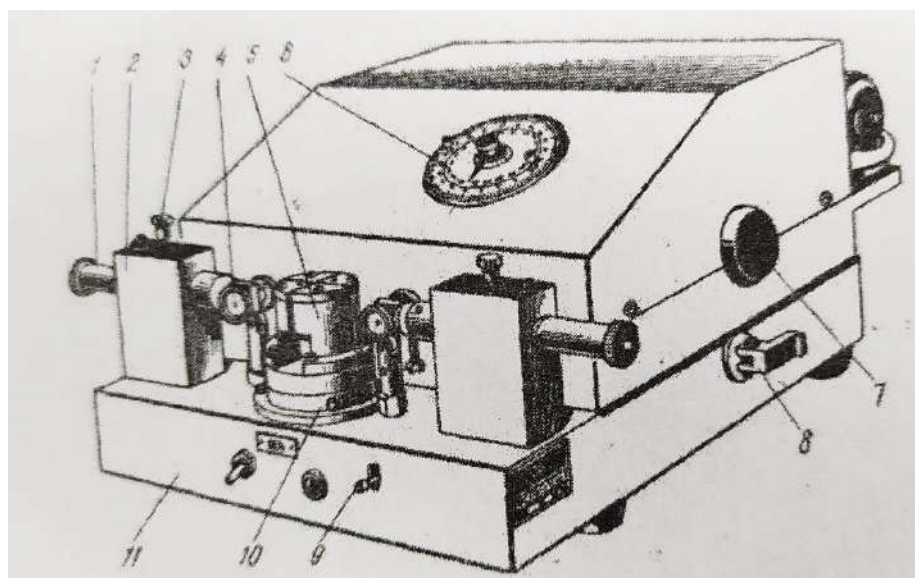


Рисунок 6.1. Фальцер Шоппера. Фальцапарат I-1-2 для визначення числа подвійних перегинів (міцність на згин)

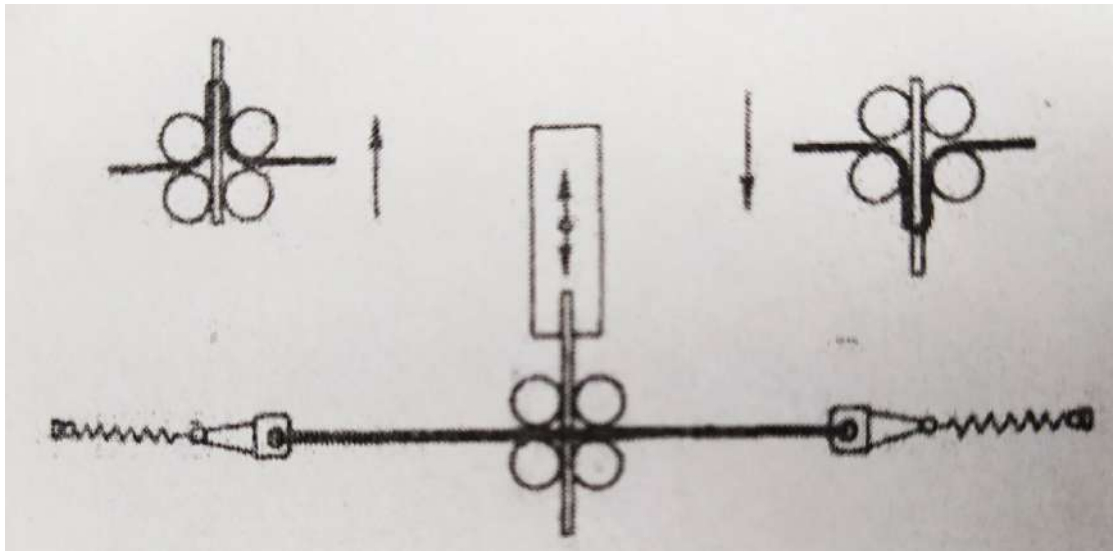


Рисунок 6.2. - Схема дії фальцапарата I-1-2

Фальцапарат (рис. 6.1) 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 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 сталева пластинка з вертикальним прорізом, у яку вставляється смужка паперу, що досліджується.

Пластинка укріплена на повзуні, що рухається за допомогою шатуна, з'єданого 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 його

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

## Хід роботи

### *Підготовка та проведення вимірювань*

Для вимірювання міцності на згин паперу та картону з аркушів вирізають зразки для випробувань у наступній кількості: по 2 зразки для кожного студента. Зразки вирізають розмірами 100×15 мм.

Перед початком випробування апарат встановлюють у нульове положення в такий спосіб. Замикають колесо, повертаючи вимикач від себе й обережно обертаючи колесо ручкою 7 до гальмування.

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 для кожного студента.

Результати випробувань записують у табл. 6.1 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.

### Завдання студенту

1. Виконати вимірювання міцності на згин зразків паперу і картону, провести розрахунки, дані занести до табл. 6.1.

2. Отримані результати порівняти та зробити висновки щодо подальшого використання матеріалів.

Таблиця 6.1. Результати визначення міцності на згин зразків

№ п/п	Число подвійних згинів у напрямку		Середнє значення
	машинному	поперечному	
1			
2			
3			
4			
5			

### Контрольні питання

1. До яких властивостей належить міцність на згин паперу (картону)?
2. Які фактори впливають на міцність на згин паперу (картону)?
3. Яка методика підготовки зразків паперу та картону?
4. Яка методика виконання вимірювань?
5. Як працює фальцапарат (фальцер Шоппера)?
6. Як розрізняються механічні властивості паперу у різних напрямках і чим це зумовлено?
8. В яких одиницях виражається міцність на згин паперу (картону)?
9. Узагальніть основні особливості механічних властивостей паперу. Поясніть, як вони узгоджуються з її структурою.

## Лабораторна робота №7.

### Визначення міцності паперу на розрив та граничного подовження при розтягуванні

**Мета роботи:** набуття практичних навичок з визначення фізико-механічних властивостей – міцності паперу і картону на розрив та граничного подовження при розтягуванні, як важливих показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення міцності паперу і картону на розрив та граничного подовження при розтягуванні;
- Знати принцип роботи і конструкцію динамометра (розривної машини);
- Набути навички визначення міцності паперу і картону на розрив та граничного подовження при розтягуванні.

**Прилади, матеріали, інструменти:** динамометр (розривна машина ФГ-100), лінійка вимірювальна, ножиці; зразки паперу та картону.

#### Загальні відомості

Визначення *межі міцності та деформаційних властивостей* паперу і картону належить до групи фізико-механічних властивостей. Ці характеристики паперу і картону є важливими для обирання типу і технічних характеристик друкарської машини, де буде відбуватися друкарський процес накладання фарби на готовий виріб.

Від параметрів міцності і характеристик деформації паперу чи картону залежить обрана швидкість друку, оскільки використання неміцного паперу чи картону на швидкісній поліграфічній машині призведе до розривання паперу (картону) і появи великої кількості браку.

Величини *межі міцності та деформаційних властивостей* паперу і картону залежать від структури волокнистих напівфабрикатів, кількості

наповнювачів, барвників тощо, та пов'язані з товщиною матеріалу. Тому у різних напрямках відливу

паперу чи картону їх властивості будуть різними.

Через це для характеристик межі міцності та деформаційних властивостей паперу і картону притаманним є явище анізотропії їх властивостей.

**Анізотропія** – означає наявність різних за величиною властивостей паперу і картону залежно від напрямку відливу матеріалу.

Тому завжди піддають випробуванням зразки паперу і картону, що виготовлені у різних напрямках – **машинному і поперечному**.

Визначення межі міцності та деформаційних властивостей паперу і картону здійснюється на *розривній машині (динамометрі)*, схему якого наведено на рис. 7.1.

На *динамометрі* визначають міцність на розрив (розривне зусилля)  $P$  і одночасно подовження  $\Delta l$  перед розривом випробуваного паперу (картону) в машинному і поперечному напрямках.

Розраховують межу міцності  $P$  та її умовний вираз – розривну довжину  $L$ , і коефіцієнт анізотропії  $K$ , як співставлення міцності в машинному напрямі до міцності у поперечному напрямі.

Для характеристики *деформації розтягування* розраховують **відносну деформацію розтягування  $\varepsilon$ , %**.

**Межа міцності на розрив  $P$**  розраховують як відношення розривного зусилля  $Q$  до площі поперечного перерізу паперу  $S$  з урахуванням середнього значення товщини  $h_{cp}$ :

$$P = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{h_{cp} \cdot a}, \text{ Н/м}^2,$$

де  $a$  – ширина смужки (зразка) паперу, мм.

Оскільки папір має неоднорідну товщину і є пористим матеріалом, замість межі міцності часто використовується умовний показник, аналогічний межі міцності – *розривна довжина*.

*Розривна довжина* - це розрахункова довжина такої смужки паперу шириною 15 мм, яка, будучи підвішена за один кінець, розривається під дією власної ваги. Згідно з цим визначенням, розривну довжину  $L$  розраховують за такою формулою:

$$L = \frac{Q}{a \cdot q},$$

де  $L$  – розривна довжина, м;  $Q$  – розривне зусилля, Н;  $a$  – ширина смужки (зразка) паперу, м;  $q$  – маса 1 квадратного метра паперу, Н/м<sup>2</sup>.

### *Характеристика анізотронії*

*Коефіцієнт анізотронії  $K$*  служить для характеристики неоднорідності структури та властивостей паперу (картону) залежно від напрямку в аркуші.

*Коефіцієнт анізотронії  $K$*  розраховують як відношення значень розривної довжини паперу в машинному та поперечному напрямках:

$$K = \frac{L_{\text{маш}}}{L_{\text{поп}}},$$

де  $L_{\text{маш}}$ . та  $L_{\text{поп}}$ . – розривна довжина у машинному і поперечному напрямку відливу відповідно, м.

### *Деформація розтягування*

**Деформація розтягування** характеризується граничним розтягуванням паперу чи картону.

*Граничне розтягування* – це відносна деформація розтягування паперу перед розривом  $\mathcal{E}$  у відсотках, яку розраховують за такою формулою:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 = \frac{\Delta l}{200} \times 100\%,$$

де  $l_0$  – початкова довжина смужки, що дорівнює 200 мм (оскільки 40 мм закріплені у затискачах приладу);  $\Delta l$  – подовження паперу до розриву, мм.

## Хід роботи

### *Підготовка та проведення вимірювань*

Динамометр, на якому виконують визначення *міцності паперу на розрив* (рис. 7.1), являє собою нерівноплечий важіль 2, що повертається на осі 1.

На довгому плечі знаходиться вантаж 3, що створює розтягуючий момент. Коротке плече - сектор 4. Його дугу огинає гнучкий ланцюг 5, до якого підвішений затискач 6. У ньому закріплюється верхній кінець смужки випробуваного паперу 7.

Затискач для нижнього кінця смужки - 8 при включенні електродвигуна опускається з постійною швидкістю і тягне папір. Це викликає повертання важеля 2. У міру відхилення важеля 2 від вертикалі відбувається наростання розтягує моменту до розриву зразка.

Для проведення випробування використовують дві смужки паперу розміром 15×240 мм, що вирізані: одна в *машинному* і одна в *поперечному напрямку*.

Випробування проводять по черзі з кожною смужкою. Для зручності закріплення зразка в динамометрі верхній затискач його тимчасово закріплюють гвинтом 9, а важіль 2 фіксують у вертикальному положенні стопором 10. Нижній затискач може бути встановлений на різній відстані від верхнього. Для стандартного випробування ця відстань становить 200 мм.

Після закріплення смужки паперу гвинт 9 стопор 10 звільняють і включають двигун.

*Розривне зусилля*  $Q$  кгс відраховується на круговій шкалі 11. Показання знімають зі шкали після автоматичної зупинки приладу в момент розриву зразка.

Одночасно визначають *подовження (розтягнення) паперу перед розривом*  $\Delta l$  в мм, яке відраховується на вертикальній лінійці з ноніусною шкалою 12.

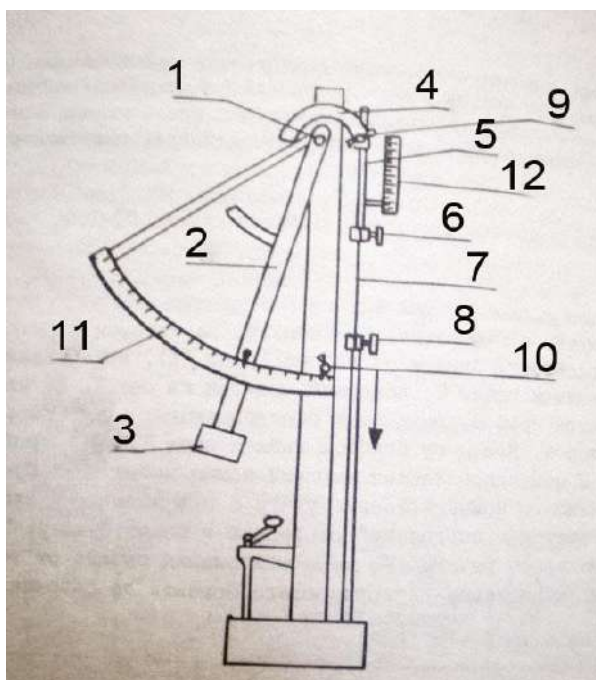


Рисунок 7.1. Принципова схема розривної машини (динамометра) ФГ-100.

### ***Визначення міцності паперу на розрив***

Характеристика міцності паперу на розрив - розривне зусилля  $Q$ . Це зусилля, необхідне для розриву смужки паперу шириною 15 мм. На шкалі динамометра його відраховують у кгс і переводять до Ньютонів ( $1 \text{ кгс} = 10 \text{ Н}$ ).

Характеристикою міцності структури паперу є показник межі міцності  $P$ , який не залежить від товщини паперу, а залежить від щільності переплетення волокон, ступеня розмелювання, міцності зв'язків між ними та ін.

### **Завдання студенту**

1. Виконати вимірювання фізико-механічних властивостей зразків паперу і картону, провести розрахунки, дані занести до табл. 7.1.

Таблиця 7.1. Результати вимірювань і розрахунків

Напрямок відливу	Розривне зусилля $Q$		Розривна довжина, $L$ , м	Межа міцності, $P$ , Н/м <sup>2</sup>	Відносна деформація, $\epsilon$ , %	Подовження перед розривом, $\Delta l$ , мм	Коефіцієнт анізотропії, $K$
	кгс	Н					
Машинний							
Поперечний							

2. Отримані результати порівняти та зробити висновки щодо подальшого використання матеріалів.

### Контрольні питання

1. До яких властивостей належить міцність на розрив паперу (картону)?
2. Які фактори впливають на міцність на розрив паперу (картону)?
3. Яка методика підготовки зразків паперу та картону?
4. Яка методика виконання вимірювань?
5. Як працює динамометр?
6. Як розрізняються механічні властивості паперу у різних напрямках і чим це зумовлено?
8. В яких одиницях виражається міцність на розрив паперу (картону)?
9. Що таке деформація розтягування?
10. Що таке анізотропія властивостей паперу (картону)?
11. Узагальніть основні особливості механічних властивостей паперу. Поясніть, як вони узгоджуються з її структурою.

### Лабораторна робота №8.

#### Взаємодія паперу та картону з рідинами. Визначення всотувальної здатності паперу і картону.

**Мета роботи:** опанування методики та набуття практичних навичок з визначення всотувальної здатності паперу та картону при їх взаємодії з малов'язким летким розчинником - ксилолом.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення всотувальної здатності паперу і картону при їх взаємодії з леткими розчинниками;
- Знати стандартні методики визначення всотувальної здатності паперу і картону;
- Набути практичні навички визначення всотувальної здатності паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** прилад для визначення всотувальної здатності ПВБ, ксилол, лінійка вимірювальна, ножиці; зразки паперів та картонів різного типу.

### Загальні відомості

Сприйняття папером чи картоном фарби залежить від здатності її поверхні змочуватися фарбою і від всотувальної здатності паперу.

Як правило, всі друкарські фарби добре змочують поверхню паперу.

Практично *всотувальна здатність* паперу чи картону по відношенню до фарби залежить в першу чергу від її пористості.

Чим більше пористість паперу, тим інтенсивніше процес всотування.

Швидкість і глибина всотування фарби залежать від кількості та розмірів пор, а також від складу і властивостей друкарської фарби.

Папір з великими порами, наприклад газетний, добре всотує фарбу. Це забезпечує швидке її закріплення на відбитку.

Однак надмірне всотування знижує інтенсивність відбитків і може призвести до проникання фарби на зворотний бік паперу, тобто до «пробивання» відбитка.

Отримання ж інтенсивних відбитків на високопористому папері потребує значного збільшення товщини фарбового шару, що призведе до відмарювання і перевитрати фарби.



## Хід роботи

### *Підготовка та проведення вимірювань*

Для виконання експериментів для кожного студента готуються по 2 зразки паперу та картону різних типів розмірами  $100 \times 70$  мм.

За характеристику *всотувальної здатності* приймається час у секундах (с), протягом якого зникне блиск краплі ксилолу, нанесеної на папір (картон). Випробування проводять на приладі для визначення всотувальної здатності ПВБ (рис. 8.1).

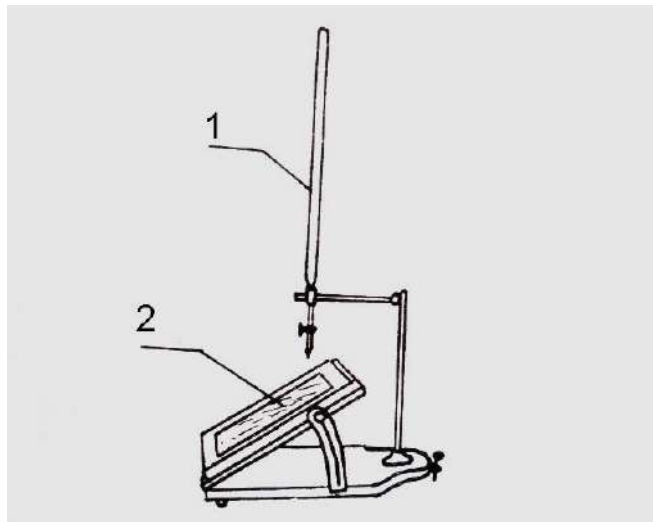


Рисунок 8.1. Прилад ПВБ для визначення всотувальної здатності паперу (картону) по ксилолу: 1 – бюретка, 2 – підставка

Прилад для визначення всотувальної здатності ПВБ (рис. 8.1) складається з основи, на якій під кутом  $30^\circ$  розташована підставка 2.

На стійці приладу закріплена бюретка 1. Кінець її знаходиться на відстані 10 см від поверхні підставки.

У бюретку 1 наливається ксилол, підфарбований нафтовим бітумом (чорний колір).

Зразок паперу (картону) розміром  $100 \times 70$  мм кладеться на підставку і закріплюється на ній.

З бюретки обережно крапають на папір (картон) одну краплю ксилолу і негайно ж включають секундомір.

Крапля рідини поступово розтікається в блискучу пляму. Коли зникне блиск (коли вся рідина вбереться), секундомір зупиняють і записують час всотування. Випробуванню піддають обидві сторони паперу та картону.

В табл. 8.1 заносять результати випробування по кожній стороні паперу (картону) в секундах.

### Завдання студенту

1. Виконати вимірювання всотувальної здатності зразків паперу і картону, результати занести до табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Вивчення всотувальної здатності паперу (картону) по ксилолу,  $V_k$

№ з/п	Характеристика зразка	Вбирна здатність лицьового боку, $V_k$ лицьов., с	Вбирна здатність зворотного боку, $V_k$ сітч., с	Середнє значення вбирної здатності, $V_k$ ср., с
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Примітка: Точність вимірювання  $V_k = 1$  с. Точність розрахунку  $V_k$  ср. = 1 с.

2. Порівняти отримані результати та зробити висновки щодо подальшого використання матеріалів.

### Контрольні питання

1. Сутність процесу всотування і фактори, які на нього впливають.
2. Який папір буде мати велику поглинаючу здатність: зі щільністю (густиною)  $1,2 \text{ г/см}^3$  або  $0,6 \text{ г/см}^3$ ?

3. Як впливає вид помелу волокон целюлози на всотувальну здатність паперу чи картону?
4. Як впливає вид обробки на всотувальну здатність?
5. Як можна змінювати всотувальну здатність паперу чи картону?
6. Як впливає всотувальна здатність на якість відбитка?
7. Які види паперу повинні мати більшу чи меншу всотувальну здатність?

### **Лабораторна робота №9**

#### **Взаємодія паперу та картону з рідинами. Визначення водопоглинання (вбирної здатності) паперу і картону.**

**Мета роботи:** набуття практичних навичок з параметрів вбирної здатності (водопоглинання) паперу і картону, як важливих показників матеріалу для виготовлення друкованої продукції.

В результаті виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- Знати особливості визначення характеристик водопоглинання (вбирної здатності) паперу і картону;
- Знати стандартну методику виконання випробувань для визначення вбирної здатності паперу і картону;
- Набути навички визначення характеристик вбирної здатності паперу і картону.

**Прилади, матеріали, інструменти:** аналітичні ваги, ванна (кювета) для рідини, лінійка вимірвальна, ножиці; зразки паперу та картону.

#### **Загальні відомості**

**Водопоглинання** – це маса води, яку поглинає випробувальний зразок паперу (картону) площею  $1 \text{ м}^2$  за визначений час у певних умовах.

**Відносне водопоглинання** – це відношення маси води, яку поглинає випробувальний зразок, до маси вихідного випробуваного зразка паперу (картону), у %.

**Вбирна здатність (водопоглинання)  $G$**  для кожного випробуваного зразка обчислюють за формулою:

$$G = (m_2 - m_1) \frac{100}{A},$$

г/см<sup>2</sup>,

де  $m_2$  – маса випробуваного зразка після просочення, г;  $m_1$  - маса вихідного випробуваного зразка, г;  $A$  - площа зразка, см<sup>2</sup>.

**Відносне водопоглинання** для кожного випробуваного зразка у відсотках обчислюють за формулою:

$$G_{\text{відн.}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100,$$

%.

За результатами визначення водопоглинення приймають середнє арифметичне значення усіх визначень для кожного зразка. Результат округлюють до цілого числа.

Метод не поширюється на папір і високою вбирною здатністю, наприклад на алігнін медичний, тонкий туалетний папір тощо.

## **Хід роботи**

### ***Підготовка та проведення вимірювань***

Відбір проб для випробувань проводять згідно з ДСТУ EN ISO 186:2008 з таким доповненням: з аркушів проби довільно відбирають десять аркушів для випробувань.

Для проведення випробувань з кожного відібраного аркуша вирізати по одному випробуваному зразку розмірами (250 і 1 мм) x (200 ± 1 мм), причому довжина зразка повинна відповідати машинному напрямку.

Зразки для випробування нарізають так, щоб краї їх були рівними, чисто обрізаними. Додатково вирізають один зразок для попереднього визначення тривалості витримування зразка у випробувальній рідині.

Ванну (кювету) заповнюють водою або іншою випробувальною рідиною.

Температура води або іншої випробувальної рідини під час випробувань повинна відповідати температурі режиму кондиціонування –  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Кожний випробуваний зразок зважують окремо в тарованому контейнері з абсолютною похибкою  $\pm 0,01$  г.

Зразки для випробувань витримують у воді або іншій випробувальній рідині протягом часу, визначеного в НД на продукцію, або підбирають з таких значень:

- низька стійкість до води -  $5 \text{ хв} \pm 5 \text{ с}$ ;
- середня стійкість до води -  $30 \text{ хв} \pm 1 \text{ хв}$ ;
- висока стійкість до води -  $24 \text{ год} \pm 15 \text{ хв}$ .

Тривалість витримування у воді (чи іншій випробувальній рідині) визначається часом, за яким відбулось повне просочення зразка.

Якщо за вибраний час не досягається повного просочення зразка, потрібно уточнення, при цьому використовують додатковий зразок і обирають більшу тривалість витримки при зануренні зразка.

Якщо за вибраний час досягається повне просочення зразка, то для випробувань можна обрати іншу, коротшу тривалість витримування (якщо не зазначено іншої).

Кожний випробуваний зразок занурюють вертикально у ванну з водою або з іншою випробувальною рідиною.

Зразки занурюють так, щоб висота рідини над верхніми краями була не менше 20 мм; зразки не повинні торкатися стінок і днища ванни і стикатися між собою.

Після витримування у воді або іншій випробувальній рідині зразки по одному виймають і, утримуючи їх у вертикальному положенні, дають стекти з них рідині протягом  $120 \pm 5$  с, підвісивши за один кут.

Для випробуваних зразків із м'яких видів паперу (картону), наприклад паперу для серветок, використовують систему підставок. Зразки, на яких утворилися складки під час стікання рідини, далі не випробують.

Після стікання надлишку рідини кожний зразок поміщають у тарований контейнер і зважують з абсолютною похибкою  $\pm 0,01$  г.

Після витримування в легколеткій рідині зразки по одному виймають за допомогою пінцета і дають вільно стекти рідині зі зразка протягом 3 с.

Надлишок рідини вилучають, помістивши кожний зразок окремо на  $60 \pm 3$  с між двома аркушами фільтрувального паперу і двома скельцями під важок масою  $0,50 \pm 0,01$  кг.

Потім зразок поміщають у герметичну посудину і зважують з абсолютною похибкою  $\pm 0,01$  г. Тривалість моменту виймання кожного зразка до кінця його зважування це повинна перевищувати 120 с.

Визначення водопоглинання проводять для кожного випробуваного зразка.

### Завдання студенту

1. Ознайомитися з особливостями методу визначення водопоглинання паперу і картону після занурення у воду та провести випробування зразків паперу чи картону. Результати випробувань та розрахунків занести до табл. 9.1.

Таблиця 9.1. Результати вимірювань і розрахунків

№ з/п	Вид зразка (папір, картон)	Вихідна маса зразка, г	Маса зразка після випробування, г	Відносне водопоглинання, %

2. Отримані результати порівняти та зробити висновки щодо подальшого використання матеріалів.

## **Контрольні питання**

1. Що таке водопоглинання?
2. Що таке відносна вбирна здатність?
3. Від чого залежить водопоглинання паперу і картону?
4. В чому полягає метод визначення вбирної здатності?
5. Як впливає вбирна здатність паперу і картону на якість готової друкарської продукції?

## **Вимоги до звіту**

1. Вказати мету, стислі теоретичні відомості і завдання лабораторної роботи.
2. Стисло описати основні результати виконання лабораторної роботи.
3. Сформулювати обґрунтовані висновки по лабораторній роботі з урахуванням отриманих результатів.

## **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Поліграфічні матеріали/Під ред. Е. Т. Лазаренка. – Львів: Афіша, 2001. – 418 с.
2. Жидецький Ю.Ц. Поліграфічне матеріалознавство.- Львів: Світ. 2000.- 224 с.
3. Матеріали зі спеціальними властивостями: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентів напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа» / Уклад. К. І. Золотухіна — К.: НТУУ «КПІ» ВП, 2016. – 47 с.
4. Матеріали зі спеціальними властивостями: навч. посіб./О. М. Величко, С. Ф. Гавенко, К. І. Золотухіна.–Львів: УАД, 2016.–155 с.-Електронне видання. ISBN 978-966-322-437-4.

5. Практикум із загального і поліграфічного матеріалознавства /О. М. Величко, О. В. Зоренко, І. О. Кириченко. — К.: „Політехніка” ВПЦ ВПІ НТУУ „КПІ”, 2006.
6. Матеріали видавничо-поліграфічного виробництва: Видавничо-поліграфічні матеріали. Навч. посіб. для студ. спеціальності 186«Видавництво та поліграфія» ОПП «Технологія друкованих і електронних видань»/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т. А. Роїк, А. С. Морозов. - Електронне мережне видання, Київ:КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.-55 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52233>
7. Перетятко Б. Т., Слоцька Л. С. Папір для офсетного друку. — Львів: НВП "Мета", 2000. - 106 с.
8. Скиба В. М. Технологічні основи тиражної стабільності друкарських форм / В. М. Скиба; за заг. ред. О. М. Величко [Текст]: моногр. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2015. — 148 с.
9. Хохлова Р. А. Оздоблення поліграфічної продукції лакуванням / Р. А. Хохлова, О. М. Величко [Текст]: навч. посіб. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2014. — 183 с.
10. Практикум із загального і поліграфічного матеріалознавства/О. М. Величко, О. В. Зоренко, І. О. Кириченко. — К.: „Політехніка” ВПЦ ВПІ НТУУ „КПІ”, 2006.
11. Властивості і характеристики паперу для друку/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uadoc.zavantag.com/text/2778/index-1.html>
12. Папір. Загальні відомості/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ua-referat.com/Папір\\_властивості\\_і\\_виробництво](http://ua-referat.com/Папір_властивості_і_виробництво)
13. Структура і властивості паперу/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vega-print.com.ua/struktura-i-vlastivosti-paperu>
14. ISO 3781. Папір і картон. Визначення міцності на розрив.
15. ДСТУ ISO 1924-3:2010 Папір та картон. Визначання міцності під час розтягування. Частина 3. Метод розтягування з постійною швидкістю (100 мм/хв) (ISO 1924-3:2005, IDT). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64264](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64264)



16. ДСТУ 3529-97 Папір та картон. Методи визначення розмірів і косої аркуша (ГОСТ 21102-97). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=84223](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=84223)

17. ДСТУ EN ISO 186:2008 Папір і картон. Метод відбирання проб для визначення середньої якості. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=84644](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84644)