

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

ОБ'ЄКТИ КЕРУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ

ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації»
спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

Електронне мережне навчальне видання

Київ

КПІ ім. Ігоря Сікорського

2025

ВСТУП

Дисципліна «Об'єкти керування в технології рослинних полімерів» є вибірковою і викладається для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка.

Технологічні процеси целюлозно-паперових виробництв визначають основні механізми вирішення конкретних завдань у галузі та є інструментом для отримання волокнистих напівфабрикатів і виготовлення картонно-паперової продукції, а також створюють сприятливі умови для введення автоматизації у технології та інноваційних рішень у розвиток виробництва готової продукції.

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, умінь та навичок, необхідних для об'єктів керування в технології процесів виробництва целюлози, виготовлення паперу та картону: вивчення теоретичних основ базових технологічних процесів одержання волокнистих напівфабрикатів, виготовлення лабораторних зразків паперу і картону та отримання практичних навичок визначення якісних показників.

Під час виконання практичних робіт студент повинен ознайомитися із теоретичними відомостями до відповідної теми, обрати свій варіант вихідних даних та за відповідними рекомендаціями, які прописані у методиці виконання практичної роботи, зробити розрахунки. У висновках до практичної роботи слід обґрунтувати отримані результати.

Оцінювання практичних робіт відбувається відповідно рейтингової системи оцінювання знань, що надана в силабусі дисципліни.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Визначення вологості **рослинної сировини** висушуванням – метод простий, добре відтворюється і досить точний для більшості випадків.

Аналіз, зазвичай, проводять висушуванням наважки (приблизно 2 г) трісок, у бюксі (скляному або алюмінієвому) (рис. 1.1) до постійної маси за температури 100 – 105 °С.



а)

б)

Рисунок 1.1 – Бюкси алюмінієві (а) та скляні (б)

За температури нижче 100 °С видалення вологи може бути не повним, а за температури вище 105 °С можлива деградація компонентів, що призводить до втрати маси. Висушування найкраще проводити в широких низьких бюксах, які забезпечують вільний доступ повітря до матеріалу. Можна використовувати також алюмінієві бюкси з щільними кришками, які швидко охолоджуються і мають меншу масу, ніж скляні.

Для сушіння проб застосовуються найчастіше звичайні лабораторні сушильні шафи з терморегулятором. У шафу з висушеними зразками не можна поміщати нові наважки, оскільки це підвищує вміст у шафі водяної пари.

Хід роботи. Чистий порожній бюкс (разом з кришкою) у відкритому вигляді висушують у сушильній шафі за температури $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси, охолоджують в ексикаторі з безводним кальцій хлористим і зважують (з точністю до 0,0002 г) на аналітичних вагах (m). Беруть наважку приблизно 2 г трісок (з точністю до 0,0001 г), поміщають їх у бюкс і зважують на аналітичних вагах (m_1). Бюкс з наважкою трісок висушують за температури $103 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 2 год. По закінченні 2 год бюкс із сировиною щільно закривають кришкою (перед тим, як вийняти його із сушильної шафи), охолоджують в ексикаторі (приблизно 20 хв) і зважують на аналітичних вагах (m_2). Перед зважуванням кришку бюкса на короткий час відкривають, щоб зрівняти тиск повітря. Повторюють висушування впродовж 1 год з подальшим зважуванням до тих пір, поки не буде досягнуто постійної маси.

Розрахунок вмісту вологи у сировині (W , %) (відносну вологість сировини, %) проводять за наступною формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100$$

де m – маса пустого бюкса (з кришкою), г;

m_1 – маса бюкса з наважкою до висушування, г;

m_2 – маса бюкса з наважкою після висушування, г.

Іноді розраховують не вологість, а сухість сировини. Для розрахунку вмісту у взятій наважці абсолютно сухого матеріалу зручно користуватися коефіцієнтом сухості матеріалу.

Коефіцієнт сухості повітряно сухих трісок визначають як відношення маси абсолютно сухих трісок і маси трісок до висушування (повітряно сухих):

$$K_{\text{сyx}} = \frac{100 - W}{100} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m},$$

Щоб знайти масу абсолютно сухих трісок ($m_{a.c.тр.}$), необхідно величину повітряно сухої наважки ($m_{п.с.тр.}$) помножити на коефіцієнт сухості ($K_{сух.}$):

$$m_{a.c.тр.} = m_{п.с.тр.} \cdot K_{сух.тр.}$$

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати вміст води у сировині (W, %).
2. Розрахувати коефіцієнт сухості повітряно сухих трісок ($K_{сух.}$).
3. Розрахувати масу абсолютно сухих трісок ($m_{a.c.тр.}$).

***УВАГА.** Всі розрахунки проводити до четвертого знаку після коми.*

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до розрахунку вологості рослинної сировини

Варіант	Маса пустого бюкса (m), г	Маса бюкса з наважкою до висушування (m₁), г	Маса бюкса з наважкою після висушування (m₂), г
Варіант 1	27.2022	32.0022	31.5020
Варіант 2	27.4244	32.1722	31.2000
Варіант 3	27.5027	32.4922	31.2220
Варіант 4	25.2022	30.0022	29.4920
Варіант 5	25.2022	30.1120	29.4424
Варіант 6	25.1111	30.0022	29.4174
Варіант 7	23.7022	28.6920	28.0014
Варіант 8	23.3022	28.1910	27.3415

Варіант	Маса пустого бюкса (m), г	Маса бюкса з наважкою до висушування (m₁), г	Маса бюкса з наважкою після висушування (m₂), г
Варіант 9	23.1025	28.0911	27.4218
Варіант 10	23.2323	28.2922	27.5512
Варіант 11	13.1728	18.0011	17.4410
Варіант 12	13.2746	18.1019	17.2417
Варіант 13	13.2945	18.2529	17.7414
Варіант 14	13.0042	17.9919	17.3212
Варіант 15	13.2004	18.1111	17.6819
Варіант 16	15.2022	20.1616	19.7410
Варіант 17	15.2727	20.1115	19.5215
Варіант 18	15.4747	20.5145	20.0255
Варіант 19	15.5024	20.4219	19.9212
Варіант 20	15.7720	20.7018	20.3417
Варіант 21	15.0029	20.1010	19.6616
Варіант 22	18.7025	23.7018	23.3410
Варіант 23	18.5022	23.4810	22.9018
Варіант 24	18.0022	23.0912	22.5811
Варіант 25	18.5520	23.4415	22.8813

Варіант	Маса порожнього б'юкса (m), г	Маса б'юкса з наважкою до висушування (m₁), г	Маса б'юкса з наважкою після висушування (m₂), г
Варіант 26	19.4426	24.2099	23.7217
Варіант 27	19.4029	24.4912	23.1810
Варіант 28	19.1027	24.1927	23.7927
Варіант 30	21.4430	26.4915	26.0010
Варіант 31	21.4135	25.9919	25.5812
Варіант 32	21.5431	26.4216	25.9710
Варіант 33	33.4230	38.4915	37.8817
Варіант 34	33.0235	38.0917	37.5810
Варіант 35	33.1265	38.0719	37.6213

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 1

1. Який метод використовують для визначення вологості трісок?
2. Чому важливо підтримувати температуру сушіння в сушильній шафі в межах 100 – 105 °С?
3. Чому висушування найкраще проводити у широких низьких б'юксах?
4. Яке обладнання, зазвичай, застосовується для сушіння зразків трісок деревини або недеревної рослинної сировини?
5. В яких межах, зазвичай, коливається вологість паперу згідно стандартів?
6. Як визначають коефіцієнт сухості повітряно сухих трісок?
7. Як визначити масу абсолютно сухих трісок деревини?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

ТЕМА: ВАРІННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Варіння целюлози в умовах лабораторії проводять у гліцериновій бані (рис.2.1). Гліцеринова баня являє собою круглу посудину із плоским дном та кришкою. Поверхня тіла бані має електрообмотку для нагрівання. Баня заключена в кожух із листового заліза, на поверхню якого виведено клеми електрообігрівальної обмотки, що з'єднана проводами з електрощитом. На щиті встановлено вимикачі електроживлення.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд гліцеринової бані

У кришці є два отвори: один для звичайного, а інший для контактного термометра. До контактного термометра приєднані клеми, які через проводи

з'єднані з електрощитом.

Ємність гліцеринової бані заливають гліцерином та вставляють решітку, яка має отвори певного діаметру під автоклави (рис.2.2).



Рисунок 2.2 - Ємність гліцеринової бані

Для варіння використовують батарейні автоклави місткістю 0,5 л. Автоклав являє собою циліндричну ємність, виготовлену з кислототривкої сталі з плоским дном і кришкою (рис. 2.3).

Проведення процесу варіння та його контроль

Для варіння використовують тріски деревини середнього розміру (довжина × ширина × товщина) 20 × 20 × 3 мм. Вид сировини визначається завданням на варіння.



Рисунок 2.3 – Автоклав

Перед варінням перевіряють чистоту автоклава, для герметизації використовують гумові прокладки.

Завантаження автоклава проводять наступним чином: попередньо подрібнену і зважену на технічних вагах (з розрахунку на 40 г абс. сировини) січку висипають в автоклав частинами та періодично ущільнюють. На завантажену в автоклав сировину, для запобігання її спливання, укладають спеціальний металевий диск (свинцеву перфоровану пластину) та заливають завчасно приготованим відповідної концентрації варильним розчином із дотриманням гідромодуля, наприклад,

ГМ 5 : 1.

До кожного автоклава підбирають відповідну кришку, у яку вставляють гумову прокладку для кращої герметизації та закручують її спочатку вручну, потім гайковим ключем.

Завантажені автоклави опускають у завчасно нагріту до необхідної температури гліцеринову баню.

Після цих операцій закривають гліцеринову баню кришкою і в спеціально відведені отвори кришки вставляють термометри. Використовуючи систему автоматичного регулювання, контролюють температуру варіння.

Варіння проводять за заданим технологічним режимом. Залежно від режиму варіння, знімають показники термометра через кожні 5 – 10 хвилин. Показники температури записують у протокол варіння.

Якщо фактичні значення температури будуть відрізнятися від заданих, тоді відповідно зменшують або збільшують силу струму, який подається на нагрівання.

Забороняється залишати гліцеринову баню в процесі варіння без догляду!

Схематично процес варіння (делігніфікації) деревини показано на рис.2.4.



Рисунок 2.4 – Схематичний процес варіння (делігніфікації) деревини лужно-сульфітним способом

Під час варіння студент складає звіт, у якому фіксує вихідні дані, фактичну температуру варіння через певні проміжки часу та закінчення варіння.

Приклад звіту наведено нижче.

Наприклад, необхідно зварити целюлозу за ГМ 5 : 1.

Завантажено повітряно сухих трісок – 45 г.

$K_{\text{сух}}$ січки – 0,8000.

Завантажено абс. сух. трісок – $45 \times 0,8000 = 36$ г.

Вологи в сировині – $45 - 36 = 9$ г.

Кількість рідини – 189 мл,

з них розчину – 180 мл,

води в сировині – 9 мл.

Витрати активного лугу в од. Na_2O – 20 % від маси абс. сух. сировини.

Початок варіння – 10 год 00 хв.

Закінчення варіння – 12 год 00 хв.

Тривалість варіння – 2 год 00 хв,
у тому числі заварювання – 1 год 00 хв.

За отриманими даними будують температурний графік варіння (рис. 2.5).

Закінчивши варіння, відключають електричний обігрів. Далі знімають термометри, відкривають кришку бані і спеціальним захватом виймають по черзі автоклави. Гарячі автоклави поміщають у велику ємність із холодною водою для їхнього охолодження до кімнатної температури (приблизно 10 хв).

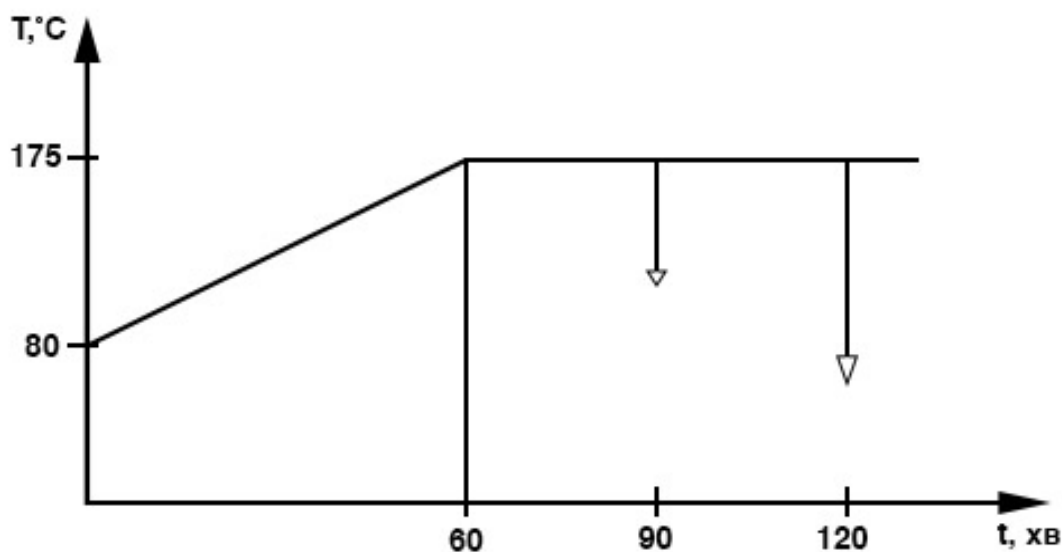


Рисунок 2.5 – Температурний графік варіння

Впевнившись у тому, що автоклави добре охолоджені, їх вставляють у спеціальні пристосування для відкручування кришки. Відпрацьований розчин (щолок) відокремлюють від твердого залишку в конічну колбу. Твердий залишок переносять у спеціальні зцідники для його промивання і сортування.

Зцідники являють собою дерев'яний або металевий ящик, дно якого обтягнуто сіткою (рис. 2.6). Для сортування і промивання целюлози використовують набір із двох зцідників, встановлених один на другий. Нижній зцідник має сітку № 40. Верхній зцідник має сито з діаметром отворів 4 – 10 мм.

Масу, що потребує промивання та сортування, переносять у дерев'яний зцідник із великими отворами і розмивають сильним струменем води з гумового

шланга, а потім розминають вручну доти, поки на верхній сітці залишаться лише сучки і непровар.

Целюлоза в результаті проходить через верхнє сито та збирається в нижньому зіднику на сітці (рис. 2.7).



Рисунок 2.6 – Зідник



Рисунок 2.7 – Промита целюлоза

Після закінчення сортування, целюлозу і непровар віджимають як найсильніше. Целюлозу роздирають на невеликі шматочки, добре перемішують і зважують на технічних вагах ($M_{\text{пов.сух.цел.}}$). Одночасно беруть наважку целюлози приблизно 5 – 10 г для визначення її сухості. Цю наважку висушують спочатку на повітрі, а потім до постійної маси в сушильній шафі за температури 105 °С або експрес-методом на сушильній гірці контактним сушінням.

ЗАВДАННЯ

Підгрупа 1. Зварити целюлозу для виробництва паперу і картону за графіком:

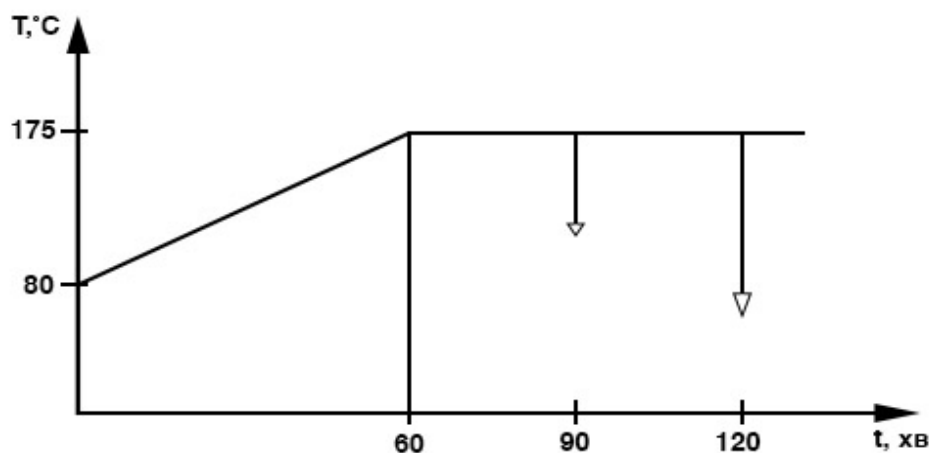


Рисунок 2.8 – Температурний графік варіння целюлози виробництва паперу і картону

Витрати активного лугу в од. Na_2O складають 20 % від маси абсолютно сухої сировини.

Підгрупа 2. Зварити целюлозу для хімічного перероблення за графіком:

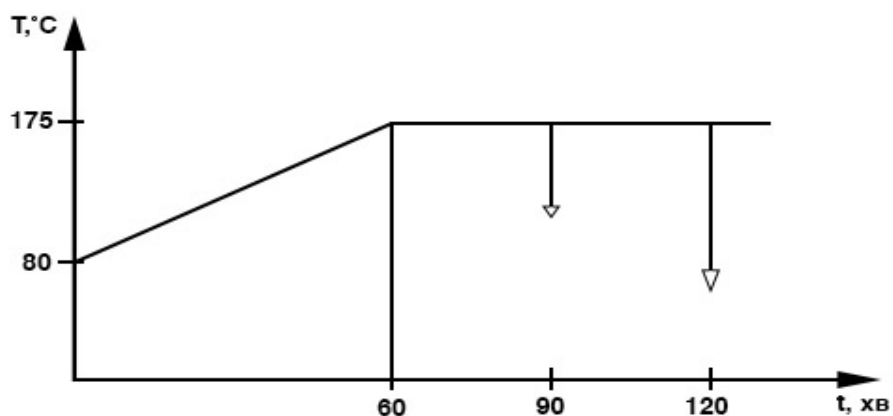


Рисунок 2.9 – Температурний графік варіння целюлози для хімічного перероблення

Витрати активного лугу в од. Na_2O складають 26 % від маси абсолютно сухої сировини.

УВАГА! Графіки повинні відповідати вашому варіанту.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до зображення температурного режиму варіння целюлози з трісок деревини

Варіант	Підйом температури (заварювання) від 80 °С до 175 °С, хв	Тривалість варіння за кінцевої температури 175 °С, хв	Маса волокнистого напівфабрикату після варіння, г
Підгрупа 1			
Варіант 1	30	210	171.5
Варіант 2	35	200	176.2
Варіант 3	40	195	169.4
Варіант 4	45	190	167.5
Варіант 5	50	185	153.4
Варіант 6	55	180	155.2
Варіант 7	60	175	168.0
Варіант 8	65	170	167.3
Варіант 9	70	165	170.1
Варіант 10	50	170	172.5
Варіант 11	55	165	173.4
Варіант 12	60	160	170.6
Варіант 13	65	155	168.7
Підгрупа 2			
Варіант 14	70	360	125.3
Варіант 15	75	360	124.6
Варіант 16	80	355	126.7
Варіант 17	90	355	124.9
Варіант 18	90	350	120.0
Варіант 19	95	350	122.9
Варіант 20	95	235	121.3

Варіант	Підйом температури (заварювання) від 80 °С до 175 °С, хв	Тривалість варіння за кінцевої температури 175 °С, хв	Маса волокнистого напівфабрикату після варіння, г
Варіант 21	100	335	125.6
Варіант 22	100	330	123.3
Варіант 23	105	330	122.9
Варіант 24	105	325	122.6
Варіант 25	110	325	121.8
Варіант 26	110	320	123.0
Варіант 27	115	320	123.8
Варіант 28	115	315	121.7
Варіант 30	120	315	100.0
Варіант 31	120	310	101.5
Варіант 32	125	310	99.9
Варіант 33	125	305	97.8
Варіант 34	130	305	97.0
Варіант 35	130	300	95.6

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 2

1. Сформулюйте основну мету процесу варіння целюлози.
2. Що собою являє температурний режим варіння целюлози?
3. Яку сировину використовують для варіння целюлози?
4. Чому розрахунки витрат реагентів для варіння проводять на абсолютно суху сировину?
5. Яке обладнання використовують для варіння целюлози у лабораторії? Опишіть його.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СУХОСТІ ($K_{\text{СУХ}}$) ЦЕЛЮЛОЗИ. ВИЗНАЧЕННЯ ВИХОДУ ВОЛОКНИСТОГО НАПІВФАБРИКАТУ (ЦЕЛЮЛОЗИ)

3.1 Визначення коефіцієнта сухості ($K_{\text{СУХ}}$) целюлози

Целюлозу, яку отримують після варіння, промивання, сортування роздирають на невеликі шматочки, добре перемішують і зважують на технічних вагах ($M_{\text{ц}}$). Одночасно беруть наважку целюлози приблизно 5 г для визначення її сухості. Цю наважку висушують спочатку на повітрі, а потім до постійної маси в сушильній шафі за температури 105 °С або експрес-методом на сушильній гірці контактним сушінням.

Хід роботи. Чистий порожній бюкс (разом з кришкою) у відкритому вигляді висушують у сушильній шафі за температури $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постійної маси, охолоджують в ексикаторі з безводним кальцій хлористим і зважують (з точністю до 0,0002 г) на аналітичних вагах. Беруть наважку приблизно 5 г целюлози і поміщають у бюкс, який зважують на аналітичних вагах (з точністю до 0,0001 г). Висушування наважки целюлози (микрої) у бюксі проводять спочатку на повітрі, а потім у сушильній шафі протягом 3 – 4 год за температури $103 \pm 2^\circ\text{C}$. По закінченні визначеного часу бюкс із целюлозою щільно закривають кришкою (перед тим, як вийняти його із сушильної шафи), охолоджують в ексикаторі (приблизно 20 хв) і зважують на аналітичних вагах. Перед зважуванням кришку бюкса на короткий час відкривають, щоб зрівняти тиск повітря. Повторюють висушування впродовж 1 год з подальшим зважуванням до тих пір, поки не буде досягнуто постійної маси.

Розраховують коефіцієнт сухості ($K_{\text{СУХ.п.}}$) целюлози за наступним чином.

Коефіцієнт сухості повітряно сухої целюлози визначають як відношення маси абсолютно сухої целюлози до маси повітряно сухої целюлози (тобто, до висушування):

$$K_{\text{сух.ц.}} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

де m – маса порожнього бюкса (з кришкою), г;

m_1 – маса бюкса з наважкою до висушування, г;

m_2 – маса бюкса з наважкою після висушування, г.

Щоб знайти масу абсолютно сухої целюлози ($m_{\text{а.с.ц.}}$), необхідно величину повітряно сухої наважки ($m_{\text{п.с.ц.}}$), помножити на коефіцієнт сухості ($K_{\text{сух.ц.}}$):

Розраховують коефіцієнт сухості ($K_{\text{сух}}$) целюлози після висушування наважки до постійної ваги.

Наприклад, повітряно сухої (волої) наважки целюлози взято – 5,0000 г ($m_{\text{п.с.ц.}}$).

Після висушування абсолютно суха наважка становить – 1,2000 г ($m_{\text{а.с.ц.}}$).

$$K_{\text{сух}} = \frac{m_{\text{а.с.ц.}}}{m_{\text{п.с.ц.}}} = \frac{1,2000}{5,0000} = 0,2400.$$

За коефіцієнтом сухості визначають масу абсолютно сухої целюлози ($M_{\text{а.с.ц.}}$), якщо маса повітряно сухої (мокрої) целюлози ($M_{\text{п.с.ц.}}$) дорівнює – 120 г:

$$M_{\text{а.с.ц.}} = M_{\text{п.с.ц.}} \cdot K_{\text{сух.ц.}} = 120 \cdot 0,2400 = 28,8 \text{ г.}$$

Непровар після промивання від щолоку гарячою водою необхідно висушити до абсолютно сухого стану. У деяких випадках до розрахунку приймають сухість непровару 0,15 – 0,20.

3.2 ВИЗНАЧЕННЯ ВИХОДУ ВОЛОКНИСТОГО НАПІВФАБРИКАТУ (ЦЕЛЮЛОЗИ)

Вихід целюлози, вихід непровару, загальний вихід волокнистого напівфабрикату розраховують у % від маси абсолютно сухої вихідної деревини ($M_{\text{а.с.д.}}$), взятої на варіння.

Наприклад, маса повітряно сухої целюлози (сепарованої) – $M_{\text{п.с.ц.}} = 120$ г.

Вихід целюлози сепарованої, у %, розраховують за формулою:

$$B_{ц} = \frac{M_{a.c.ц.}}{M_{a.c.д.}} \cdot 100 = \frac{M_{n.c.ц.} \cdot K_{сух.ц.}}{M_{n.c.д.} \cdot K_{сух.д.}} = \frac{120 \cdot 0,2400}{45 \cdot 0,8900} \cdot 100 = \frac{28,8}{40,05} \cdot 100 = 71,9\%.$$

Вихід непровару, у %, розраховують за формулою:

$$B_{непровар} = \frac{M_{абс.сух. \text{ непровар}}}{M_{a.c.д.}} \cdot 100, \%$$

Загальний вихід, у %, розраховують за формулою:

$$B_{заг.} = B_{ц} + B_{непровар}$$

У звіт лабораторного варіння целюлози вноситься завдання на варіння, звіт варіння, графіки зміни температури, результати визначення виходу напівфабрикатів, характеристики варильного розчину, рослинної сировини, добавок каталізатора.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Варіант	$K_{сух}$ целюлози	Маса волокнистого напівфабрикату після варіння, г
Підгрупа 1		
Варіант 1	0,2222	1715
Варіант 2	0,1911	176,2
Варіант 3	0,1944	169,4
Варіант 4	0,1856	167,5
Варіант 5	0,1700	153,4
Варіант 6	0,1888	155,2

Варіант	K_{сух} целюлози	Маса волокнистого напівфабрикату після варіння, г
Варіант 7	0,1822	168,0
Варіант 8	0,1905	167,3
Варіант 9	0,1875	170,1
Варіант 10	0,1942	172,5
Варіант 11	0,1766	173,4
Варіант 12	0,1825	170,6
Варіант 13	0,1788	168,7
Підгрупа 2		
Варіант 14	0,1822	125,3
Варіант 15	0,1800	124,6
Варіант 16	0,1811	126,7
Варіант 17	0,1742	124,9
Варіант 18	0,1715	120,0
Варіант 19	0,1710	122,9
Варіант 20	0,1700	121,3
Варіант 21	0,1680	125,6
Варіант 22	0,1677	123,3
Варіант 23	0,1560	122,9
Варіант 24	0,1500	122,6
Варіант 25	0,1420	121,8
Варіант 26	0,1401	123,0
Варіант 27	0,1322	123,8
Варіант 28	0,1200	121,7
Варіант 30	0,1180	100,0
Варіант 31	0,1141	101,5
Варіант 32	0,1089	99,9

Варіант	$K_{\text{сух}}$ целюлози	Маса волокнистого напівфабрикату після варіння, г
Варіант 33	0,1044	97,8
Варіант 34	0,1020	97,0
Варіант 35	0,1000	95,6

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 3

1. Чи потрібно визначати коефіцієнт сухості отриманого волокнистого напівфабрикату?
2. Що показує коефіцієнт сухості отриманого волокнистого напівфабрикату?
3. Від яких складових залежить розрахунок виходу волокнистого напівфабрикату?
4. Як визначити масу абсолютно сухого волокнистого напівфабрикату?
5. Як визначити вихід волокнистого напівфабрикату?
6. В яких одиницях виражають вихід волокнистих напівфабрикатів?
6. Опишіть волокнистий напівфабрикат, який було отримано у результаті варіння.
7. Як визначають коефіцієнт сухості повітряно сухої целюлози (волокнистого напівфабрикату)?
8. З чого складається загальний вихід волокнистого напівфабрикату після варіння?
9. Що собою являє непровар після варіння деревини?
10. Чи залежить визначення коефіцієнта сухості волокнистого напівфабрикату від наважки?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛИШКОВОГО ЛІГНІНУ У ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТАХ ПРЯМИМИ ТА НЕПРЯМИМИ МЕТОДАМИ. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ

Теоретичні відомості

Технічна невібілена целюлоза та окремі види вибіленої містять деяку кількість залишкового лігніну. Лігнін являє собою суміш лігніну і продуктів його реакцій, що залишаються в технічній целюлозі після делігніфікації деревної сировини в ході варіння і після вибілювання невібіленої целюлози. Залишковий лігнін у целюлозі є сильно видозміненим продуктом і кількісне його визначення є достатньо складним завданням.

Всі методи, що використовуються для визначення залишкового лігніну в целюлозі, можна поділити на **прямі і непрямі**.

Прямі методи (безпосереднє виділення лігніну з целюлози) базуються на гідролізі целюлози концентрованими кислотами.

Необхідною умовою для визначення лігніну, як і у випадку аналізу деревини, є попереднє видалення смол і жирів екстрагуванням органічними розчинниками. Слід зауважити, що це дозволяє прискорити процес гідролізу целюлози за рахунок збільшення її доступності до дії мінеральних кислот. Прямі методи виділення залишкового лігніну в целюлозі, особливо в невібіленій, до цих пір широко застосовуються у науково-дослідних лабораторіях.

Для контролю процесів варіння і вибілювання целюлози на практиці найбільш часто використовують непрямі методи, в яких визначається не масова частка залишкового лігніну, а **ступінь делігніфікації** целюлози, що побічно вказує на вміст лігніну.

Ступінь делігніфікації – це показник якості целюлози, що характеризується часткою лігніну, яка видалена під час делігніфікації. Іноді розраховують **відносний ступінь делігніфікації целюлози як відношення маси лігніну, видаленого в процесі делігніфікації, до маси вихідного лігніну в сировині та виражають це відношення у відсотках.** В основі непрямих методів лежить використання властивостей лігніну легко окиснюватися дією різних специфічних окисників – хлору, бромну, перманганату калію, які руйнують лігнін в умовах аналізу, але не впливають на целюлозу. Результати визначення виражають у вигляді хлорних, бромних і перманганатних чисел, які характеризують так звану **жорсткість целюлози.** Жорстка целюлоза містить багато залишкового лігніну, а м'яка целюлоза – мало лігніну.

Непрямі методи використовують тільки для волокнистих напівфабрикатів з виходом не більше 70 %. Вони дають велику похибку для вибіленої целюлози з дуже низьким вмістом залишкового лігніну і не застосовуються до деревної і термомеханічної маси.

ПРЯМИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО ЛІГНІНУ У ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТАХ

4.1 Визначення лігніну по Класону (у модифікації Комарова)

Метою роботи є оволодіння методикою визначення масової частки лігніну у волокнистих напівфабрикатах та сировині.

Обладнання і посуд: електрична плитка, колба Бунзена, водострумний насос, фільтр Шотта (ПОР 160), зворотний холодильник, конічна колба з притертою пробкою на 50 мл, конічна колба на 500 мл, стакан на 200 мл.

Необхідні реактиви: рослинна сировина після екстракції смол, жирів та восків, сульфатна кислота концентрацією 72 %.

Хід роботи. Наважку повітряно-сухої тирси, знесмоленої етиловим ефіром або спирто-бензольною сумішшю, масою приблизно 1 г поміщують у конічну колбу (або хімічну склянку) об'ємом 50 мл з притертою пробкою. Вологість попередньо знесмоленої тирси визначають за окремою методикою.

До наважки додають 15 мл 72%-ої H_2SO_4 (густиною 1,64 г/мл) та витримують у термостаті за температури 24 – 25 °С протягом 2,5 год, періодично обережно перемішують, щоб уникнути утворення грудок. Потім суміш лігніну з кислотою переносять у конічну колбу об'ємом 500 мл, змиваючи лігнін 200 мл дистильованої води. Для цього можна користуватися скляною паличкою з гумовим наконечником.

Розбавлену суміш кип'ятять зі зворотним холодильником на електричній плитці (слабке кипіння) впродовж 1 год. Частинкам лігніну дають укрупнитися і осісти. Потім лігнін фільтрують через два беззольних фільтри (попередньо врівноважених на аналітичних терезах). Для врівноваження фільтри кладуть на ліву та праву чашки терезів і потім більш важкий обережно зрізується ножицями до однакової маси з іншим.

Через вставлені один в одного фільтри спочатку обережно зливають кислий розчин, а потім переносять лігнін. Лігнін на фільтрах промивають гарячою дистильованою водою до повного видалення сульфатної кислоти.

Для встановлення кінця процедури відмивання краплю рідини, що стікає з фільтра, наносять на фільтрувальний папір і додають індикатор метиловий оранжевий. Якщо індикатор не змінює кольору, промивання вважають закінченим. Фільтр з лігніном сушать у сушильній шафі за температури ($103 \pm 2^\circ\text{C}$) до постійної маси і зважують з точністю до 0,0002 г.

Для визначення кількості мінеральних речовин (золи) у лігніні фільтр з лігніном спалюють у тиглі та прожарюють у муфельній печі до сталої маси.

Масову частку лігніну, у відсотках до абсолютно сухої вихідної (знесмоленої) деревини, розраховують за формулою:

$$Lign = \frac{L - Z}{E \cdot K_{\text{сух}} \cdot (100 - E_{\text{СЖВ}})} \cdot 100\%,$$

де L – маса лігніну, г;

Z – маса золи, що міститься в лігніні, г;

E – маса повітряно сухої наважки знесмоленої деревини, г;

$E_{\text{СЖВ}}$ – вміст екстрактивних речовин, %.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛИШКОВОГО ЛІГНІНУ У ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТАХ НЕПРЯМИМИ МЕТОДАМИ

4.2 Визначення ступеня делігніфікації (жорсткості) целюлози

Ступінь делігніфікації (жорсткість) целюлози є одним із найважливіших показників, що характеризують повноту видалення лігніну з рослинної сировини в процесі варіння. Вміст лігніну або ступінь делігніфікації, яка йому відповідає, в основному, визначає придатність невивіленої целюлози до вивілювання.

Ступінь делігніфікації (жорсткість) целюлози або напівцелюлози за Каппа характеризується кількістю мілілітрів 0,1 н розчину KMnO_4 , що витрачається на окиснення лігніну, який міститься в 1 г абсолютно сухого волокна протягом 10 хв за температури 25 °С і витрати перманганату 50 % від заданого.

Це є найбільш точний і швидкий непрямий метод визначення лігніну тому, що між числом Каппа і вмістом лігніну існує майже прямолінійна залежність.

Перше визначення проводять для знаходження необхідної наважки целюлози для аналізу, коли витрачається 30 – 70 % перманганату від заданого.

Чим гірше проварена целюлоза, тим меншою повинна бути наважка целюлози!

У випадку відомого приблизного вмісту лігніну, наважку целюлози можна визначити з табл. 4.1.

Підготовлену наважку целюлози, взяту з точністю до 0,001 г, розбивають у 250 мл дистильованої води в мішалці-гідророзбивачі до зникнення грудочок, уникаючи розрізання волокон. Отриману масу переносять у реакційну ємність об'ємом 1000 мл із мішалкою. Посудину ретельно споліскують 100 мл дистильованої води, яку також виливають у реакційну ємність.

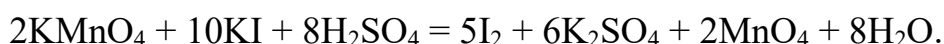
Таблиця 4.1 – Маса наважки абсолютно сухої целюлози (напівцелюлози) для визначення ступеня делігніфікації за відомого вмісту лігніну

Погли- ння <i>KMnO₄</i> , %	Лігнін, %	Наважка (г) за вмісту лігніну (%)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0	–	–	2,35	1,55	1,15	0,92	0,76	0,65	0,57	0,50
50		–	–	4,10	2,67	2,00	1,60	1,34	1,14	0,99	0,88
70		–	–	6,20	4,10	3,05	2,45	2,00	1,73	1,50	1,35
30	10	0,45	0,41	0,37	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25	0,24
50		0,79	0,71	0,65	0,60	0,56	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41
70		1,20	1,09	0,99	0,92	0,85	0,79	0,74	0,70	0,66	0,62
30	20	0,22	0,21	0,20	–	–	–	–	–	–	–
50		0,39	0,37	0,35	–	–	–	–	–	–	–
70		0,59	0,56	0,53	–	–	–	–	–	–	–

Хід роботи. Пробу целюлози в ємності розмішують мішалкою до зникнення грудочок маси. Не перериваючи перемішування маси, доливають до неї суміш, що складається з 50 мл 0,1 н розчину *KMnO₄* і 50 мл 4 н розчину *H₂SO₄*, попередньо відміряних піпетками в окрему склянку. Склянку з-під суміші кислот споліскують ще 50 мл дистильованої води, яку також виливають

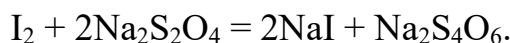
у реакційну ємність, загальний об'єм рідини в якій повинен бути точно 500 мл. Через 5 хв із моменту приливання розчину вимірюють температуру реакційної суміші, яка повинна знаходитися в межах 20 ± 5 °С.

Точно через 10 хв від початку реакції в реакційну ємність додають приблизно 10 мл 1 М розчину *KI*, який відміряють циліндром, для припинення реакції окиснення лігніну за рахунок відновлення перманганату йодистим калієм за реакцією:



Не припиняючи перемішування в стакані, вільний йод, що виділився, титрують 0,2 н розчином тіосульфату натрію до солом'яного кольору, потім додають 5 – 10 крапель 0,5 % розчину індикатора крохмалю і продовжують титрування до знебарвлення суміші.

Реакція взаємодії йоду із натрій тіосульфатом перебігає наступним чином:



Паралельно визначають витрати натрій тіосульфату на титрування холостої проби (дослід проводять без целюлози та з витриманням 10 хв).

У разі дослідження напівцелюлози відбирають 100 мл 0,1 н розчину *KMnO₄*, 100 мл 4 н розчину *H₂SO₄* і 20 мл 1 М розчину *KI*. Загальний об'єм рідини повинен складати 1000 мл, інші умови залишаються незмінними.

Для дослідження целюлози з невеликим вмістом лігніну аналіз необхідно виконувати відповідно до вимог стандарту.

Ступінь делігніфікації целюлози розраховують за формулою:

$$x = \frac{V \cdot d}{m} [1 + 0,013(25 - t)],$$

де *V* – витрати 0,1 н розчину *KMnO₄*, мл:

$$V = \frac{(V_1 - V_2) \cdot H}{0,1},$$

де V_1 – об'єм 0,2 н розчину $Na_2S_2O_3$, витрачений на титрування холостої проби, мл;

V_2 – об'єм 0,2 н розчину $Na_2S_2O_3$, витрачений на титрування аналізованої проби з наважкою целюлози, мл;

N – нормальність розчину $Na_2S_2O_3$;

d – коефіцієнт перерахунку на 50 %-ві витрати марганцевокислого калію, що залежить від V (визначають за табл. 1);

m – маса наважки абсолютно сухої целюлози, г;

t – середня температура реакційної суміші, °С.

Для визначення ступеня делігніфікації напівцелюлози коефіцієнт перерахунку знаходять також за табл. 2, але в цьому випадку V – отримані витрати $KMnO_4$ – ділять навпіл. За остаточний результат приймають середнє арифметичне двох визначень.

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт перерахунку на 50 % від витрати перманганату калію d залежно від V , мл

V , мл	d	V , мл	D	V , мл	d	V , мл	d
15,0	0,958	20,0	0,979	25,0	1,000	30,0	1,022
15,5	0,960	20,5	0,981	25,5	1,002	30,5	1,024
16,0	0,962	21,0	0,983	26,0	1,004	31,0	1,026
16,5	0,964	21,5	0,985	26,5	1,006	31,5	1,028
17,0	0,966	22,0	0,987	27,0	1,009	32,0	1,030
17,5	0,968	22,5	0,989	27,5	1,011	32,5	1,033
18,0	0,970	23,0	0,991	28,0	1,013	33,0	1,035
18,5	0,973	23,5	0,994	28,5	1,015	33,5	1,037
19,0	0,975	24,0	0,996	29,0	1,017	34,0	1,039
19,5	0,977	24,5	0,998	29,5	1,019	34,5	1,042

За ступеня делігніфікації целюлози менше 100, результати досліджень округлюють із похибкою не більше 0,1; розбіжності, що допускаються між паралельними визначеннями, не повинні перевищувати 0,5 одиниць.

У випадку ступеня делігніфікації більше 100, результати досліджень округлюють із похибкою не більше 1, розбіжності, що допускаються між паралельними визначеннями, не повинні перевищувати 2 одиниці.

Щоб одержати 50 % витрати калій перманганату на окиснення зразка целюлози, його масу визначають за формулою:

$$m_{50} = m_x \frac{50}{x}$$

де m_{50} – маса наважки для 50 %-го поглинання калій перманганату, г;

m_x – маса наважки целюлози за x % поглинання калій перманганату на наважку, що досліджується;

x – витрати калій перманганату на наважку, що досліджується, m_x , %.

За вмісту лігніну 2 – 16 % між ступенем делігніфікації целюлози і вмістом у ній лігніну існує пряmolінійна залежність. Жорсткість целюлози можна перерахувати на залишковий лігнін. Для цього отримане значення жорсткості целюлози треба помножити, %:

для сульфатної целюлози:

$$L = x \cdot 0,17 \%$$

для сульфатної целюлози:

$$L = x \cdot 0,15 \%$$

для напівцелюлози:

$$L = x \cdot 0,16 \%$$

де x – ступінь делігніфікації.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 4

1. Які методи використовують для визначення залишкового лігніну?
2. На чому базуються прямі методи визначення залишкового лігніну?
3. Як потрібно підготувати сировину для визначення залишкового лігніну?
4. Охарактеризуйте ступінь делігніфікації целюлози.
5. Що лежить в основі непрямих методів визначення лігніну?
6. У яких одиницях виражають результати визначення ступеня делігніфікації?
7. Чи має значення вихід волокнистих напівфабрикатів для використання непрямих методів визначення ступеня делігніфікації?
8. Опишіть роль кислоти під час визначення залишкового лігніну прямим методом.
9. Яку наважку волокнистих напівфабрикатів беруть для визначення залишкового лігніну прямим методом?
10. Опишіть суть методу визначення беззольного лігніну.
11. За яких умов проводять ступінь делігніфікації волокнистих напівфабрикатів?
12. Як підібрати наважку для визначення ступеня делігніфікації?
13. Охарактеризуйте роль KMnO_4 у ході визначення ступеня делігніфікації.
14. У якому середовищі проводять визначення ступеня делігніфікації?
15. Як відрізняється визначення ступеня делігніфікації для напівцелюлози та целюлози?
16. Яка похибка дослідження допускається під час визначення ступеня делігніфікації?
17. Які методи визначення залишкового лігніну використовують для волокнистих напівфабрикатів з високим вмістом лігніну?
18. На чому базується визначення ступеня делігніфікації непрямим методом?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

ТЕМА: РОЗМЕЛЮВАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ВІДЦЕНТРОВО-РОЗМЕЛЮВАЛЬНОМУ АПАРАТІ. ВИЗНАЧЕННЯ ГРАДУСА МЛИВА ($^{\circ}$ ШР)

5.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів

Для визначення фізико-механічних властивостей напівфабрикатів необхідно спочатку виготовити стандартні відливки з розмеленої маси. Розмелювання напівфабрикатів проводять у відцентрово-розмелювальному апараті (ВРА), який зображено на рис 5.1. Апарат складається із 6-ти стаканів для розмелювання.

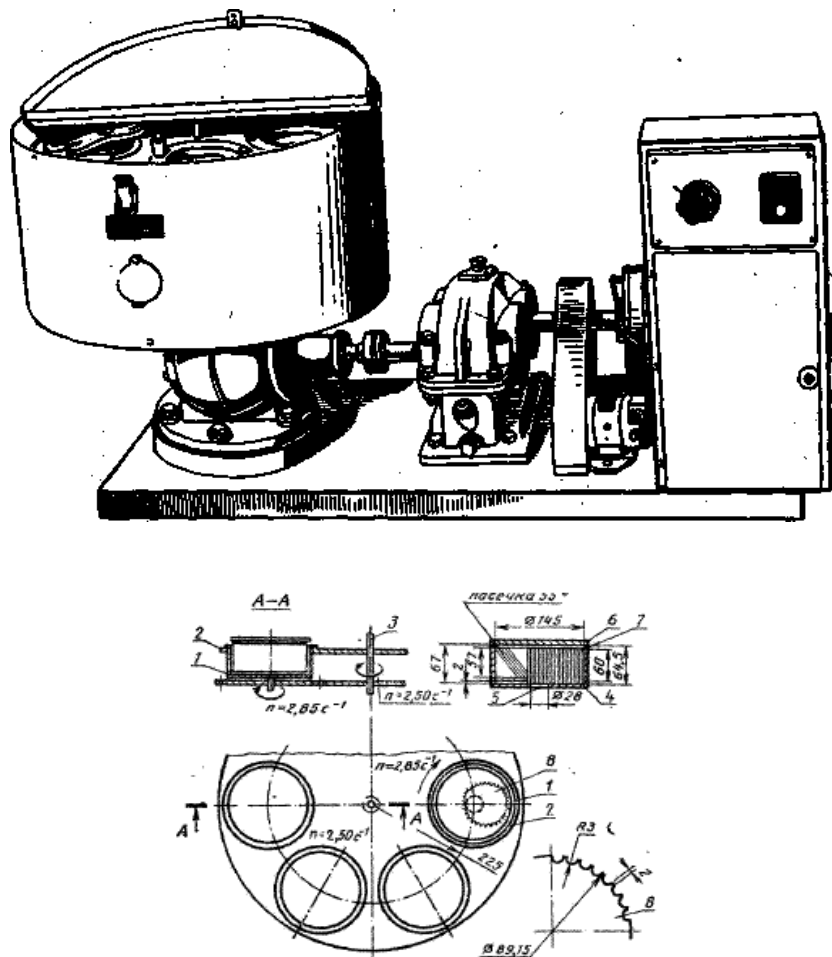


Рисунок 5.1 – Відцентровий розмелювальний апарат

1. Апарат для розмелювання складається з горизонтального стола, що обертається 2, у який вмонтовано шість циліндричних **заглиблень**, які обертаються в ході роботи навколо центральної осі 3 та навколо власної осі.

2. Апарат для розмелювання складається посудини для розмелювання (стакана) з кришкою, барабана з ножами і дерев'яного диска. Стакан поміщають в циліндричну ємність та закривають держакком.

3. Посудина для розмелювання (стакан) циліндричної форми 4 має внутрішній діаметр $145 \pm 1,0_{0,2}$ мм за висоти внутрішньої стінки $67,0 \pm 0,2_{0,4}$ мм. Площина посудини має концентричний підйом на $2,0 \pm 0,1_{0,5}$ мм від стінки посудини для виїмки діаметром $28 \pm$ мм, яка знаходиться в центрі посудини. Виїмка заповнена дерев'яним диском, розбухлим, наприклад з граба, який є робочою поверхнею для барабана 8. Диск у вологому стані повинен перевищувати навколишню поверхню на $0,4 \pm 0,2$ мм.

4. Внутрішня стінка посудини для розмелювання (стакана) має лівосторонню насічку висотою $57 \pm 0,2_{0,4}$ мм, яка нанесена на відстані 5 мм від краю і до дна посудини під кутом $55^\circ \pm 30'$. Крок насічки складає $1,32 \pm 0,07$ мм. На кожні 10 мм довжини круга повинно бути 7,64 насічок.

5. Внутрішня сторона кришки посудини гладка, по периметру має виїмку для ущільнювального кільця 7.

6. Посуд і кришка виготовлено із нержавіючого матеріалу з твердістю за Бривеллем 105 ± 10 одиниць.

7. Барабан для розмелювання має форму циліндра і точно відцентрований. Його діаметр дорівнює $89,15 \pm 1,2_{0,1}$ мм, висота $60,0 \pm 0,1$ мм. Барабан має розподілені рівномірно ножі з ребрами шириною $2,0 \pm 0,1_{0,3}$ мм, що утворені 35 напівкруглими виїмками радіусом 3 мм. Маса відбалансованого барабана для розмелювання становить 2000 ± 15^5 г. Барабан виготовлено із нержавіючого матеріалу з твердістю за Бривеллем 85 ± 10 одиниць.

8. Геометрична вісь посудини для розмелювання обертається за часовою стрілкою навколо вертикальної осі $2,50 \pm 0,03$ с⁻¹. Планетарна передача

забезпечує обертання ємностей, у які вставлено посудини для розмелювання, навколо власної осі з частотою $2,50 \times 1,14 \text{ с}^{-1} - 2,85 \text{ с}^{-1}$.

Для приготування відливок із целюлози можна використовувати як суху, так і вологу целюлозу. **У кожен стакан завантажують по 16 г целюлози у перерахунку на абсолютно сухе волокно.** Наважку сухої целюлози вручну розривають на шматочки приблизно 1×1 см. Заливають дистильованою водою за температури води 20 ± 5 °С для набрякання не менше 2 год.

Кількість води, що заливається в стакан, повинна бути такою, щоб концентрація маси складала 6 %.

Наприклад, за $K_{\text{сух.ц.}} = 0,3500$ на технічних вагах необхідно зважити повітряно сухої целюлози: $16 : 0,3500 = 45,71$ г.

$$\text{Об'єм води} = \frac{100 \cdot 16}{6} - 45,71 = 267 - 45,71 = 220,95 \approx 221 \text{ мл}.$$

(загальний об'єм волокнистої суспензії повинен становити **267 мл**). Розраховану кількість води добавляють мірним циліндром.

Набряклу целюлозу додатково розривають вручну на шматочки розміром приблизно 1×1 см, кількісно переносять у стакан відцентрово-розмелювального апарата (ВРА) і рівномірно вкладають її навколо дисків. Температура маси перед розмелюванням повинна бути 18 ± 2 °С.

Стакани для розмелювання вставляють у гнізда ВРА строго симетрично, наприклад, 6 стаканів, 3 стакани (через один), 4 чи 2 стакани в діаметрально протилежних гніздах. Кожен стакан закривають тільки своєю кришкою і вставляють у відповідні номери гнізд. Необхідно звернути увагу на стан гумової прокладки і надійність затягування їхніх болтів.

Апарат закривають кришкою та включають пусковий механізм. Розмелювання маси ведеться за частоти обертання ротора $2,50 \pm 0,05 \text{ с}^{-1}$ або 150 ± 3) об/хв. Частоту обертання ротора ВРА періодично перевіряють тахометром. Тривалість розмелювання до контрольної точки залежить від

здатності целюлози до розмелювання. **Зазвичай, розмелювання ведеться до досягнення ступеня млива 60 ± 2 °ШР, що прийнято стандартом, та фіксується тривалість розмелювання.**

Категорично забороняється вести розмелювання з відкритою кришкою кожуха ВРА і різко збільшувати число обертів. Відкривати кришку ВРА можна тільки після повної зупинки ротора апарата.

Ступінь млива періодично контролюється шляхом відбору проби маси спеціальним ковшиком з використанням апарату СР-2. Для цього необхідно вміст стакана, де відбувалося розмелювання, добре перемішати і спеціальним ковшиком відібрати пробу. **За концентрації маси 6 % ковшик вміщає 2 г абсолютно сухого волокна.** Якщо такого ковшика немає, тоді можна на технічних вагах зважити 33,33 г маси, де також буде міститися 2 г абсолютно сухого волокна. Масу поміщають у циліндр з мітками і доводять водою до мітки 1000 мл. Температуру суспензії необхідно підтримувати в межах 20 ± 5 °С.

5.2 Визначення ступеня млива маси

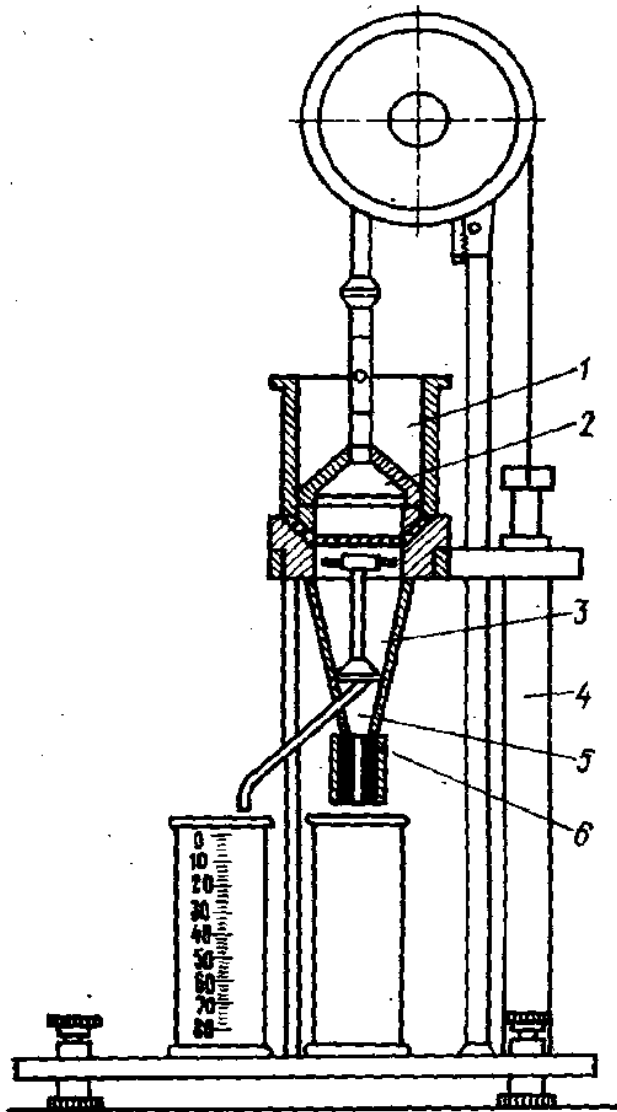
Ступінь млива характеризує здатність маси віддавати воду на сітках папероробних машин, тому є однією з найважливіших її характеристик.

Схема установки

Ступінь млива маси визначається на приладі СР-2 типу Шоппер-Ріглера, який зображено на рис.5.2. Принцип роботи приладу полягає в різній швидкості віддачі води масою різного ступеня млива під час зневоднювання 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 закріплено 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, накопичується в конусі, і частина води буде витікати через боковий переливний отвір. З підвищенням ступеня млива швидкість водовіддачі знижується. У випадку низького ступеня млива вода стікає швидко і значна частина її виливається через широкий бічний отвір у градуйовану посудину. У випадку високого ступеня млива вода настільки повільно стікає, що майже вся проходить через центральний вузький отвір в іншу посудину.

Рисунок 5.2 - Прилад СР-2

Ступінь млива виражають в умовних градусах °ШР (Шонпер-Ріглера).

Хід виконання роботи

Для визначення ступеня млива розмеленої маси відбирають 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, визначають ступінь млива целюлози за наступною формулою:

$$\text{°ШР} = \frac{1000 - V}{10}.$$

За ступінь млива °ШР приймають умовно різницю між кількістю води, взятої для аналізу волокнистої суспензії та кількістю води, що витекла через широкий бічний отвір. Слід зауважити, що 10 мл води відповідає 1 °ШР.

Швидкість водовіддачі волокнистою масою залежить від в'язкості води, тому ступінь млива необхідно визначати за температури води 20 °С. Підвищення температури на 1 °С знижує показник ступеня млива на 0,46 °ШР.

Прилад СР-2 має недолік: він малочутливий у низькій (8 – 16 °ШР) і у високій (85 – 90 °ШР) областях млива маси [5].

Якщо ступінь млива буде нижче заданого, тоді необхідно залишки маси на сітці апарата СР-2 кількісно зібрати та приєднати до вихідної проби, щоб зберегти її постійну концентрацію та продовжувати розмелювання.

ЗАВДАННЯ

Розрахувати загальний об'єм води (мл) необхідний для розмелювання волокнистого напівфабрикату заданої концентрації (концентрацію обирати відповідно до варіанту).

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Варіант	Концентрація маси для розмелювання волокнистого напівфабрикату, %
Варіант 1	2,50
Варіант 2	2,10
Варіант 3	2,90
Варіант 4	2,60
Варіант 5	2,17
Варіант 6	2,88
Варіант 7	2,25
Варіант 8	3,00
Варіант 9	3,30
Варіант 10	3,90
Варіант 11	3,50
Варіант 12	3,80
Варіант 13	3,33
Варіант 14	4,50
Варіант 15	4,80
Варіант 16	4,20
Варіант 17	5,50
Варіант 18	5,30
Варіант 19	5,70
Варіант 20	6,10
Варіант 21	6,50
Варіант 22	6,30
Варіант 23	4,15
Варіант 24	5,90
Варіант 25	4,25
Варіант 26	6,40

Варіант	Концентрація маси для розмелювання волокнистого напівфабрикату, %
Варіант 27	7,20
Варіант 28	3,12
Варіант 30	3,65
Варіант 31	4,22
Варіант 32	5,10
Варіант 33	3,72
Варіант 34	4,98
Варіант 35	4,17

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 5

1. З якою метою проводять розмелювання волокнистих напівфабрикатів?
2. Яке обладнання використовують для розмелювання волокнистих напівфабрикатів?
3. Перелічіть основні складові частини апарату для розмелювання волокнистих напівфабрикатів.
4. Яка оптимальна наважка волокнистих напівфабрикатів піддається розмелюванню відцентрово-розмелювальному апараті?
5. За якої концентрації маси проводять розмелювання у лабораторному відцентрово-розмелювальному апараті?
6. Як визначити ступінь розмелювання (ступінь млива)?
7. Що характеризує ступінь млива маси?
8. Вкажіть одиниці виміру ступеня млива маси.
9. Який прилад використовують для визначення ступеня млива маси?
10. Опишіть принцип роботи апарата Прилад СР-2 типу Шоппер-Ріглера.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

ТЕМА: ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДЛИВОК НА ЛИСТОВІДЛИВНОМУ АПАРАТІ

6.1 Виготворення відливіків целюлози

Відливіки целюлози повинні виготворятися в стандартних умовах на листовідливному апараті ЛА-1 з вакуум-сушильною камерою. На даному апараті отримують відливіки діаметром 200 мм. Під час роботи на ЛА-1 необхідно чітко дотримуватися правил техніки безпеки та наступних умов:

- 1) концентрація маси, що поступає на листовідливний апарат повинна складати 0,45 – 0,50 г/дм³ (л);
- 2) відливіки виготворяють на сітці № 40;
- 3) маса сухих відливіків повинна складати 75 ± 1 г/м²;
- 4) відливіки повинні висушуватися в сушильній камері за вакууму 93,1 кПа (700 мм рт. ст.) та температури води 95 – 97 °С.

Листовідливний апарат

Лабораторні зразки з попередньо підготовленої целюлозної маси виготворяють на листовідливному апараті ЛА-1, схема якого наведена на рис. 6. 1. Апарат складається з наступних основних частин: станини 1, призначеної для розміщення основних вузлів апарата; відливічного пристрою (формуючої камери) 2 для отримання відливіка на сітці № 40 діаметром 200 мм за вакууму 26,6 кПа; двох сушильних камер 3 і 4 для сушіння вологих відливіків за температури 100 °С і вакуумі 95 кПа; вакуум-насоса, розташованого внизу апарата зліва 5; пароутворювача для отримання насиченої водяної пари для нагрівання сушильних камер, розташованого внизу апарата праворуч 6; панелей управління 7 і 8.

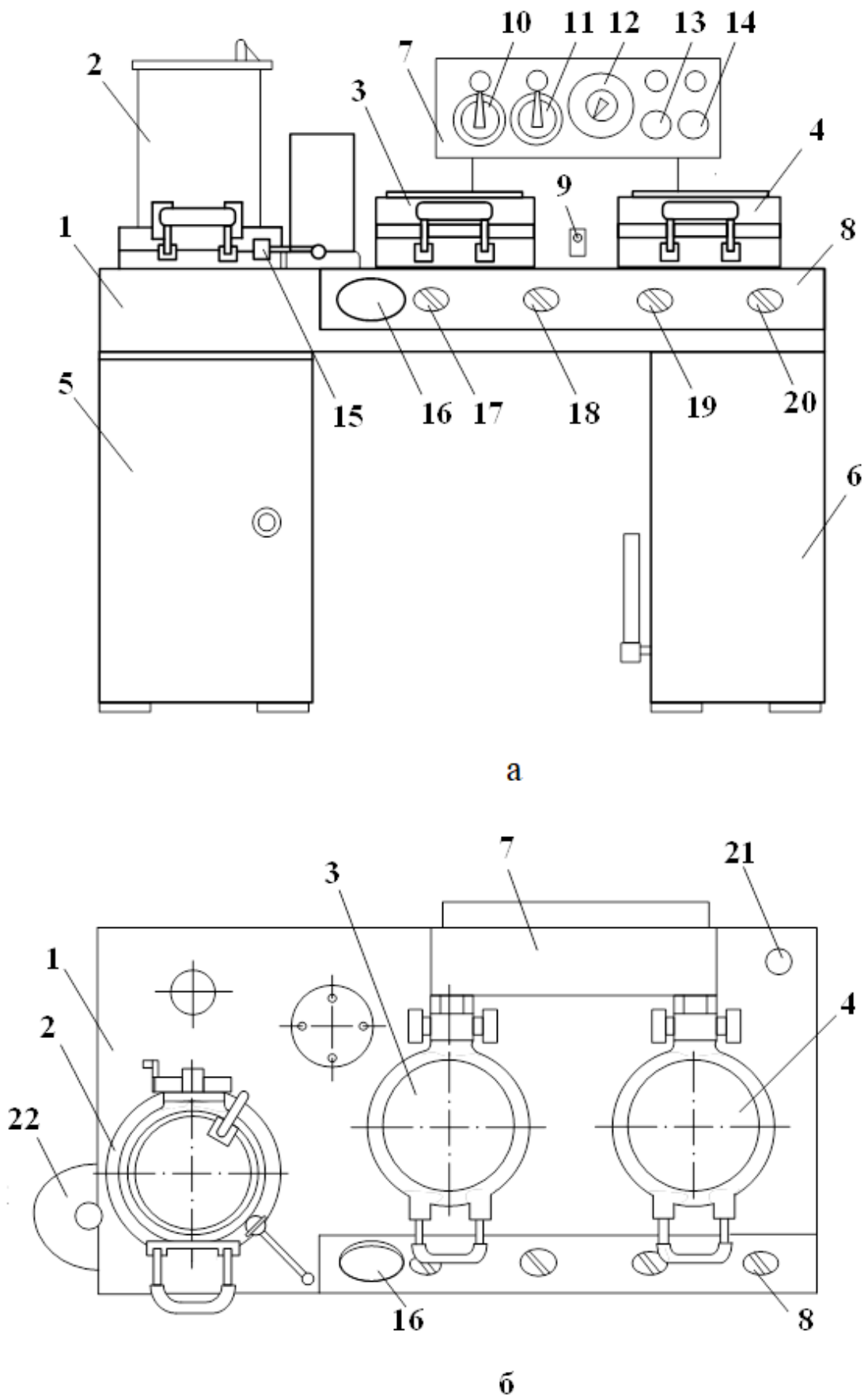


Рисунок 6.1 – Схема апарата моделі ЛА-1 для виготовлення лабораторних целюлозних зразків (відливок): а – вид спереду; б – вид зверху

На панелі керування 7, розташованій над сушильними камерами знаходяться: загальний пусковий пристрій апарата 9; тумблер включення двигуна вакуум-насоса 10; тумблер включення електронагрівача пароутворювача 11; вакуометр сушильних камер 12; два реле часу для установки тривалості сушіння в сушарках 13 і 14.

На похилій панелі управління 8 розташовані: шарнірний клапан для випорожнення відсмоктувальної камери 15; вакуометр для контролю за величиною вакууму в листовідливній камері 16; кран для подачі води у формуючу камеру апарата 17; кран для підключення вакууму до відсмоктувальної камери 18; крани для підключення вакууму до сушарок 19. Крани 17, 18, 19, 20 мають два положення: "О" – відкрито; "З" – закрито.

Перед початком відливання необхідно підготувати апарат до роботи.

Крани 17, 18, 19, 20 повинні бути в положенні "З", а електроприлади відключені.

6.2 Виготовлення відливоків

Спочатку в завантажувальну камеру заливають воду до 4000 мл, потім додають 1000 мл суспензії із вмістом 2,36 г абсолютно сухого волокна, добре перемішують вміст перфорованою мішалкою до рівномірного розподілення волокон по всьому об'ємі камери.

Зневоднення спочатку виконують за допомогою спускного крана апарата і на сітці залишається шар маси, а далі включають вакуум-насос 26,6 кПа (приблизно 200 мм рт. ст) та продовжують зневоднення протягом 10 с.

Потім відкривають затискач камери і на вологому відливкові роблять мітку, накладають на відливок спеціальний лист картону діаметром 240 мм або сітку, двічі прокатують без натиску віджимним валком і знімають відливок із сітки.

На відливок накладають лист паперу діаметром 205 мм або сітку і відливок, що знаходиться між картоном-носієм і листом паперу, або сітками

поміщають у вакуум-сушильну камеру з включеним вакуум-насосом під розрідженням 96 кПа (720 мм рт. ст.) та температури 96 ± 1 °С.

Тривалість сушіння одного відливка триває не менше 4 – 5 хв.

Виготовлені відливки маркуються, тобто вказують його масу, дату виготовлення, прізвище. Кожен відливок зважують окремо.

Маса відливка в розрахунку на 1 м² в абсолютно сухому стані повинна бути 75 ± 1 г.

Показники призначення і економного використання сировини, матеріалів.

1. Продуктивність апарата – 24 відливка/год;
2. Форма відливка – кругла.
3. Діаметр відливка – $200 \pm 0,5$ мм.
4. Маса відливка площею 1 м² – 75 ± 1 г.
5. Вакуум у камері відсмоктування – не більше 27 кПа.
6. Вакуум у сушильній камері – не менше 96 кПа
7. Температура теплоносія у нагрівальній камері – 93 ± 4 г.
8. Напруга живлення в мережі – 380 ± 57 В.

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати площу відливка, якщо діаметр відливка дорівнює 200 мм.
2. Розрахувати масу одного відливка, якщо відома площа, а маса 1 м² целюлозного відливка дорівнює 75 г/м².
3. Розрахувати кількість відливок, які можна виготовити із розмелених волокнистих напівфабрикатів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 6

1. Якої маси целюлозні відливки виготовляють згідно стандарту?
2. Опишіть основні складові частини листовідливного апарата.
3. Яку концентрацію маси потрібно підтримувати у ході виготовлення відливка?
4. Яка температура сушіння відливка?
5. Опишіть порядок роботи на листовідливному апараті.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7

ТЕМА: ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВІДЛИВКІВ ПАПЕРУ, КАРТОНУ

Теоретичні відомості

Більшість видів паперу, які нині виготовляють є проклеєними, причому речовини, які використовують для проклеювання та ступінь проклеювання і досягнутий ефект повинні відповідати певним вимогам в залежності від виду і призначення паперу.

Проклеювання – умовний термін, який характеризує процес надання паперові здатності протистояти проникненню рідини через товщу аркуша та розтіканню її капілярами з метою зробити папір придатним для письма чорнилом.

Розрізняють проклеювання паперу в масі і поверхнєве проклеювання. У першому випадку речовина, що використовується для проклеювання, вводиться безпосередньо в паперову масу перед відливанням паперу на папероробній машині, внаслідок чого папір стає проклеєним у товщі аркуша. У другому випадку – проклеюванню піддають готовий папір, просочуванням його клеєм або нанесення клею на поверхню аркуша. У цьому випадку обробляється поверхня паперу, а в товщі аркуш залишається непроклеєним.

Для проклеювання використовують гідрофобізуючі і зв'язувальні речовини: каніфоль, парафін, віск, силікони, латекси, крохмаль, казеїн, тваринний клей, карбоксиметилцелюлозу і ін. У промисловості для проклеювання паперу в масі широко використовують крохмальний та каніфольний клеї.

Хід роботи

Папір відливають із попередньо розмелених волокнистих напівфабрикатів (целюлози, напівцелюлози, деревної маси, макулатури та ін.).

Природа волокна, ступінь млива, кількість доданого у паперову масу клею, наповнювача, сірчанокислого глинозему та барвника залежить від виду паперу,

який виготовляється, що треба враховувати під час приготування паперової маси.

Під час отримання паперу з проклеюванням у масі рекомендують додавати клей перед введенням наповнювача (наприклад, сірчаноокислого глинозему), потім додають барвники (за потреби).

Відливки паперу виготовляють на листовідливному апараті ЛА-1.

Приклад. Необхідно виготовити 10 відливіків писального паперу масою 80 ± 1 г/м² вологістю 7 %.

У відповідності до стандартів зольність цього паперу повинна бути не менше 6 % та ступінь проклеювання не менше 1,25 мм.

Приймаємо витрати клею 3 %, витрати сірчаноокислого глинозему 4,5 % та витрати оптичного вибілювача 0,02 % від маси готового паперу.

Площа відливіків, які виготовляють на листовідливному апараті, складає **0,0314 м²**.

Маса одного повітряно сухого відливіка має бути:

$$80 \times 0,0314 = 2,512 \text{ г,}$$

а маса абсолютно сухого відливіка – $2,512 \times 0,9300 = 2,336$ г.

У 10 відливіках міститься абсолютно сухої речовини (волокна та каоліну):

$$2,336 \times 10 = 23,36 \text{ г.}$$

Виходячи із зольності паперу не менше 6 %, потрібно взяти абсолютно сухого волокна:

$$23,36 \times 0,94 = 22,0 \text{ г.}$$

З урахуванням вимоїв волокна (втрат волокна крізь сітку) крізь сітку 2 % потрібно абсолютно сухого розмеленого волокна:

$$22,0 + 22,0 \times 0,02 = 22,44 \text{ г.}$$

За концентрації розмеленої маси 4,0 % (взяти значення з ПР розмелювання ВНФ), необхідно відібрати маси:

$$\frac{22,44 \cdot 100}{4,0} = 561 \text{ см}^3 = 0,56 \text{ дм}^3 (0,56 \text{ л або } 560 \text{ мл})$$

Необхідно ввести у масу каоліну, г, не менше:

$$\frac{23,36 - 22,0}{0,88} = 1,55$$

де 0,88 – коефіцієнт, що враховує втрати каоліну під час прожарювання.

Оскільки в лабораторних умовах ступінь утримання каоліну в масі, зазвичай, становить 40 %, то каоліну треба брати не менше:

$$\frac{1,55 \cdot 100}{40,0} = 3,875 \text{ г.}$$

За концентрації каолінової суспензії 100 г/дм³ для наповнення маси треба взяти її:

$$\frac{3,875 \cdot 1000}{100} = 39 \text{ см}^3$$

Для отримання ступеня проклеювання не менше 1,25 мм треба ввести у масу приблизно 3 % каніфольного клею (від готового паперу), що становить:

$$10 \times 2,512 \times 0,03 = 0,75 \text{ г.}$$

За концентрації каніфольного клею 20 г/дм³ для проклеювання треба взяти:

$$\frac{0,75 \cdot 1000}{20} = 37,5 \text{ см}^3.$$

Для закріплення клею на волокнах та утримування наповнювача треба взяти приблизно 4,5 % сірчаноокислого глинозему (від готового паперу), що становить:

$$10 \times 2,512 \times 0,045 = 1,1304 \text{ г.}$$

За концентрації розчину сірчаноокислого глинозему 50 г/дм³, його необхідно взяти у кількості:

$$\frac{1,1304 \cdot 1000}{50} = 22,6 = 23 \text{ см}^3.$$

Для отримання забарвленого паперу треба додати прямого барвника в кількості: $10 \times 2,512 \times 0,0002 = 0,005$ г.

За концентрації барвника 1 г/дм³, необхідний об'єм буде становити:

$$\frac{0,005 \cdot 1000}{1} = 5 \text{ см}^3.$$

Приймаємо таку послідовність введення компонентів для приготування паперової маси:

1) паперова маса	561 см ³ ;
2) каніфольний клей	37,5 см ³ ;
3) барвник	5,0 см ³ ;
4) сірчаноокислий глинозем	23,0 см ³ ;
5) каолін	39,0 см ³ ;
Загальний об'єм	665,5 см ³ .

Для зручності відбирання проб паперову (картонну) масу, що приготували, доводять водою до об'єму 5 дм³ та ретельно перемішують.

Для приготування пробного відливка відбирають 500 см³ маси, виготовляють зразок на ЛА-1, який висушують та зважують його на технічних вагах.

ЗАВДАННЯ

Згідно прикладу розрахувати для кожного виду паперу або картону:

- масу одного повітряно сухого відливка;
- об'єм паперової/картонної маси;
- витрати каоліну;
- витрати клею;
- витрати барвника на 10 шт відливків.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані: види паперу, картону та їх характеристики

Варіант	Вид паперу/картону	Маса паперу/картону, г	Введення клею або барвника, наповнювача
Варіант 1	Папір газетний	42	проклеювання, наповнення
Варіант 2	Папір типографський	60	проклеювання, наповнення
Варіант 3	Папір офсетний	80	проклеювання, наповнення
Варіант 4	Папір картографічний	84	проклеювання, наповнення
Варіант 5	Картон коробковий	112	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 6	Картон палітурний	420	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 7	Картон для фільтрування вин	160	без проклеювання, беззольний
Варіант 8	Картон взуттєвий	260	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 9	Папір фільтрувальний	85	без проклеювання

Варіант	Вид паперу/картону	Маса паперу/картону, г	Введення клею або барвника, наповнювача
Варіант 10	Папір цигарковий	43	проклеювання, наповнення
Варіант 11	Папір документний	70	проклеювання, наповнення
Варіант 12	Папір обкладинковий	90	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 13	Папір етикетковий	100	проклеювання, наповнення
Варіант 14	Папір для шпалер	180	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 15	Папір для гральних карт	255	проклеювання, наповнення
Варіант 16	Картон чемоданний	310	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 17	Картон циферблатний	280	проклеювання, наповнення
Варіант 18	Картон для задників	165	проклеювання, наповнення, барвник

Варіант	Вид паперу/картону	Маса паперу/картону, г	Введення клею або барвника, наповнювача
Варіант 19	Папір білетний	65	проклеювання, наповнення
Варіант 20	Картон облицювальний	480	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 21	Картон термошумоізоляційний	340	проклеювання, наповнення
Варіант 22	Папір підпергамент	62	без проклеювання
Варіант 23	Папір бактерицидний	84	без проклеювання, беззольний
Варіант 24	Папір акварельний	92	проклеювання, наповнення
Варіант 25	Папір зошитовий	75	проклеювання, наповнення
Варіант 26	Папір санітарно-гігієнічного призначення	32	Беззольний
Варіант 27	Папір електроізоляційний	71	без проклеювання, беззольний
Варіант 28	Картон для плоских шарів гофрування	125	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 30	Папір санітарно-гігієнічного призначення	24	Беззольний

Варіант	Вид паперу/картону	Маса паперу/картону, г	Введення клею або барвника, наповнювача
Варіант 31	Папір кабельний	45	без проклеювання, беззолний
Варіант 32	Папір для фільтрування повітря	68	без проклеювання
Варіант 33	Картон для фотоальбомів	200	проклеювання, наповнення
Варіант 34	Папір пакувальний	95	проклеювання, наповнення, барвник
Варіант 35	Папір пергамін	60	без проклеювання

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 7

1. Які види проклеювання паперу, картону вам відомо?
2. Перелічіть речовини, які використовують для проклеювання паперу, картону.
3. Чи потрібно попередньо розмелювати волокнисті напівфабрикати для виготовлення паперу, картону?
4. Який порядок введення компонентів для випадку виготовлення проклеєного паперу, картону?
5. Які хімічно-допоміжні речовини вносять у паперову масу для проклеювання?
6. Які хімічно-допоміжні речовини вносять у паперову масу для наповнення?
7. Перелічіть види паперу/картону, які не потребують наповнення.
8. Перелічіть види паперу/картону, які потребують проклеювання та наповнення.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8

ТЕМА: ПІДГОТОВКА ЗРАЗКІВ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДЛИВОК ДО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ. ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ НАПІВФАБРИКАТІВ

Теоретичні відомості

Для визначення фізико-механічних показників відбирають п'ять відливіків із рівномірним просвітом.

Перед фізико-механічними дослідженнями відливівки кондиціонують (згідно стандарту) до рівномірної вологості не менше 2,5 год за відносної вологості повітря $65 \pm 2 \%$ і температури $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. У випадку неможливості створення вказаних умов у приміщенні, допускається використання спеціальних шаф або ексикаторів, які забезпечують необхідні умови кондиціювання повітря. Наприклад, залити сульфатну кислоту густиною 1,289, тоді за кімнатної температури в ексикаторі буде створена необхідна відносна вологість повітря.

Визначення механічних властивостей проводять згідно діючих стандартів та результати, що виражаються середнім арифметичним з усіх визначень для кожного показника, зводять у загальну таблицю.

Перед нарізанням зразків для випробувань визначають масу 1 м^2 , товщину та щільність відливівок.

Для визначення фізико-механічних показників целюлози (паперу, картону), зазвичай, визначають:

- розривну довжину, м (для випробувань целюлози довжина смужок між клемами динамометра повинна складати 100 мм);
- розтягування або подовження целюлози до моменту розриву, %;
- міцність на злом під час багаторазових перегинів, кількість подвійних перегинів, (к.п.п.);
- опір продавлюванню, кПа;
- опір роздиранню, мН (гс).

Із відливків нарізають зразки у відповідності зі схемою, яка показана на рис. 8.1.

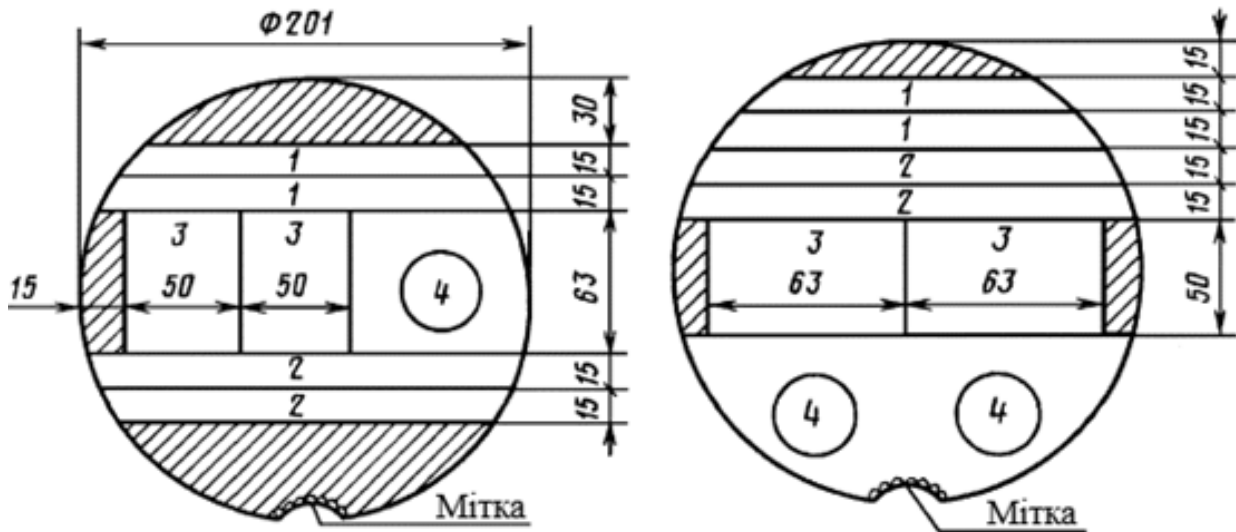


Рисунок 8.1 – Схема нарізання зразків для фізико-механічних досліджень целюлози:

- 1 – зразки для визначення міцності на злом; 2 – зразки для визначення опору розриву під час розтягування (розривна довжина); 3 – зразки для визначення опору роздиранню;
4 – зразки для визначення опору продавлюванню*

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ НАПІВФАБРИКАТІВ

ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ 1 м², ТОВЩИНИ І ЩІЛЬНОСТІ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДЛИВКІВ

8.1 Визначення маси 1 м² целюлозних відливків

Маса 1 м² напівфабрикатів за ДСТУ 2297 (ISO 536:2013) визначається за стандартних умов і виражається в грамах та є найбільш розповсюдженим показником.

8.2 Визначення товщини целюлозних відливків

Товщину целюлозного відливка за ДСТУ 27015 (ISO 534:1988) вимірюють за питомого тиску вимірювального прилада 0,1 МПа на зразок целюлози і величини вимірюваної площі 2 см². Результат вимірювань, як правило, виражають у мікронах чи міліметрах. Товщину **целюлозного відливка**, яка суттєво впливає на всі його властивості, вимірюють за допомогою товщиномірів чи мікрометрів. Індикаторний товщиномір типу ТНБ наведено на рис. 8.2.

На масивному та жорсткому корпусі товщиноміра змонтований вимірювальний механізм (2), який є індикатором годинникового типу.

Корпусу надано зігнутої форми, що дозволяє проводити вимірювання товщини аркуша паперу чи картону на відстані не більше 70 або 200 мм від краю аркуша залежно від вигину корпусу товщиноміра.

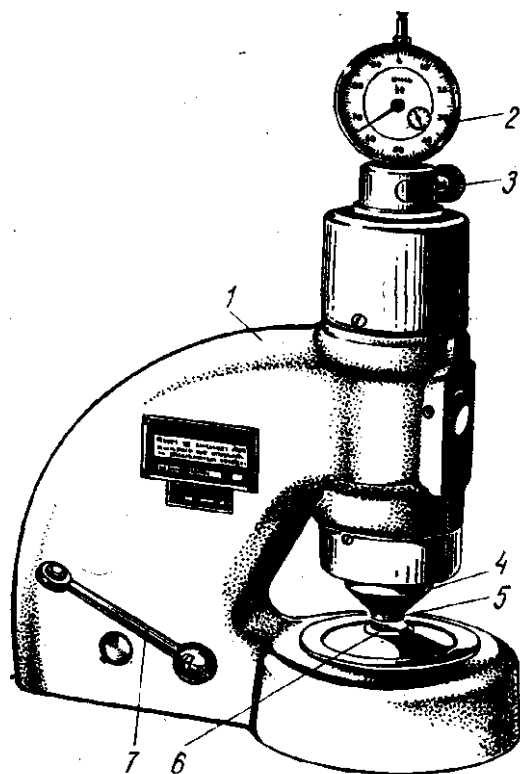


Рисунок 8.2 – Товщиномір індикаторний ТНБ

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 слугує поворотний ексцентрик (3).

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

Виміри товщини проводять у п'яти точках кожного зразка. Результат виражають як середнє арифметичне всіх визначень.

8.3 Визначення щільності целюлозних відливків

Щільність за ДСТУ 27015 (ISO 534:1988) (об'ємна маса) є важливим показником якості **целюлози**. Вона залежить від багатьох чинників: властивостей напівфабрикату, ступеня млива волокна та ущільнення під час каландрування та ін.

Підвищення щільності свідчить про поліпшення механічних властивостей, зумовлених кращим з'єднанням волокон у процесі виробництва паперу.

Від пористості паперу залежать багато його властивостей, особливо такі, як здатність до фільтрування, здатність до сприйняття типографської фарби чи чорнила та ін.

Визначення маси 1 м² базується на зважуванні зразка **целюлозного відливка** визначеного розміру з наступним перерахунком отриманого значення на масу 1 м². Результат визначення маси 1 м² виражається в грамах.

Випробуванням піддають **целюлозні відливки** діаметром 200 мм, отримані на ЛА-1. Потім зразки зважують і визначають середню масу одного зразка. Результат виражають середнім арифметичним з усіх визначень.

Обробка експериментальних даних

Масу 1 м² (M) целюлози обчислюють за формулою, г/м²:

$$M = \frac{P_1}{S},$$

де P_1 – середня маса одного зразка (відливка), г;

S – площа зразка, м² ($S = 0,0314$ м²).

Товщину (h) обчислюють як середнє 5-ти зразків:

$$h = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5)}{5}.$$

Товщину целюлозного відливка виражають у мікронах або в мм.

Щільність целюлозного відливка обчислюють за формулою:

$$\gamma = \frac{M}{h \cdot 1000},$$

де γ – щільність, г/см³;

M – маса 1 м² целюлозного відливка, г;

h – товщина целюлозного відливка, мм.

Отримані результати округлюють до 0,01 г/см³.

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати масу 1 м² паперу/картону, виходячи із маси одного відливка.

2. Розрахувати щільність паперу/картону, виходячи із товщини одного відливка.

Таблиця 8.1 – Вихідні дані для розрахунку маси 1 м² та щільності паперу/картону

Варіант	Вид паперу/картону	Маса відливка, г	Товщина, кіль- кість поділок (ціна поділки 0,01 мм)
Варіант 1	Папір газетний	1,35; 1,4; 1,27; 1,3; 1,25; 1,29	5; 4; 6; 3; 5,5; 4,5
Варіант 2	Папір типографський	1,9; 1,87; 1,8; 1,95; 1,6; 1,92	6; 4,5; 5; 5,5; 6,5; 7,0
Варіант 3	Папір офсетний	2,3; 2,55; 2,5; 2,2; 2,6; 2,7	9; 9,5; 10; 8,5; 10,5; 8,0
Варіант 4	Папір картографічний	2,6; 2,65; 2,5; 2,68; 2,7; 2,4	10; 9,5; 11; 9,5; 10,5; 8,5
Варіант 5	Картон коробковий	3,6; 3,5; 3,55; 3,62; 3,7; 3,2	12; 11,5; 12; 13,5; 12,5; 9,5
Варіант 6	Картон палітурний	13,6; 13,2; 13,5; 13,6; 13,0; 14,02	15; 13,5; 14; 13,5; 14,5; 15,5

Варіант	Вид паперу/картону	Маса відливка, г	Товщина, кіль- кість поділок (ціна поділки 0,01 мм)
Варіант 7	Картон для фільтрування вин	5,6; 5,0; 4,55; 4,68; 5,2; 4,9	13; 13,5; 14; 14,5; 13,3; 14,2
Варіант 8	Картон взуттєвий	8,6; 8,0; 8,5; 8,8; 8,2; 7,0	14; 14,5; 13; 13,5; 13,7; 13,3
Варіант 9	Папір фільтрувальний	2,5; 2,7; 2,9; 3,2; 2,6; 2,3	10; 10,5; 9; 9,5; 11,5; 11,0
Варіант 10	Папір цигарковий	1,3; 1,4; 1,35; 1,32; 1,25; 1,27	4; 5; 4,5; 3; 5,3; 5,5
Варіант 11	Папір документний	2,25; 2,2; 2,4; 2,3; 1,75; 2,1	6; 5; 7; 4; 5,5; 4,5
Варіант 12	Папір обкладинковий	2,7; 2,75; 2,8; 2,85; 2,6; 2,65	11; 10,5; 11,5; 9,5; 12,5; 12,0
Варіант 13	Папір етикетковий	3,1; 3,15; 3,3; 3,4; 2,8; 3,2	11; 11,5; 12; 12,5; 12,0; 10,5
Варіант 14	Папір для шпалер	5,6; 5,5; 5,55; 5,4; 5,45; 4,9	14; 13,5; 14,7; 14,5; 14,3; 14,8
Варіант 15	Папір для гральних карт	8,1; 8,0; 8,3; 8,5; 7,2; 7,5	12; 12,5; 12,2; 11,5; 11,2; 13,5
Варіант 16	Картон чемоданний	9,7; 10,0; 10,3; 9,5; 9,2; 9,65	13; 12,5; 13,4; 13,5; 14; 12,0
Варіант 17	картон циферблатний	8,6; 8,8; 8,5; 8,3; 8,0; 7,8	13; 11,5; 12; 12,5; 11,7; 11,3
Варіант 18	Картон для задників	5,7; 5,3; 5,55; 5,8; 5,6; 6,0	11; 13,5; 14; 14,5; 13,3; 14,2
Варіант 19	Папір білетний	2,1; 2,17; 2,2; 1,95; 1,85; 1,9	7; 6,5; 5; 5,5; 6,5; 7,5
Варіант 20	Картон облицювальний	15,0; 15,2; 15,5; 15,6; 14,0; 14,5	14; 13,5; 15; 13,5; 14,5; 15,5
Варіант 21	Картон термошумоізоляційний	10,0; 10,2; 10,5; 10,6; 11,0; 11,5	16; 16,5; 15; 16,8; 15,5; 14,5
Варіант 22	Папір підпергамент	2,0; 1,97; 1,85; 2,2; 1,9; 1,92	6; 6,3; 5; 6,5; 5,5; 6,1
Варіант 23	Папір бактерицидний	2,6; 2,57; 2,8; 2,7; 2,9; 2,4	7; 7,5; 6; 6,5; 7,8; 6,5
Варіант 24	Папір акварельний	2,9; 2,8; 2,85; 3,0; 2,95; 2,5	8; 8,5; 9; 9,5; 8,8; 7,5
Варіант 25	Папір зошитовий	2,4; 2,45; 2,5; 2,35; 2,3; 2,5	9; 8,5; 10; 9,5; 9,8; 8,7
Варіант 26	Папір санітарно-гігієнічного призначення	1,0; 0,9; 0,95; 0,92; 1,2; 1,1	5; 5,2; 4,8; 4; 5,3; 5,5

Варіант	Вид паперу/картону	Маса відливка, г	Товщина, кіль- кість поділок (ціна поділки 0,01 мм)
Варіант 27	Папір електроізоляційний	2,2; 2,25; 2,3; 2,35; 2,0; 2,5	6; 7,5; 7; 9,5; 9,8; 8,7
Варіант 28	Картон для плоских шарів гофрування	3,9; 3,95; 3,8; 3,85; 4,1; 4,2	11; 11,5; 12; 12,5; 12,0; 10,5
Варіант 30	Папір санітарно-гігіє- нічного призначення	1,2; 0,9; 0,95; 1,3; 1,2; 1,25	6; 5,2; 5,8; 5; 5,3; 5,5
Варіант 31	Папір кабельний	1,4; 1,45; 1,35; 1,38; 1,43; 1,5	3; 4; 5; 3,5; 4,5; 3,2
Варіант 32	Папір для фільтрування повітря	2,1; 2,15; 2,5; 2,3; 1,95; 2,0	7; 10,8; 9; 8,5; 8,8; 8,1
Варіант 33	Картон для фотоальбомів	6,0; 6,3; 5,55; 5,8; 6,5; 5,8	12; 13,5; 13,3; 12,5; 13,0; 14,0
Варіант 34	Папір пакувальний	2,95; 3,0; 3,15; 3,2; 2,85; 2,9	9,3; 8,8; 9; 9,5; 10; 8,5
Варіант 35	Папір пергамін	1,88; 1,85; 1,9; 1,95; 2,0; 1,3	6; 7,5; 5; 6,5; 6,5; 7,2

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 8

1. Назвіть умови кондиціонування зразків целюлозних відливок.
2. Скільки штук відливок готують для визначення фізико-механічних показників?
3. Які фізико-механічні показники визначають для целюлозних зразків?
4. Який прилад використовують для визначення товщини відливка?
5. Опишіть принцип роботи товщиноміра.
6. Від чого залежить щільність целюлози?
7. На чому базується визначення маси 1 м² целюлози?
8. У яких одиницях виражається маса 1 м² целюлози?
9. Поясніть як впливає щільність на фізико-механічні показники целюлози.
10. Чи можна виготовляти целюлозні відливки масою 1 м² 100 г?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 9

ТЕМА: ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ НАПВФАБРИКАТІВ

9.1 Визначення міцності целюлози на розрив

Міцність на розрив целюлози за ДСТУ 13525.1 (ISO 2758:1996) являється важливим фізико-механічним показником, який характеризує целюлозу на міцність та визначає придатність її для тих чи інших потреб.

Міцність на розрив характеризується наступними величинами: розривним зусиллям, питомим опором розриву, індексом міцності під час розтягування, розривною довжиною.

Міцність целюлози на розрив *виражається величиною розривного зусилля в ньютонках з указанням ширини смужки чи показником розривної довжини в метрах (або кілометрах), тобто такою розрахунковою довжиною смужки целюлози, за якої вона, якщо буде вільно підвішена за один кінець, розірветься під власною вагою.*

Визначення міцності на розрив проводять за допомогою вертикальної розривної машини (динамометра) РМБ-30-2М, загальний вигляд якої наведено на рис. 9.1.

Розривна машина складається з маятникового силівимірювача, механізму вимірювання подовження та електропривода з магнітним підсилювачем, який підвішений на шарикопідшипниках у верхній частині стійки-косинця (23). До короткого плеча маятника на ланцюжку підвішений верхній затискач (14). На довгому кінці маятника встановлені храповики (5), які фіксують положення в момент розриву випробовуваного зразка, показчик (4) для відліку величини розривного зусилля, шкала (9) для відліку подовження зразка і арретир маятника (22). На довгому плечі маятника встановлений та зафіксований штифтом змінний вантаж (3).

Закріплюючи випробовуваний зразок, положення маятника фіксують арретиром, а верхній затискач – гвинтом (13). Нижній затискач (18)

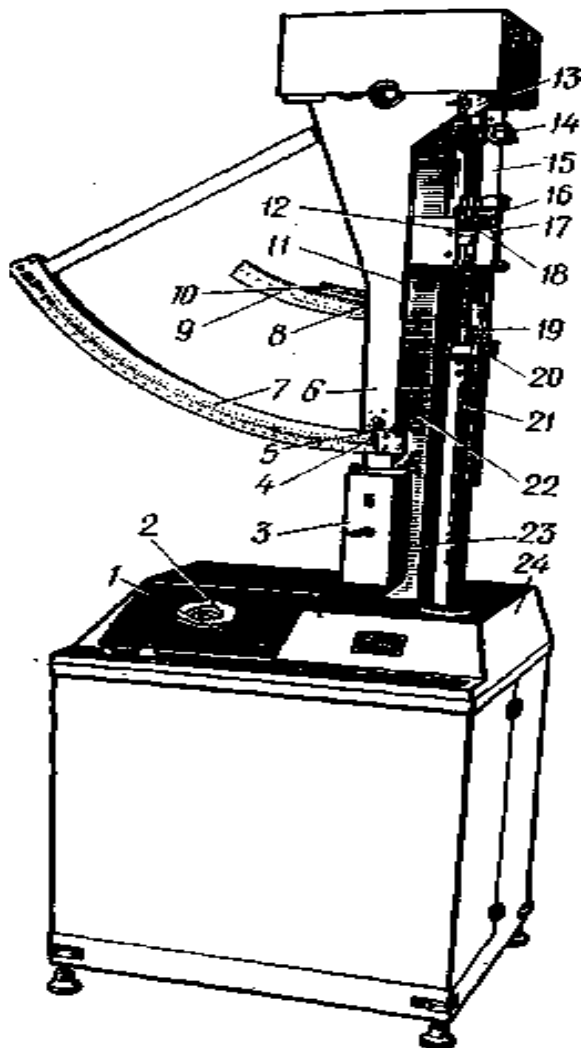


Рисунок 9.1 – Динамометр РМБ-30-2М

змонтований на важелі (16), який може повертатися у вертикальній площині. Під час підйому тубуса в крайнє верхнє положення важіль (16) повертається, замикаючи контакти електродвигуна. На лінійці (15) встановлено упор (17), положення якого фіксується гвинтом із накаткою. Пластина з вузлом нижнього затискача закріплена на висувному стрижні (19), яка за допомогою конічного штифта (20) фіксується в тубусі (21). Наявність семи отворів у стрижні (19) дозволяє встановлювати відстань між затискачами 0; 10; 50; 100; 150; 180 і 200 мм.

У момент руйнування зразка відбувається миттєве вимикання електродвигуна і зупинка нижнього затискача через розмикання контактів (12).

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

Зусилля, за якого відбувається руйнування зразка, відраховується за двопоясною шкалою (7).

Привід машини складається з електродвигуна постійного струму, черв'ячної і гвинтової пар, магнітного підсилювача та електричного блоку.

Привід, поміщений у тумбі (24), забезпечує плавне регулювання швидкості опускання нижнього затискача в широких межах. Підйом нижнього затискача прискорений незалежно від величини встановленої робочої швидкості.

Тумблери керування роботою машини розташовані на пульті (1). Напруга на електричну частину машини подається включенням тумблера. Опускання нижнього затискача, його зупинка в разі необхідності в процесі випробування й повернення у початкове верхнє положення відбуваються після натискання кнопок, позначених написами «Вниз», «Стоп», «Вгору».

Встановлення необхідної швидкості опускання нижнього затискача здійснюється за допомогою рукоятки (2).

Хід виконання роботи

Випробуванню піддають не менше п'яти смужок із целюлозних відливків. Випробуванню піддається кожна смужка окремо. Відстань між затискачами встановлюється **100 мм для целюлозних відливків** виготовлених в умовах лабораторії. Довжина смужок, з урахуванням припуску для закріплення в затискачах, повинна бути відповідно 140 – 150 мм. Ширина смужок у всіх випадках повинна бути $15 \pm 0,15$ мм.

Випробування виконуються в такій послідовності.

Встановлюють необхідну відстань між затискачами закріпленням висувного стрижня з поділками на відповідній відмітці. На маятник машини встановлюють відповідний вантаж «А» або «Б». За шкалою швидкостей визначають необхідну швидкість опускання нижнього затискача. Ручку тумблера переводять у положення «Вкл», водночас запалюється сигнальна лампочка. Закріплюють у затискачах випробовуваний зразок у злегка натягнутому стані. Звільняють верхній затискач і маятник зусилля. Натискають кнопку «Вниз». Нижній затискач опуститься вниз і відбудеться навантаження випробовуваного зразка. У момент розриву зразка нижній затискач автоматично зупиняється, а положення маятника фіксується храповиком.

Записують показання за шкалою розривного зусилля і подовження. Під час натискання кнопки «Вгору» нижній затискач повертається в початкове положення. Притримуючи маятник, натискають на храповики, повертають його у вихідне положення і фіксують. Гвинтом фіксують положення верхнього затискача.

Зрізають залишки розірваної смужки лезом чи гострим ножем біля самої основи затискачів, відкладають їх убік і зберігають до закінчення досліду. Послаблюють верхній і нижній затискачі і виймають залишки смужок із затискачів. Після цього апарат готовий для наступного випробування.

Примітка. Якщо смужка в ході випробування розривається біля самого затискача, це вказує на неправильне закріплення смужки і дослід необхідно повторити з новою смужкою. Дослід можна вважати проведеним правильно, якщо смужка розірвалася на відстані не менше 10 мм від затискачів.

Зважують разом усі відкладені розірвані смужки целюлози з точністю до 0,0001 г і визначають середню масу однієї смужки.

Результати випробувань записують у таблицю і розраховують середні значення розривного зусилля і подовження. Потім за наведеними формулами розраховують розривну довжину, округлюючи залежно від виду целюлози, до десятків чи сотень.

Оброблення експериментальних даних

Для розрахунку **розривної довжини** необхідно мати значення розривного зусилля, масу та довжину смужки целюлози, яку піддають випробуванню.

Виходячи з визначення поняття розривної довжини, її можна розрахувати:

1) за **формулою Гартига**:

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

де L – розривна довжина, м;

l – довжина смужки, м;

P – розривне зусилля, г;

m – середня маса однієї смужки, яку випробовують, г.

2) за формулою Гойєра:

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

де L – розривна довжина, м;

P – розривне зусилля, г;

M – маса 1 м² целюлози, г;

b – ширина смужки, м.

Розрахунок розривної довжини целюлози за формулою Гартига більш точний тому, що до формули входить маса смужок, що піддавалися випробуванню, а за формулою Гойєра розрахунок ведеться за масою целюлози 1 м². Тому в разі контрольних випробувань користуються формулою Гартига.

9.2 Визначення міцності на злом під час багаторазових перегинів

Міцність на злом під час багаторазових перегинів за ДСТУ 3476-96 (ISO 5626-93) найбільш важливий показник для напівфабрикатів, що входять до складу паперу, під час використання піддається частому згинанню, наприклад, банкнотний папір, картографічний, обгортковий та ін.

На показник міцності на злом впливають такі чинники, як швидкість та рівномірність обертання маховика під час випробування зразка; вологість повітря і целюлози; маса 1 м²; ступінь млива целюлозної маси та ін.

Суть методу полягає у визначенні кількості подвійних перегинів, які витримує смужка целюлози, що перебуває під натягом 5 або 10 Н, під час згинання поперемінно в один і другий бік на 180° до її руйнування.

Міцність на злом визначають методом вимірювання числа подвійних перегинів на апараті типу І-1-2 (прилад Шоппера). Загальний вигляд апарата наведено на рис. 9.2. Принцип його роботи показано на рис. 9.3.

Апарат складається зі станини (11) із закріпленими на ній колонками (2), на які поміщені патрони зі спіральними пружинами всередині. Пружини

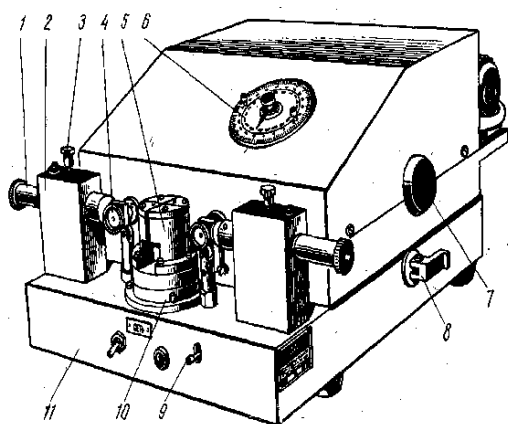


Рисунок 9.2 – Апарат І-1-2

закінчуються з одного кінця затискачами (4), а з іншого шайбами для регулювання натягу пружин. Штифти (3) слугують для закріплення патрона під час відведення його убік для натягування пружин перед початком випробування. Для згинання смужки використовують пристосування (5), змонтоване на підставці (10), яке

складається з двох пар металевих роликів, між якими утворюється щілина. У цій щілині міститься сталеві пластинка з вертикальним прорізом, у яку вставляється смужка зразка, що досліджується. Пластинка укріплена на повзуні, що рухається шатуном, з'єднаним з валом колеса. До нього за допомогою гвинтової передачі приєднується лічильник числа обертів (6). За один оберт колеса зразок 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 до заглиблення колеса, щоб закріпити його в тому положенні, коли проріз сталеві пластинки знаходиться на одній лінії з центрами обох затискачів.

Хід виконання роботи

Перед початком випробування апарат встановлюють у нульове положення. Для цього замикають колесо, для чого повертають вимикач від себе та обережно обертають колесо ручкою (7) до стопоріння.

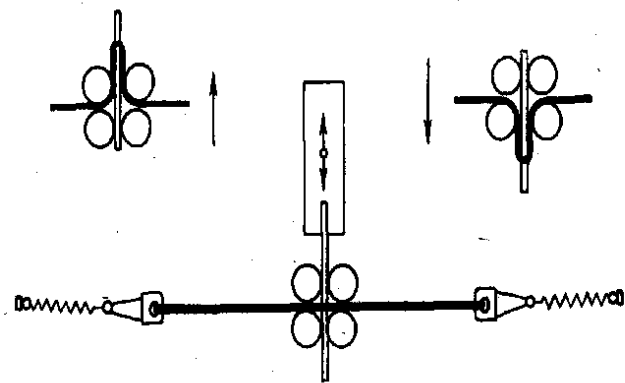


Рисунок 9.3 – Схема роботи апарата I-1-2

Піднімають нагору голівки штифтів (3) для спускання пружин і встановлюють стрілки лічильника на «0». Вставляють смужку целюлози шириною 15 мм та довжиною 100 мм у проріз згинаючого пристрою (5). Кінці смужки обережно та надійно закріплюють у затискачах (4) гвинтами. Після закріплення

смужки в затискачах натягають пружини, відводячи убік патрони до заціпання штифтів (3). Після цього смужка целюлози знаходиться під натягом пружин близько 10 Н (1 кгс). Підключають лічильник (6) до вала колеса, для чого піднімають важіль (9) вгору, у цей час включається електродвигун. Після розривання смужки лічильник автоматично відключається незалежно від подальшого обертання колеса. Записують показання лічильника, замикають колесо за допомогою вимикача, відпускають пружини, для чого піднімають голівки штифтів, послаблюють гвинти затискачів і виймають обидві частини розірваної смужки. Встановлюють стрілки лічильника на «0» і апарат готовий для проведення наступного випробування. Випробуванню піддають п'ять смужок.

Результати випробувань записують у вигляді таблиці та розраховують середні значення. Отримані результати округляють залежно від виду целюлози до цілих чисел чи десятків.

9.3 Визначення опору продавлюванню

Опір продавлюванню за ДСТУ 13525.8 (ISO 2758/2759) являється одним із основних показників міцності целюлози, хоча і є виключно емпіричним критерієм.

Опір продавлюванню дорівнює максимальному тиску, що витримує безпосередньо перед руйнуванням круглий зразок діаметром $30,5 \pm 0,025$ мм. Метод визначення ґрунтується на вимірюванні гідростатичного тиску, необхідного для продавлювання затиснутого зразка целюлози за поступового рівномірного підвищення гідравлічного тиску і вимірювання його в момент руйнування.

Для визначення опору продавлюванню використовують діафрагмовий гідравлічний апарат ПР-1 (типу Мюллена) чи ПГБ (рис. 9.4). Прилад працює автоматично від натискання кнопки (4) «Випробування». У цей час відбувається послідовно притискання зразка, його продавлювання, реверс та зупинка двигуна.

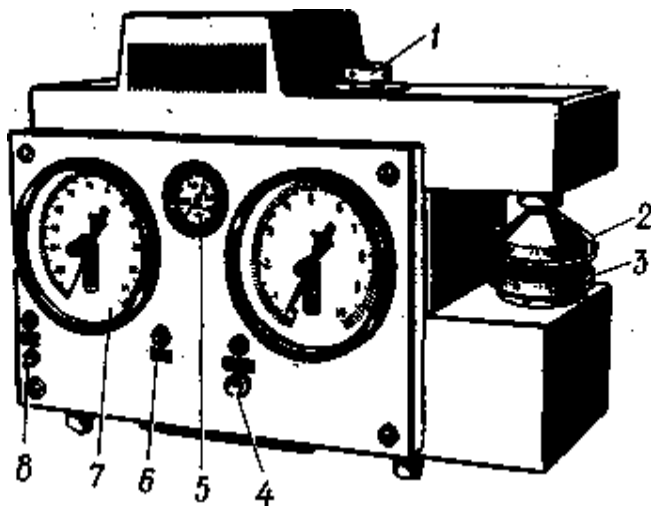


Рисунок 9.4 – Апарат ПР-1

Після натискання кнопки «Випробування» необхідно забрати руки із зони випробування.

Для заповнення гідросистеми приладу застосовується дистильований гліцерин. Прилад обладнаний трьома манометрами. Перший манометр призначений для контролю притискання зразка, що витримує тиск не вище 0,15

МПа, другий – до 0,2 МПа. Якщо випробуваний зразок витримує більший тиск, тоді відбувається автоматичне перемикання на третій манометр, верхня межа виміру якого складає 1,0 МПа.

Манометри мають буксирні стрілки, які фіксують тиск, за якого відбулося руйнування зразка. На нульове положення стрілку повертають за допомогою ручок, розташованих на циферблаті манометра. Розподільний

клапан призначений для відключення другого манометра після досягнення тиску в системі для продавлювання більше 0,2 МПа.

Рекомендації щодо проведення випробування

Зразок розміром 70 × 70 мм поміщають між верхнім та нижнім опорними кільцями вузла притискання.

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

Регулювання тиску притискання зразка здійснюється ручкою (1) та вказується на манометрі (5). Під час загоряння лампочки (6) «Відмова» необхідно виключити прилад і усунути пошкодження.

У разі випробування зразка, у якого опір продавлюванню менше нижньої межі шкали манометра, одночасно потрібно продавлювати не один, а кілька зразків. Необхідно використовувати мінімальну кількість зразків, щоби сумарний опір продавлюванню перевищував нижню межу. Зразки вкладають таким чином, щоб лицьова сторона одного була звернена до сіткової сторони іншого.

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

Результат випробувань записують у таблицю й розраховують абсолютний і відносний опір продавлюванню.

Оброблення експериментальних даних

Абсолютний опір продавлюванню, P_1 , кПа, розраховують за формулою:

$$P_1 = \frac{S_p}{n},$$

де P_1 – абсолютний опір продавлюванню, кПа;

S_p – сума показників манометра для всіх випробувань, кПа;

n – кількість виконаних випробувань, шт.

Відносний опір продавлюванню приведений до умовної маси продукції площею 1 м² 100 г, P_2 , кПа, розраховують за формулою:

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

де P_2 – відносний опір продавлюванню, кПа;

M – маса 1 м² целюлози, г.

Індекс продавлюванню, X , кПа, розраховують за формулою:

$$X = \frac{P}{M}.$$

За кінцевий результат випробування приймаються середні арифметичні результати всіх випробувань для обох сторін або окремо для кожної сторони, залежно від вимог у нормативно-технічній документації на конкретну продукцію.

Результати випробувань округлюють до трьох значущих цифр. Відносна похибка визначення опору продавлюванню не підвищує 9 % за довірчої вірогідності 0,95.

9.4 Визначення опору роздиранню

Опір целюлози роздиранню (за ДСТУ 3368-96 (ISO 1974-90)) – це середнє значення зусилля, яке необхідне для роздирання попередньо надрізаного зразка целюлози, вираженого у міліньютонках (мН). Відбір проб проводиться за ДСТУ 2185.

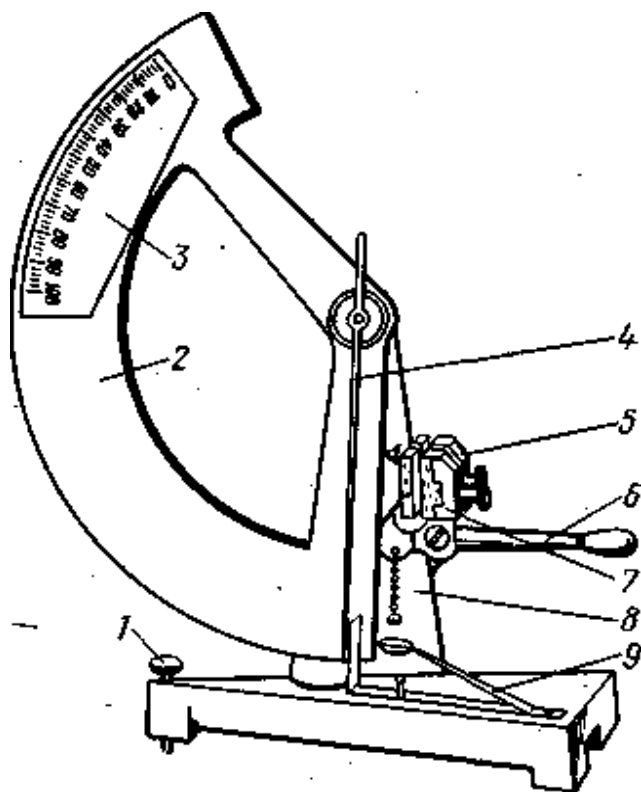


Рисунок 9.5 – Апарат Р-1

Опір роздиранню визначається на приладі Р-1 (типу Ельмендорфа), чи РБ (рис. 9.5). Дія приладу ґрунтується на принципі падаючого маятника.

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

Якщо розмах маятника затримати будь-яким чином, наприклад силою, потрібною для роздирання целюлози, маятник піднімається по інший бік вертикалі на меншу висоту. Різниця у висоті підняття маятника буде вказувати на зусилля, необхідне для роздирання целюлози.

Отже сутність методу ґрунтується на визначенні зусилля, необхідного для роздирання певної довжини попередньо надрізаного зразка, який випробовують, що складається зі складених чотирьох зразків, за допомогою маятника, який створює це зусилля під час переміщення його перпендикулярно

площині зразка. Робота, яка здійснюється під час роздирання зразка, вимірюється затраченою потенційною енергією маятника.

На станині (8) укріплений нерухомий затискач (5) для зразка і хиткий на кулькових підшипниках сегмент (2) із другим рухливим затискачем (7). На сегменті укріплена шкала (3) з поділками в грамах чи у ньютонках. Шкала на сегменті займає приблизно 50° його дуги. На осі встановлено кільце зі стрілкою (4). Перед випробуванням маятник повинен знаходитися в піднятому стані й утримується в цьому положенні гальмівною пружиною (9), що слугує одночасно і для гальмування маятника після розриву випробовуваного зразка. На станині укріплений ніж (6) для надрізання випробуваних зразків.

Хід виконання роботи

Перед випробуванням перевіряють нульове положення апарата. Для цього звільняють сегмент натисканням гальмівної пружини і, не відпускаючи її, перевіряють, чи збігається червона риска, нанесена посередині маятника, із краєм гальмівної пружини. Якщо збігу немає, то домагаються його за допомогою урівнювального гвинта (1). Потім заводять сегмент уліво до упору його краю в гальмівну пружину і виставляють стрілку у вертикальне положення. Натискають гальмівну пружину, звільняючи сегмент, і він робить коливальний рух (2 – 3 хитання), після чого цей сегмент пригальмовує пружиною. Якщо апарат встановлений правильно, то стрілка повинна показувати «0» на шкалі, якщо ж ні, то за допомогою урівнювального гвинта (1) апарат встановлюють так, щоб під час нового хитання сегмента одержати на шкалі нульове показання стрілки.

Перевіривши нульове положення апарата, заводять сегмент вліво до зупинки, тоді обидва затискачі будуть знаходитися поряд (проміжок між ними 2 – 3 мм), а щілини їх будуть розташовані на одній лінії. Вставляють у затискачі зразки паперу. *Дозволяються розміри зразків шириною $60,0 \pm 0,5$ мм і довжиною $75,0 \pm 1,0$ мм.*

Вставлені зразки надрізають ножем. Останній повинен бути встановлено так, щоб після надрізання зразка довжина частини, що

роздирається, складала $43 \pm 0,5$ мм. Потім натисканням на гальмівну пружину відпускають маятник, який під час падіння роздирає смужки. Після 2 – 3 хитань маятника його гальмують за допомогою гальмівної пружини і після повної зупинки маятника відраховують показання стрілки на шкалі приладу. Обривки целюлози з рухливого затискача викидають, а смужки зразків пересувають у затискачах для наступного випробування. Число зразків, що піддаються одночасному випробуванню, встановлюється для окремих видів целюлози в залежності від його міцності, а також від типу приладу.

Визначення опору роздиранню проводять не менше 5-ти разів.

Оброблення експериментальних даних

Опір целюлози роздиранню E , (мН) обчислюють за формулою:

$$E = \frac{F \cdot P}{n},$$

де F – середнє арифметичне показань за шкалою приладу; мН;

P – ціна поділки шкали приладу, мН (гс);

n – кількість зразків, що роздираються одночасно.

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

$$E_0 = \frac{E \cdot 100}{M},$$

де M – маса 1 м^2 целюлози, г.

Результат обчислення округляють до 10 мН (1 гс) за опору роздиранню до 1000 мН (100 гс) і 50 мН (5 гс) за опору роздиранню вище 1000 мН (100 гс).

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати розривну довжину за формулою Гартига та за формулою Гойсера.

2. Розрахувати абсолютний опір продавлюванню, відносний опір продавлюванню та індекс продавлюванню.

3. Розрахувати опір целюлози роздиранню та відносний опір целюлози роздиранню

Таблиця – Вихідні дані для розрахунку розривної довжини, опору роздиранню, опору продавлюванню паперу/картону

Варіант	Розривне зусилля (P), кгс	Показники приладу (F), одиниці (ціна поділки 16 г)	Показники манометра (Sp), кПа
Варіант 1	6,2; 6,4; 6,0; 6,2; 6,8;7,0	4,3; 4,5	190; 175; 182; 188; 180
Варіант 2	7,4; 7,5; 7,0; 7,2; 7,9;6,8	4,9; 4,7	205; 217; 208; 215; 230; 219
Варіант 3	8,1; 8,3; 8,0; 8,2; 7,9;8,5	8,3; 8,5	310; 302; 312; 300; 295; 305
Варіант 4	11,4; 10,5; 11,0; 11,2; 11,9; 11,8	18,0; 18,6	315; 305; 330; 307; 285; 315
Варіант 5	7,7; 7,4; 7,7; 7,9; 8,1;6,8	11,6; 11,5	187; 206; 225; 195; 219; 200
Варіант 6	10,4; 0,5; 10,0; 11,2; 11,9; 11,8	13,2; 13,5	415; 413; 424; 435; 430; 445
Варіант 7	6,1; 6,3; 6,0; 6,4; 6,7;6,5	12,6; 12,0	300; 310; 322; 304; 318; 324
Варіант 8	9,4; 9,7; 10,0; 10,2; 10,2; 10,8	18,6; 18,0;	290; 295; 300; 284; 308; 302
Варіант 9	7,4; 5,1; 5,0; 5,5; 5,3;5,7	3,5; 3,7	168; 175; 177; 182; 180; 170
Варіант 10	7,4; 7,5; 7,7; 7,9; 8,2; 8,0	11,3;11,4	75; 85; 74; 83; 73; 77
Варіант 11	9,4; 9,6; 9,7; 10,2; 10,5; 10,4	8,5; 8,2	306; 295; 307; 310; 325; 315
Варіант 12	7,9; 8,5; 8,1; 8,2; 8,0;7,3	5,7; 5,5	170; 165; 160; 159; 180; 162

Варіант	Розривне зусилля (P), кгс	Показники приладу (F), одиниці (ціна поділки 16 г)	Показники манометра (Sp), кПа
Варіант 13	8,1; 8,3; 8,0; 8,2; 7,9;7,8	6,1; 6,5	189; 185; 190; 195; 183; 192
Варіант 14	8,7; 8,5; 8,8; 8,2; 8,9;8,0	7,6; 7,5	309; 320; 332; 314; 318; 325
Варіант 15	7,6; 7,2; 7,8; 7,0; 7,9; 8,3	8,1; 8,0	295; 335; 346; 354; 328; 332
Варіант 16	8,6; 8,5; 8,9; 8,2; 8,7;8,8	9,7; 10,0	300; 285; 295; 290; 310; 307
Варіант 17	6,1; 6,3; 6,0; 6,2; 6,5;7,1	8,6; 8,8	190; 195; 202; 184; 208; 212
Варіант 18	6,3; 6,1; 6,0; 6,3; 6,4; 6,5	9,7; 9,3	170; 165; 160; 174; 173; 162
Варіант 19	7,4; 7,5; 7,0; 7,2; 7,9; 6,8	6,1; 6,7	255; 265; 260; 280; 268; 274
Варіант 20	9,3; 9,5; 9,1; 9,2; 9,9; 10	13,0; 13,2	370; 395; 380; 384; 382; 372
Варіант 21	9,4; 9,7; 9,0; 9,2; 10; 8,8	10,7; 11	320; 325; 330; 335; 322; 332
Варіант 22	10,4; 9,5; 9,0; 9,1; 10,1; 9,7	11,0; 11,7	295; 298; 280; 286; 284; 300
Варіант 23	6,4; 6,5; 6,0; 5,5; 5,9; 5,8	4,6; 4,7	225; 215; 210; 215; 218; 214
Варіант 24	8,3; 8,1; 8,2; 8,5; 7,9; 8,7	12,9; 12,8	265; 255; 260; 250; 245; 242
Варіант 25	7,4; 5,5; 5,7; 6,1; 6,3; 5,8	7,4; 7,5	227; 225; 220; 217; 230; 234
Варіант 26	1,4; 1,5; 1,0; 0,9; 0,85;1,1	3,0;3,3	55; 65; 70; 80; 68; 74
Варіант 27	10,4; 10,1; 10,0; 10,7; 10,9; 9,8	12,2; 12,5	357; 365; 360; 380; 368; 375
Варіант 28	9,9; 9,5; 9,0; 9,2; 9,5; 9,8	9,9; 9,5	260; 275; 270; 262; 268; 282
Варіант 30	1,0; 0,55; 0,8; 0,82; 0,9; 0,88	1,2; 0,9	60; 65; 67; 80; 62; 77
Варіант 31	10,4; 10,3; 10,0; 10,8; 10,9; 11,0	11,4;11,5	405; 415; 410; 380; 376; 385
Варіант 32	7,2; 7,9; 7,5; 7,3; 7,7; 6,8	8,1; 8,5	235; 245; 240; 230; 238; 225

Варіант	Розривне зусилля (P), кгс	Показники приладу (F), одиниці (ціна поділки 16 г)	Показники манометра (Sp), кПа
Варіант 33	6,8; 6,5; 6,1; 6,3; 6,9; 6,0	6,0; 6,3	185; 165; 170; 181; 163; 166
Варіант 34	5,6; 5,5; 5,1; 5,9; 5,7; 6,0	7,9; 8,0	300; 305; 310; 307; 318; 314
Варіант 35	9,4; 9,5; 9,0; 9,2; 9,9; 10,2	11,8; 11,9;	295; 290; 300; 285; 287; 298

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 9

1. Чим характеризується міцність целюлози на розрив?
2. Опишіть, чим виражається міцність целюлози на розрив?
3. Опишіть роботу розривної машини динамометра РМБ-30-2М.
4. Які значення потрібно знати, щоб розрахувати розривну довжину?
5. Поясніть, що таке розривна довжина?
6. Які чинники впливають на показник міцності на злом під час багаторазових перегинів?
7. У чому суть методу визначення кількості подвійних перегинів?
8. Поясніть принцип роботи апарата І-1-2.
9. Поясніть, що собою являє опір продавлюванню.
10. Опишіть метод визначення опору продавлюванню.
11. Скільки зразків піддають фізико-механічним випробуванням?
12. Які показники розраховують для опору продавлюванню?
13. Охарактеризуйте показник опір роздиранню.
14. Опишіть принцип роботи апарата Р-1.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1.....	4
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ.....	4
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 1.....	8
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2.....	9
ТЕМА: ВАРІННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ В ЛАБОРАТОРІЇ.....	9
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 2.....	17
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3.....	18
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СУХОСТІ ($K_{сух}$) ЦЕЛЮЛОЗИ. ВИЗНАЧЕННЯ ВИХОДУ ВОЛОКНИСТОГО НАПІВФАБРИКАТУ (ЦЕЛЮЛОЗИ).....	18
3.1 Визначення коефіцієнта сухості ($K_{сух}$) целюлози.....	18
3.2 Визначення виходу волокнистого напівфабрикату (целюлози).....	19
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 3.....	22
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4.....	23
ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛИШКОВОГО ЛІГНІНУ У ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТАХ ПРЯМИМИ ТА НЕПРЯМИМИ МЕТОДАМИ. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ	23

Теоретичні відомості.....	23
ПРЯМИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО ЛІГНІНУ У ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТАХ...	24
4.1 Визначення лігніну по Класону (у модифікації Комарова).....	18
ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО ВМІСТУ ЛІГНІНУ У ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТАХ НЕПРЯМИМИ МЕТОДАМИ.....	26
4.2 Визначення ступеня делігніфікації (жорсткості) целюлози.....	26
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 4.....	31
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5.....	32
ТЕМА: РОЗМЕЛЮВАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ВІДЦЕНТРОВО-РОЗМЕЛЮВАЛЬНОМУ АПАРАТІ. ВИЗНАЧЕННЯ ГРАДУСА МЛИВА (°ШР).....	32
5.1 Розмелювання волокнистих напівфабрикатів.....	32
5.2 Визначення ступеня млива маси.....	35
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 5.....	39
ПРАКТИЧНА РОБОТА 6.....	40
ТЕМА: ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДЛИВОК НА ЛИСТОВІДЛИВНОМУ АПАРАТІ.....	40
6.1 Виготовлення відливків целюлози.....	40
6.2 Виготовлення відливків.....	42
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 6.....	43

	ПРАКТИЧНА РОБОТА 7.....	44
ТЕМА:	ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВІДЛИВКІВ	
	ПАПЕРУ, КАРТОНУ.....	44
	Теоретичні відомості.....	44
	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ	
	РОБОТИ 7.....	51
	ПРАКТИЧНА РОБОТА 8.....	52
ТЕМА:	ПІДГОТОВКА ЗРАЗКІВ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДЛИВОК	
	ДО ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ.	
	ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ	
	НАПІВФАБРИКАТІВ.....	52
	Теоретичні відомості.....	52
	ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ	
	НАПІВФАБРИКАТІВ.....	52
	ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ 1 М², ТОВЩИНИ І	
	ЩІЛЬНОСТІ ЦЕЛЮЛОЗНИХ ВІДЛИВКІВ.....	52
8.1	Визначення маси 1 м² целюлозних відливків.....	53
8.2	Визначення товщини целюлозних відливків.....	54
8.3	Визначення щільності целюлозних відливків.....	55
	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ	
	РОБОТИ 8.....	58
	ПРАКТИЧНА РОБОТА 9.....	59
	ТЕМА: ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ	
	ЗРАЗКІВ НАПІВФАБРИКАТІВ.....	59
9.1	Визначення міцності целюлози на розрив.....	59
9.2	Визначення міцності на злом під час багаторазових	
	перегинів.....	63
9.3	Визначення опору продавлюванню.....	66
9.4	Визначення опору роздиранню.....	69

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ	
РОБОТИ 9.....	74
ЗМІСТ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черьопкіна Р.І., Дейкун І.М., Трембус І.В., Цапар В.С. Об'єкти керування в технології рослинних полімерів: рекомендації до виконання домашньої контрольної роботи. [Електронне мережне навчальне видання]. Навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка. КПІ ім. Ігоря Сікорського:– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 181 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67273>
2. Технологія целюлозно-паперового виробництва. Практикум. Навчальний посібник. [Електронне мережне навчальне видання]: навч. пос. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології; укладачі: Р.І. Черьопкіна, І.М. Дейкун, І.В. Трембус – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 70 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53771>
3. Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М. Технологія виробництва сульфатної целюлози: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» /;– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 274 с.
4. Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів. Підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології». / Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М., Барбаш В.А. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с.
5. Черьопкіна Р.І., Галиш В.В. Вторинна переробка паперової упаковки. Практикум. Навчальний посібник [Електронне мережне навчальне видання]. Навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю за освітньою програмою «Інжиніринг пакування та пакувального обладнання» спеціальності

131 Прикладна механіка за освітньою програмою «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. - КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Черьопкіна Р.І., Галиш В.В. – Електронні текстові дані – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 67 с.

6. Черьопкіна Р. І., Дейкун І. М.,Трембус І. В. Технологія і обладнання виробництва волокнистих напівфабрикатів. Лабораторний практикум. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітня програма «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського;. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 68 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47665>

7. Хімічне перероблення недеревної сировини. Вибрані розділи. Лабораторний практикум. Ч. 1.: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, В.А. Барбаш – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 61 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32896>

8. Хімічне перероблення недеревної сировини. Вибрані розділи. Лабораторний практикум. Ч.2.: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: уклад.: Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, В.А. Барбаш, І.М. Дейкун. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 61с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34148/1/KhPNS_VR_lab_2.pdf

9. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону. Нав. посіб./ Друге видання, перероблене. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425 с.