

**Тетяна ГЛУШКОВА,  
Світлана БАРАБАШ**

## **ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАПЕРУ ДЛЯ ЗОШИТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМПОЗИЦІЙ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ**

Стрімкий розвиток паперової індустрії, де широко використовуються прогресивні технології, вимагає прискореної розробки таких видів паперу, які б відповідали сучасним вимогам і були конкурентоспроможними.

Завдяки удосконаленню сульфатного способу варіння, який уможлиблює переробку майже будь-якої деревини на папір, питома вага сульфатної целюлози (СФА) як у світовій, так і у вітчизняній практиці зростає. У зв'язку з вичерпаними запасами хвойної деревини та неможливістю їх швидкого відновлення через повільний ріст, необхідно розширювати сферу застосування целюлози з листяних порід деревини у виробництві паперу. В останні роки спостерігається тенденція збільшення частки волокнистих напівфабрикатів із деревини листяних порід при зменшенні долі волокон із хвойної при виробництві паперу для зошитів. Це пояснюється меншою вартістю, а також тим, що оптимальні добавки коротших волокон деревини листяних порід до хвойних поліпшують структуру листа паперу, підвищують друкарські та інші властивості, зменшують здатність до скручування й короблення. Проте надмірна кількість листяної целюлози може знизити механічну міцність, вологотривкість і збільшити вимивання дрібного волокна.

За дорученням Уряду України Державна акціонерна холдингова компанія "Укрпапірпром" розробила державну Програму розвитку лісопромислового комплексу України на період до 2015 р. Нею передбачено реконструкцію діючих і будівництво нових підприємств щодо одержання волокнистих напівфабрикатів із деревини та волокнистих відходів сільського господарства, а також виробництва різних видів паперу.

Попередніми дослідженнями авторів визначено доцільність проведення наукового експерименту щодо розроблення нового виду паперу для шкільних зошитів, який максимально відповідав би сучасним вимогам<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Глушкова Т. Сучасні вимоги до якості виробів із паперу / Т. Глушкова, С. Барабаш // Товари і ринки. — 2008. — № 1. — С. 121—126.

Ураховуючи те, що волокнистий напівфабрикат як сировина є основним фактором формування якості паперу та виробів із нього, особливої актуальності набуває дослідження його впливу на властивості паперу для зошитів.

Під час виготовлення більшості видів паперу застосовують не один, а декілька волокнистих напівфабрикатів, які утворюють композицію. Із неї готується паперова маса, до якої вводять різні мінеральні наповнювачі, проклеювальні речовини й барвники для отримання паперу з необхідними властивостями.

Наукові дослідження провідних вчених свідчать, що основні види целюлози утворюються в результаті відмінності у процесах варіння, розмелювання, вибілювання та модифікацій поєднання цих процесів. Е. Раффаель встановив кількісні відмінності у надмолекулярній будові сульфатної та сульфітної (СФІ) целюлози. За його твердженням, у сульфатній структурна впорядкованість значно більша, ніж у сульфітній, що пояснює вищу реакційну здатність останньої. Як вказує Ю. Н. Непені, у СФА целюлозі лігнін і геміцелюлози розподілені рівномірно в товщі клітинної стінки волокна й менше піддаються дії реагентів, чим пояснюється складність її вибілювання і помелу та погана реакційна здатність. Залишковий лігнін і геміцелюлози в СФІ целюлозі зосереджені в зовнішніх шарах вторинної оболонки, тому при помелі піддаються дії хімічних реагентів і механічних процесів. Введення до композиції сировини 10–15 % листяної целюлози помітно покращує однорідність і просвіт паперу. Відомо, що добавка до композиції паперу для друку 20–30 % листяної целюлози в біленому вигляді забезпечує йому належні друкарські властивості. Х. Маус зазначає – окреме варіння деревини хвойних і листяних порід надає кращої якості паперовій масі, ніж спільне <sup>2</sup>.

Досліджено різні волокнисті напівфабрикати, придатні для виготовлення паперу для зошитів із необхідним комплексом властивостей.

Найціннішими волокнами целюлози для паперу є ті, що одержані з деревини хвойних порід і являють собою клітини рослинної тканини стрічкоподібної форми (трахеїди). Довжина весняних і осінніх трахеїдів – 2.5–5.5 мм, ширина – 0.03–0.04 мм. Волокнисті напівфабрикати з листяних порід відрізняються від хвойних насамперед меншою однорідністю анатомічної будови й мають коротші волокна <sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Фляте Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. — М. : Лесная пром-сть, 1976. — 648 с.; Глушкова Т. Влияние волокнистой массы на свойства офсетного паперу / Т. Глушкова, Л. Коптюх // Товары и рынки. — 2006. — № 2. — С. 148—153; Кейзер П. М. Бумага для печати как волокнисто-минеральный композит / П. М. Кейзер, А. С. Смолин // Материалы междунар. науч.-практ. конф. "Новое в химии бумажно-картонного производства и полиграфии", 16—18 мая 2006 г. — СПб : ВНИИБ, 2006. — С. 109—112.

<sup>3</sup> Примаков С. П. Технология паперу і картону / С. П. Примаков, В. А. Барбаш. — К. : Екмо, 2002. — 395 с.

Порівняно з волокнами СФІ целюлози волокна СФА за інших рівних умов додають паперу вищої механічної міцності, більшого опору роздиранню, зламу, продавлюванню і скручуванню; підвищують подовження до роздирання, термостійкість, довговічність і знижують прозорість. Целюлоза СФІ після варіння світліша, ніж СФА. Вона легше піддається вибілюванню. Проте сульфатний метод варіння трудомісткіший. Недоліки кислотного технологічного процесу полягають у потребі завжди чистої деревини, яку необхідно постачати на підприємство не пізніше, ніж за 8 тижнів, і варіння відбувається протягом 8–12 год. Вибілена сульфатна целюлоза використовується для виробництва багатьох видів писального й друкарського паперу. Волокна СФА порівняно з целюлозою, отриманою іншими способами, досить гнучкі, еластичні, на їхній поверхні менше мікротріщин, тому вони вимагають багато енергії на розмелювання, важко фібрилюються та менше укорочуються під час розмелювання.

На базі науково-дослідного інституту паперу України в лабораторних умовах проведено експериментальні дослідження по виготовленню зразків паперу з використанням суміші целюлози із різним співвідношенням компонентів і різного ступеню помелу. При виборі волокнистих напівфабрикатів враховано стандартні значення показників якості для забезпечення писальних властивостей паперу для зошитів (табл. 1).

Таблиця 1

## Стандартні значення показників якості волокнистих напівфабрикатів

Показник	Вид і марка целюлози		
	сульфатна білена, Б-1 (ГОСТ 3914)	сульфатна білена, ХБ-2 (ГОСТ 9571)	сульфатна білена ОБ-1 (ДСТУ 3244)
Розривна довжина, м	6500	7800	7400
Міцність на злам під час багаторазових перегинів, ч. п.	340	840	280
Білість, %	85	86	84
Масова частка золи, %	1.0	0.80	0.90
pH водної витяжки	6.0–7.0	5.5–7.0	5.5–7.0
Вологість, %	16	14	18

Як мінеральний наповнювач, згідно з ГОСТ 19285, використано каолін збагачений марки КН-80. Для проклеювання паперової маси застосовано каніфольний клей, алюміній сірчаноокислий, поліакриламід. Розмелювання целюлози (при її концентрації – 3.5–4 %) проведено регульованим притисканням ножів барабана різним ступенем помелу від 30 до 46 ШР°. Проклеювання проведено традиційним способом за витратами каніфольного клею 1.4–1.8 %, алюмінію сірчаноокислого – 4 %, поліакриламиду – 0.4 % від абсолютно сухого волокна. Отриману композицію розбавлено до концентрації волокна 0.6 % і на листовідливному апараті вироблено папір.

Усього підготовлено шість композицій різного волокнистого складу й ступеня помелу (табл. 2), які досліджено за основними показниками стандартів <sup>4</sup>.

Таблиця 2

## Якість паперу дослідних композицій

№ ком-позиції	Частка компонентів, мас. %	Ступінь помелу паперової маси, ШР <sup>о</sup>	Показники якості паперу				
			маса 1 м <sup>2</sup> , г	щільність, г/см <sup>3</sup>	руйнівне зусилля, Н	білість, %	непрозорість, %
1	СФІ целюлоза хвойна, 100	32.0	65.2	0.75	32.2	78.0	90.6
		40.0	64.8	0.77	34.8	78.4	90.2
		45.0	64.0	0.78	36.2	78.8	90.8
2	СФА целюлоза хвойна, 100	32.0	65.0	0.76	34.6	77.9	90.9
		40.0	64.7	0.77	36.0	78.2	90.2
		45.0	63.9	0.78	38.0	78.6	90.4
3	СФІ хв. – 50 СФА хв. – 20 СФА л. – 30	31.0	65.8	0.73	33.2	79.0	90.2
		39.0	65.0	0.76	35.6	79.2	90.6
		46.0	64.6	0.79	38.0	79.8	91.4
4	СФІ хв. – 30 СФА хв. – 30 СФА л. – 40	32.0	65.4	0.75	33.6	78.2	91.8
		40.0	65.0	0.76	35.2	78.8	91.6
		46.0	64.8	0.79	37.8	79.0	91.4
5	СФІ хв. – 20 СФА хв. – 50 СФА л. – 30	30.0	65.9	0.74	33.8	79.4	91.2
		41.0	64.5	0.76	37.4	78.8	91.4
		46.0	63.8	0.77	37.8	80.6	91.0
6	СФА хв. – 35 СФА л. – 65	30.0	65.2	0.72	33.0	78.0	90.0
		39.0	65.2	0.73	34.8	78.4	91.1
		44.0	64.2	0.75	37.0	79.0	91.3

Різна волокниста сировина та співвідношення компонентів паперової маси значно впливають на властивості паперу.

Особливо помітним є вплив виду целюлози (СФА або СФІ) та присутності у композиції приготовленої паперової маси листяних порід деревини.

Надмірне зниження маси 1 м<sup>2</sup> паперу суттєво послаблює механічну міцність і підвищує прозорість. Відповідно до стандартів, маса

<sup>4</sup> ГОСТ 18510–87. Бумага писчая. Технические условия. — М. : Изд-во стандартов. — 1988. — 7 с.; ГОСТ 9094–89. Бумага для печати офсетная. Технические условия. — М. : Изд-во стандартов. — 1989. — 10 с.

1 м<sup>2</sup> паперу для зошитів повинна бути 65.0±2.5 г. Маса 1 м<sup>2</sup> всіх розроблених зразків паперу відповідає вимогам стандартів.

Щільність пов'язана з пористістю, жорсткістю та міцністю паперу. Вона впливає на всі оптичні й фізичні властивості (зокрема на масу). Вплив різних видів целюлози на щільність паперу є специфічною їх особливістю. Із СФА целюлози виготовляється папір більшої щільності, ніж із СФІ. Папір із натрієвої целюлози менш щільний. Цю целюлозу використовують у тих випадках, коли необхідний пухкіший папір. Більшість видів паперу мають щільність у межах 0.7–0.9 г/см<sup>3</sup>. Відповідно до вимог, щільність паперу для зошитів повинна бути від 0.75 до 0.85 г/см<sup>3</sup>. Усі розроблені зразки паперу відповідають зазначеним вимогам.

Руйнівне зусилля виготовленого паперу має менше абсолютне значення для композицій паперової маси з 100 % СФІ, ніж 100 % СФА хвойної целюлози. При цьому для паперу, виготовленого із СФА целюлози, цей показник є вищим за інших рівних умов, наприклад при ступені помелу 32.0 ШР° становить 34.6 Н проти 32.2 Н відповідно. Встановлено, що з підвищенням ступеня помелу до 45 ШР° збільшується руйнівне зусилля у зразках із 100 % СФІ і 100 % СФА целюлози до 36.2 Н і 38.0 Н відповідно.

Введення до композиції паперу листяної целюлози призводить до зниження його руйнівного зусилля, що можна пояснити меншою довжиною волокон целюлози з листяних порід деревини. Значний вплив на показники паперу має ступінь помелу: його підвищення з 30° до 46° ШР° сприяє зростанню механічної міцності – руйнівне зусилля збільшується на 12–14 %. Показники механічної міцності паперу в основному наростають у початковий період помелу. Таким чином утворюється невідповідність між наростанням механічної міцності паперу в процесі помелу й ступенем помелу паперової маси у комбінованих композиціях, наприклад № 3, 4 і 5. Ця невідповідність пояснюється особливостями розташування геміцелюлоз в рослинних волокнах. Приблизно половина геміцелюлоз розташовується в зовнішніх шарах клітинної стінки волокон, тобто в тих шарах, які вже в початковій стадії процесу помелу мають тенденцію до відшаровування під впливом розмелюючої гарнітури й надалі сприяють утворенню міцних зв'язків між волокнами. Результатом цього і є зростання міцності паперу. Для забезпечення максимальної міцності не потрібно інтенсивно розмелювати волокнистий матеріал. Необхідно впливати на волокно так, щоб визволялися геміцелюлози, які містяться в його зовнішніх шарах, частково або повністю руйнувався зовнішній шар вторинної стінки й зберігався незруйнованим середній шар. Доведено, що максимальна кількість сульфатної целюлози у композиції паперу

для зошитів може становити 30 % СФА листяної і 50 % СФА хвойної або 40 % і 30 % відповідно. При цьому отриманий найвищий показник руйнівного зусилля у цих композиціях – 37.8 Н, який практично дорівнює відповідному показнику у композиції, що складається із 100 % СФА хвойної целюлози (38.0 Н). Найгірші показники механічної міцності отримані у зразках композиції № 6, руйнівне зусилля яких становить при різному ступені помелу від 33.0 до 37.0 Н. Це можна пояснити значним вмістом листяної целюлози.

Відповідно до вимог, розривна довжина паперу має бути в межах від 3000 до 3700 м. Розривна довжина всіх розроблених зразків паперу відповідає вимогам стандартів.

При введенні наповнювачів у композицію знижується собівартість виробництва паперу, підвищується його білість, істотно збільшується гладкість його поверхні за рахунок заповнення частинками наповнювача пор і нерівностей між волокнами на жорсткій поверхні аркуша; зменшується непрозорість паперу, що дає можливість писати й друкувати з обох боків аркуша; покращується рівномірність просвіту; збільшується м'якість і пластичність – папір менше шумить при перегортанні; знижується об'ємна маса, пористість і вбираність друкарських фарб та чорнил; підвищується здатність паперу до пилюватості тощо. Усі дослідні зразки паперу підходять для друку за зольністю, яка становить від 8.9 до 10.6 %. Композиції № 3, 4, 5 при ступені помелу 31 ШР°, 32 ШР°, 30 ШР° відповідно найпридатніші для письма.

Для паперу для зошитів показниками оптичних властивостей є білість та непрозорість. Установлено жорсткі норми до його гігієнічності – непрозорість друкованих елементів із зворотного боку повинна бути не менше 90 %, що попереджує пов'язані з цим можливі порушення зору. Білість паперу має становити 70–88 %<sup>5</sup>. По співвідношенню білості й непрозорості слід відмітити зразки № 3, 5 і 6. Перший з них при ступені помелу 46 ШР° має білість 79.8%, а непрозорість – 91.4 %, останній – при ступені помелу 44 ШР° має білість 79.2 %, а непрозорість – 91.8 %. Зразок № 5 порівняно з іншими має високу білість і непрозорість при всіх ступенях помелу.

Таким чином, за більшістю показників якості найкращою визначено композицію паперу для зошитів № 5. Досягнутий оптимальний вміст сульфатної целюлози уможлиблює підвищення економічної ефективності виробництва паперу для зошитів.

<sup>5</sup> ДсанПіН №77/13344. Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей. — К. : вид-во МОЗ України, 2007. — 30 с.