

ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА

DOI 10.31891/2307-5732-2021-297-3-112-115

УДК 676.1.06

В. В. ГАЛИШ, І. М. ДЕЙКУН

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ
КАРТОННО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

У роботі наведено результати досліджень фізичних та механічних властивостей картонно-паперової продукції, а саме писального паперу та картону для плоских шарів гофрованого картону, що містять у своєму складі целюлозні волокна з недеревної рослинної сировини – стебел ріпаку.

Ключові слова: целюлозні волокна, папір, картон, композиція, фізико-механічні властивості.

V. V. HALYSH, I. M. DEYKUN

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF CARDBOARD AND PAPER PRODUCTS

Nowadays, the products of domestic enterprises of the pulp and paper industry are 80% made from secondary raw materials – recycling paper, which negatively affects its quality, narrows the range and limits the scope of use. This state of the industry connected with the lack of domestic production of cellulose fibrous products. The raw material problem of the pulp and paper industry of Ukraine can be solved by using annual plants and wastes of crop processing for the production of fibrous materials for various purposes. Rapeseed stalks can be considered as a promising raw material to meet the needs of the pulp and paper industry. The aim of the work is to study the physical and mechanical properties of writing paper and cardboard for flat layers of corrugated cardboard, which contain cellulose fibers of rapeseed stalks. This paper presents the results of research of sizes of elementary cellulose fibers from rapeseed stalks. Studies of the fractional composition showed that 70% of cellulose fibers from rapeseed have a length in the range of 0.02 to 0.81 mm and only 30% have a length exceeding 1 mm. To study the effect of cellulose content from rapeseed stalks in the composition of writing paper, paper samples of 80 g/m² were prepared at different ratios of cellulose from non-wood raw materials to coniferous cellulose. Studies have shown that the surface of paper made of non-wood pulp has a high smoothness and uniform lumen and is more elastic compared to paper made of bleached coniferous sulfate pulp. According to the results of physical and mechanical tests, it can be concluded that the increase in the content of non-wood pulp from rapeseed stalks in the composition of writing paper leads to a decrease in all physical and mechanical properties of the paper. To study the effect of non-wood pulp from rapeseed stalks in a cardboard composition for flat layers of corrugated cardboard, cardboard samples of 175 g/m² were made. Recycling paper of MS-6B was used as a bottom layer, and non-wood pulp as a surface layer of cardboard. The ratio of recycling paper to non-wood pulp in laboratory samples of cardboard was 80:20 mass %. According to the results, it can be concluded that the use for the surface layer of non-wood pulp from rapeseed stalks allows to obtain cardboard with strength values that fully meet the requirements for cardboard of K-1 type. In general, it was shown that non-wood rapeseed pulp can be used to replace more expensive sulfate bleached coniferous pulp in the production of writing paper and cardboard for flat layers of corrugated cardboard as a surface layer.

Keywords: cellulose fibers, paper, cardboard, composition, physical and mechanical properties.

Постановка проблеми

Світова целюлозно-паперовою промисловістю використовує великі обсяги волокнистих напівфабрикатів (механічна маса, хіміко-термомеханічна маса, напівцелюлоза, целюлоза), які відрізняються джерелами сировини (хвойні та листяні породи деревини, трав'янисті рослини, хімічні волокна), властивостями та різним співвідношенням у композиції картонно-паперової продукції [1]. На сьогодні продукція вітчизняних підприємств целюлозно-паперової промисловості на 80 % виробляється з вторинної сировини – макулатури, що негативно впливає на її якість, звужує асортимент та обмежує сфери використання. Ця проблема обумовлена, перш за все, відсутністю вітчизняного виробництва целюлозних волокнистих продуктів [2].

Вирішити сировинну проблему целюлозно-паперової промисловості України можна шляхом використання однорічних рослин і відходів переробки сільськогосподарських культур для виробництва волокнистих матеріалів різного призначення. Використання целюлозних продуктів з однорічних та багаторічних трав'янистих рослин у композиції паперу та картону має ряд переваг, у порівнянні з деревною целюлозою, які полягають у підвищенні економічності виробництва, оскільки їхня вартість нижча вартості целюлози з хвойних та листяних порід деревини, і при їх використанні витрати енергії на розмелювання (фібрилювання) менші приблизно на 25–30 % [3].

Аналіз останніх джерел інформації

У країнах з недостатніми запасами лісових ресурсів вчені проводять різносторонні дослідження способів одержання целюлозних волокнистих продуктів з недеревної рослинної сировини – соломи злакових культур, стебел олійних та технічних культур та ін. [4–6]. Крім того, такі дослідження також проводяться з метою розробки ефективних шляхів утилізації рослинних відходів агропромислового комплексу аби зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище, яке виникає при спалюванні таких відходів або їх гнитті [7].

Придатність волокнистих матеріалів до використання у виробництві картонно-паперової продукції значною мірою визначається розмірами волокон, їх морфологічною будовою, хімічним складом, способом одержання, виходом, фізико-механічними показниками [8, 9]. Целюлоза з однорічних та багаторічних

трав'янистих рослин відрізняється від деревної наявністю більшого різновиду анатомічних елементів з широкою різноманітністю форм та певними структурними особливостями, які в свою чергу обумовлюють показники якості картонно-паперової продукції [10, 11]. Загалом недеревні волокна можуть використовуватися в композиції різних видів паперу, в тому числі пакувальних, друкарських та ін. [12, 13].

Перспективною сировиною для забезпечення потреб целюлозно-паперової промисловості можна вважати і стебла ріпаку, який є олійною культурою, що вирощується на насіння. На сьогоднішній день, стебла ріпаку після збору насіння не знаходять подальшого використання і тому можуть розглядатися як альтернативна сировина для одержання целюлозних волокнистих продуктів. У роботі [14] наведено дані про вихід целюлозних продуктів в залежності від умов обробки стебел ріпаку. Проведені дослідження показали, що в результаті процесу делігніфікації ріпаку розчином пероцтової кислоти з концентрацією 10,6 мас.% протягом 2,0 год, при гідромодулі 9:1 з використанням каталізаторів Na_2MoO_4 та Na_2WO_4 з витратою 0,1% від маси абсолютно-сухої сировини можна одержати целюлозу з виходом 44,5–46,8 % і вмістом лігніну 1,1–2,1 % та з високими фізико-механічними показниками [14].

Метою роботи є дослідження фізико-механічних показників писального паперу та картону для плоских шарів гофрокартону, що містять у своєму складі целюлозні волокна зі стебел ріпаку.

Виклад основного матеріалу

Важливим фактором, який впливає на властивості паперового полотна є довжина волокон, з яких воно виготовлено. Розміри елементарних волокон целюлози зі стебел ріпаку визначали за допомогою апарату FS-100 фірми «Каяні», результати дослідження наведено в таблиці 1, в якій для порівняння наведено також фракційний склад за довжиною волокна хвойної і листяної целюлози. Проведені дослідження фракційного складу показали, що 70 % волокон целюлози з ріпаку мають довжину в межах 0,02–0,81 мм і лише 30% мають довжину, що перевищує 1 мм, в той час як у сульфатної вибіленої хвойної целюлози лише 45% волокон мають довжину менше 1 мм. За розмірами елементарних волокон ріпакова целюлоза дещо поступається і листяній целюлозі.

Таблиця 1

Фракційний склад целюлозного волокна за довжиною

Номер фракції	Довжина волокон, мм	Частка волокон, %		
		Ріпакова целюлоза	Сульфатна вибілена хвойна целюлоза (сосна)	Сульфатна вибілена листяна целюлоза (береза)
1	0,20 – 0,60	62,0	23,1	21,8
2	0,61 – 1,20	28,9	22,5	62,4
3	1,2 – 2,00	7,9	22,0	15,5
4	2,00 – 3,00	1,2	20,5	0,3
5	3,00 – 7,00	0	11,9	0

Для вивчення впливу вмісту целюлози зі стебел ріпаку в композиції писального паперу виготовляли зразки паперу масою 80 г/м² за різного співвідношеннях целюлози з недеревної сировини до хвойної целюлози, %: 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 та 0:100. Каніфольний клей використовували для проклеювання. Результати фізико-механічних випробувань лабораторних зразків писального паперу наведено в таблиці 2.

Проведені дослідження показали, що поверхня паперу, виготовленого з недеревної целюлози, має високу гладкість та рівномірний просвіт і є більш еластичною в порівнянні з папером, виготовленим з вибіленої сульфатної хвойної целюлози. За результатами фізико-механічних випробувань можна зробити висновок про те, що збільшення вмісту недеревної целюлози зі стебел ріпаку в композиції писального паперу призводить до зниження всіх фізико-механічних показників паперу. Це є закономірним, враховуючи морфологічну будову целюлозних недеревних волокон та їх довжину.

Як видно з наведених у таблиці 2 даних, дослідні зразки паперу мають високі показники міцності. Вимогам стандарту ГОСТ 18510 за показником розривної довжини і білості відповідають зразки писального паперу, в композиції яких використовується до 75 % недеревної целюлози, одержаної некаталітичним обробленням стебел ріпаку і до 25 % недеревної целюлози, одержаної з використанням вольфрамату натрію як каталізатору делігніфікації.

Для вивчення впливу недеревної целюлози зі стебел ріпаку в композиції картону для плоских шарів гофрованого картону виготовлялися зразки картону масою 175 г/м². Макулатуру марки МС-6Б [15] використовували в якості нижнього шару, а недеревну целюлозу в якості поверхневого шару картону. Співвідношення макулатури до недеревної целюлози у лабораторних зразках картону складало 80:20 мас. %. Витрата каніфольного клею – 20 кг/т. Властивості картону з поверхневим шаром із недеревної целюлози з соломи ріпаку порівнювалися з властивостями картону з поверхневим шаром із вибіленої сульфатної хвойної целюлози і вимогами стандарту ГОСТ 7420-89. Результати випробувань зразків картону наведено в таблиці 3.

За наведеними в таблиці 3 результатами можна зробити висновок про те, що використання для поверхневого шару недеревної целюлози зі стебел ріпаку дозволяє одержати картон зі значеннями показників міцності, що цілком задовольняють вимогам ГОСТ 7420-89 до картону марки К-1.

Таблиця 2

Фізико-механічні показники писального паперу

Каталізатор процесу делігніфікації	Композиція писального паперу		Розривна довжина, м	Міцність на злом при багаторазових перегибах, к.п.п.	Опір роздиранню, мН	Білість, %
	Вміст ріпакової целюлози, %	Вміст сульфатної хвойної вибіленої целюлози, %				
–	100	–	2200	28	6	76,7
	75	25	2500	32	76	77,1
	50	50	2700	36	80	78,3
	25	75	3300	41	92	78,7
Na ₂ WO ₄	100	–	3500	39	60	74,0
	75	25	3600	41	72	74,4
	50	50	3700	45	76	75,9
	25	75	3800	48	88	78,5
Na ₂ MoO ₄	100	–	3900	47	96	70,2
	75	25	4100	49	96	71,6
	50	50	4200	51	100	73,0
	25	75	4300	53	104	73,6
Сульфатна хвойна вибілена целюлоза		100	4300	51	112	82,2
Писальний папір марки № 1 В вищий сорт ГОСТ 18510			2700	–	–	77,0

Таблиця 3

Фізико-механічні показники картону для плоских шарів гофрокартону

Показник	Вимоги ГОСТ 7420-89 до картону марки К-1	Зразки картону з поверхневим шаром з:			
		недеревної целюлози, одержаної з каталізатором делігніфікації			хвойної вибіленої целюлози
		–	Na ₂ WO ₄	Na ₂ MoO ₄	
Маса картону площею 1 м ² , г	175±10	175	175	175	175
Товщина, мм, не більше	0,31±0,02	0,28	0,28	0,28	0,28
Абсолютний опір продавлюванню, кПа, не менше	570	698	681	690	641
Поглинання води поверхневим шаром картону площею 1 м ² при односторонньому змочуванні за 60 с, не більше	30	21	22	21	21
Руйнівне зусилля при стисканні кільця в поперечному напрямку, Н, не менше	200	268	271	290	298

Висновки

Експериментальним шляхом встановлено, що додавання до композиції писального паперу недеревної целюлози зі стебел ріпаку дозволяє одержати зразки писального паперу, що за своїми показниками міцності відповідають вимогам до марки №1 В вищого сорту за ГОСТ 18510-87.

Встановлено, що недеревна целюлоза, одержана зі стебел ріпаку з використанням вольфрамату натрію як каталізатора, має вищу білість і тому більш придатна для виробництва писальних і друкарських видів паперу, а за використання молібдату натрію одержані целюлозні продукти мають дещо нижчу білість, проте вищі фізико-механічні показники.

Показано, що недеревна целюлоза з ріпаку може бути використана для заміни більш дорогої сульфатної вибіленої хвойної целюлози у виробництві картону для плоских шарів гофрокартону у якості поверхневого шару.

Література

- Sixta H., Potthast A., Krottschek A.W. Chemical Pulping Processes: Handbook of Pulp / Ed. by Herbert Sixta. – Weinheim : Wiley-VCH Verlag, 2006. – 1291 p.
- Барбаш В.А. Бумага и картон из стеблей кенафа и сорго сахарного / В.А. Барбаш, И.В. Трембус, Н.Н. Оксентюк // Химия растительного сырья. – 2014. – № 4. – С. 271–278. – DOI: 10.14258/j.cprm.201404214
- Фляте Д.М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов / Д.М. Фляте. – Москва : Лесная промышленность, 1990. – 136 с.
- Low-temperature method for manufacturing of cellulose from wheat straw / I.V. Trembus, N.V. Sokolovska, V.V. Halysh, J.V. Nosachova, T.A. Overchenko // Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii. – 2019. – № 1. – P. 116–122.

5. Valorization of Wheat Straw for the Paper Industry: Pre-extraction of Reducing Sugars and Its Effect on Pulping and Papermaking Properties / S. Malik, V. Rana, G. Joshi, P.K. Gupta, A. Sharma // ACS Omega. – 2020. – Volume 5, No 47. – P. 30704–30715. – DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04883>
6. Barbash V. Obtaining pulp from corn stalks / V. Barbash, I. Trembus, J. Nagorna // Chemistry & Chemical Technology. – 2012. – Volume 6, No. 1. – P. 83–87.
7. Elhelece W.A. Rice Straw as a Raw Material for Pulp and Paper Production / W.A. Elhelece // Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials. – 2020. – Volume 2. – P. 296–304. – DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10596-X>
8. Li H. Achnatherum inebrians straw as a potential raw material for pulp and paper production / H.Li, H. Sun, Z. He // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Volume 101. – P. 193–196. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.061>
9. Extraction, Addition and Characterization of Hemicelluloses from Corn Cobs to Development of Paper Properties / J. C. da Silva, R. C. de Oliveira, A. da S. Neto, V. C. Pimentel, A. de A. dos Santos // Procedia Materials Science. – 2015. – No. 8. – P. 793–801. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.137>
10. Cellulosic fines: Properties and effects / N. Odabas, U. Henniges, A. Potthast, T. Rosenau // Progress in Materials Science. – 2016. – Volume 83. – P. 574–594.
11. Comparative effect of mechanical beating and nanofibrillation of cellulose on paper properties made from bagasse and softwood pulps / E. Afra, H. Yousefi, M.M. Hadilam, T. Nishino // Carbohydrate Polymers. – 2013. – Volume 97. – P. 725–730.
12. Трембус І.В. Пакувальний папір із стебел соняшнику / І.В. Трембус // Молодий вчений. – 2016. – № 3(30). – С. 280–284.
13. Барбаш В.А. Обґрунтування виробництва паперу і картону із недеревної рослинної сировини / В.А. Барбаш // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» – 2011. – № 6. – С. 148–153.
14. Deykun I. Rapeseed straw as an alternative for pulping and papermaking / I. Deykun, V. Halysh, V. Barbash // Cellulose Chemistry and Technology. – 2018. – Volume 52, No. 9-10. – P. 833–839.
15. Макулатура паперова й картонна. Технічні умови : ДСТУ 3500:2019. – [Чинний від 2020–07–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2019. – IV, 11 с. – (Національний стандарт України).

References

1. Sixta H., Potthast A., Krottschek A.W. Chemical Pulping Processes: Handbook of Pulp / Ed. by Herbert Sixta. – Weinheim : Wiley-VCH Verlag, 2006. – 1291 p.
2. Barbash V.A. Bumaga i karton iz steblej kenafa i sorgo saharomgo / V.A. Barbash, I.V. Trembus, H.H. Oksentyuk // Himiya rastitelnogo syrya. – 2014. – № 4. – S. 271–278. – DOI: 10.14258/j.cprm.201404214
3. Flyate D.M. Bumagoobrazuyushie svojstva voloknistyh materialov / D.M. Flyate. – Moskva : Lesnaya promyshlennost, 1990. – 136 s.
4. Low-temperature method for manufacturing of cellulose from wheat straw / I.V. Trembus, N.V. Sokolovska, V.V. Halysh, J.V. Nosachova, T.A. Overchenko // Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii. – 2019. – № 1. – R. 116–122.
5. Valorization of Wheat Straw for the Paper Industry: Pre-extraction of Reducing Sugars and Its Effect on Pulping and Papermaking Properties / S. Malik, V. Rana, G. Joshi, P.K. Gupta, A. Sharma // ACS Omega. – 2020. – Volume 5, No 47. – P. 30704–30715. – DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04883>
6. Barbash V. Obtaining pulp from corn stalks / V. Barbash, I. Trembus, J. Nagorna // Chemistry & Chemical Technology. – 2012. – Volume 6, No. 1. – P. 83–87.
7. Elhelece W.A. Rice Straw as a Raw Material for Pulp and Paper Production / W.A. Elhelece // Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials. – 2020. – Volume 2. – P. 296–304. – DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10596-X>
8. Li H. Achnatherum inebrians straw as a potential raw material for pulp and paper production / H.Li, H. Sun, Z. He // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Volume 101. – P. 193–196. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.061>
9. Extraction, Addition and Characterization of Hemicelluloses from Corn Cobs to Development of Paper Properties / J. C. da Silva, R. C. de Oliveira, A. da S. Neto, V. C. Pimentel, A. de A. dos Santos // Procedia Materials Science. – 2015. – No. 8. – P. 793–801. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.137>
10. Cellulosic fines: Properties and effects / N. Odabas, U. Henniges, A. Potthast, T. Rosenau // Progress in Materials Science. – 2016. – Volume 83. – P. 574–594.
11. Comparative effect of mechanical beating and nanofibrillation of cellulose on paper properties made from bagasse and softwood pulps / E. Afra, H. Yousefi, M.M. Hadilam, T. Nishino // Carbohydrate Polymers. – 2013. – Volume 97. – P. 725–730.
12. Trembus I.V. Pakuválny papír iz stebel soniashnyku / I.V. Trembus // Molodyi vchenyi. – 2016. – № 3(30). – S. 280–284.
13. Barbash V.A. Obgruntuvannia vyrobnytstva paperu i kartonu iz nederevnoi roslynnoi syrovyny / V.A. Barbash // Naukovi visti Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut» – 2011. – № 6. – S. 148–153.
14. Deykun I. Rapeseed straw as an alternative for pulping and papermaking / I. Deykun, V. Halysh, V. Barbash // Cellulose Chemistry and Technology. – 2018. – Volume 52, No. 9-10. – P. 833–839.
15. Makulatura paperova y kartonna. Tekhnichni umovy : DSTU 3500:2019. – [Chynnyi vid 2020–07–01]. – Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2019. – IV, 11 s. – (Natsionalnyi standart Ukrainy).

В. В. ГАЛИШ
І. М. ДЕЙКУН

ORCID ID: 0000-0001-7063-885X
ORCID ID: 0000-0002-9051-5176

v.galysh@gmail.com
ir.d2615@gmail.com

Рецензія/Peer review : 23.04.2021 р.

Надрукована/Printed : 30.06.2021 р.