

УДК 665.7.032.5 + 676.275  
DOI DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.2.2/19>

**Кусняк І.І.**

<https://orcid.org/0000-0003-3980-3110>  
Національний лісотехнічний університет України

**Бехта П.А.**

<https://orcid.org/0000-0002-4320-5247>  
Національний лісотехнічний університет України

**Козак Р.О.**

<https://orcid.org/0000-0003-1297-9810>  
Національний лісотехнічний університет України

**Копанський М.М.**

<https://orcid.org/0000-0002-3897-4818>  
Національний лісотехнічний університет України

**Ортинська Г.Є.**

<https://orcid.org/0000-0002-9365-1667>  
Національний лісотехнічний університет України

**Бринь О.І.**

<https://orcid.org/0000-0002-9324-8093>  
Національний лісотехнічний університет України

**Салабай Р.Г.**

<https://orcid.org/0009-0001-9820-652X>  
Національний лісотехнічний університет України

**Тимик Д.В.**

<https://orcid.org/0009-0004-4524-0689>  
Національний лісотехнічний університет України

**Кряжок С.А.**

<https://orcid.org/0009-0006-5806-2599>  
ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат»

## ВПЛИВ ВИДУ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ МОДИФІКОВАНОГО КРОХМАЛЮ НА ВЛАСТИВОСТІ КАРТОНУ-ЛАЙНЕРА

*Виробництво картону-лайнера є перспективним напрямом целюлозно-паперової галузі завдяки можливості багаторазової переробки волокнистої сировини та екологічності пакувальних матеріалів. Водночас використання макулатурної волокнистої сировини веде до зниження міцнісних характеристик картону, що потребує пошуку ефективних способів їх підвищення. Одним із перспективних технологічних рішень є застосування модифікованих крохмалів як зміцнювальних добавок.*

*У цій роботі досліджено вплив виду та концентрації модифікованого кукурудзяного крохмалю на фізико-механічні властивості картону-лайнера, виготовленого з макулатурної волокнистої маси марки МС-5Б. Для порівняння результатів дослідження виготовляли контрольні зразки картону з додаванням нативного (натурального) крохмалю, а також зразки без внесення крохмальних добавок. Волокнисту суспензію готували у лабораторному гідропульпері об'ємом 20 л за концентрації 3%, після*

чого масу згущували на ситі з розміром отворів 0,25 мм. Перед формуванням зразків вологість волокнистої маси становила 60–62%. Дослідні зразки картону формували у два шари (лицевий і зворотний) для відтворення структури промислового картону-лайнера, використовуючи волокнисту масу марки МС-5Б із введенням відповідних видів модифікованого крохмалю: катіонного, окисненого та ацетилюваного у концентраціях 1 та 2%. Виготовлення картону здійснювали в промислових умовах на папероробній машині № 3 відповідно до прийнятої технологічної схеми виробництва. Для отриманих зразків визначали масу за площею, абсолютний опір продавлюванню та руйнівне зусилля під час стискання кільця у поперечному напрямку відповідно до вимог чинних стандартів.

Результати досліджень показали, що застосування модифікованих кукурудзяних крохмалів сприяє підвищенню основних показників міцності картону-лайнера. Найбільший ефект зміцнення забезпечує катіонний крохмаль, що пояснюється його електростатичною взаємодією з негативно зарядженими поверхнями целюлозних волокон. Окиснений та ацетилюваний крохмаль також позитивно впливають на структуру волоконної сітки, покращуючи адгезійні властивості та рівномірність формування листа. Встановлено, що збільшення концентрації крохмалю від 1 до 2% сприяє зростанню маси картону, абсолютного опору продавлюванню та руйнівного зусилля під час стискання кільця. Отримані результати підтверджують доцільність використання модифікованого катіонного кукурудзяного крохмалю концентрацією 2% для підвищення міцності картону-лайнера та ефективності використання вторинної волокнистої сировини і відповідність вимогам ДСТУ для пакувального лайнера середнього класу міцності, що збільшуватиме ресурсну ефективність виробництва.

**Ключові слова:** картон-лайнер, модифікований крохмаль, катіонний крохмаль, окиснений крохмаль, ацетилюваний крохмаль, фізико-механічні властивості.

**Постановка проблеми.** З огляду на світові тенденції розвитку ринку паперово-картонної продукції, обсяги виробництва пакувального паперу і картону зростають [1, 2]. Особливо посилено розвивається сегмент пакувальних матеріалів, виготовлених із вторинної волокнистої сировини, зокрема картону-лайнера (рис. 1).

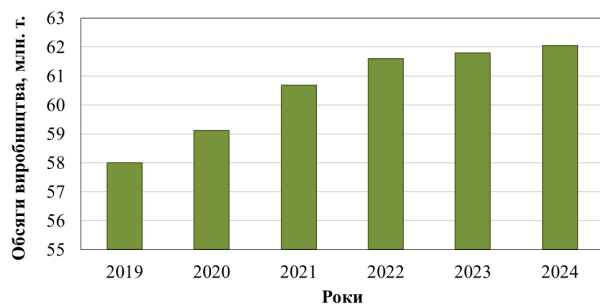


Рис. 1. Світовий ринок виробництва картону-лайнера [2]

Збільшення попиту на картон-лайнер у світовому масштабі пов'язане із можливістю його багаторазової переробки та екологічністю [3]. Активне зростання споживання гофрокартонної тари розпочалося з 2025 року з набранням чинності Регламенту Європейського Союзу щодо пакування та відходів пакування (PPWR) [4]. Він вимагає, щоб все пакування було придатним для переробки до 2030 року, встановлюючи мінімальні цільові показники вмісту переробленої сировини та комплексні вимоги щодо повторного використання. Такі ж процеси розвитку характерні для українського ринку картонно-паперової

продукції. Виробництво картону-лайнера в Україні належить до стратегічно важливих сегментів целюлозно-паперової галузі. Підприємства функціонують переважно на базі вторинної волокнистої сировини, що відповідає сучасним світовим тенденціям розвитку циркулярної економіки та замкнених виробничих циклів. Більшість виробників здійснили модернізацію технологічного обладнання, впровадивши високопродуктивні папероробні машини з автоматизованими системами керування, що дозволяє підвищити стабільність якості продукції та знизити питомі витрати ресурсів. Разом із тим у наукових дослідженнях і галузевих оглядах наголошується на низці проблем, характерних для українського ринку картону-лайнера [5, 6]. Серед них – дефіцит якісної макулатурної сировини, її сезонні коливання та висока енергомісткість виробничих процесів. Частина вторинної сировини експортується, тоді як імпортована макулатура має підвищену вартість через логістичні витрати, що негативно впливає на собівартість продукції. У зв'язку з цим особлива увага приділяється покращенню рецептур волокнистих мас і підвищенню ефективності використання наявної сировини.

Перспективним напрямом, що активно висвітлюється в наукових публікаціях, є застосування модифікованих природних полімерів, зокрема кукурудзяного крохмалю, для підвищення міцності картону-лайнера без істотного збільшення витрат волокнистої складової. Такий підхід дозволяє частково компенсувати зниження якості вторинних волокон, забезпечити необхідні показники опору

продавлюванню та стисканню, а також підвищити конкурентоспроможність української продукції на внутрішньому й зовнішньому ринках.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що одним із найбільш ефективних напрямів підвищення міцності картону-лайнера є використання модифікованих крохмалів різної хімічної природи [7–16]. Дослідження підтверджують, що застосування нативного крохмалю як зміцнювального агента обмежується його високою в'язкістю, схильністю до кристалізації та нестабільністю властивостей у процесі зберігання і використання. У зв'язку з цим у промисловій практиці переважають модифіковані форми крохмалю, отримані шляхом хімічної, фізичної або ферментативної обробки [7, 10].

У працях українських авторів розглядаються різні способи модифікування крохмалю, зокрема окиснення гідроген пероксидом у присутності  $\text{FeSO}_4$  [13]. Даний спосіб модифікування застосовувався для кукурудзяного крохмалю, який веде до зниження його молекулярної маси та утворення карбоксильних і карбонільних груп, що покращує розчинність та стабільність дисперсії. Авторами статті [14] наведено результати модифікування кукурудзяного крохмалю епоксипропілтриетаноламоній хлоридом, гексаметилолмеламіном та гексаметилентетраміном. Одержані модифіковані крохмалі забезпечили необхідні показники міцності картону з макулатури та низьку каламутність стічних вод. Вони покращили утримання маси на сітці та за цим показником перевищили значення для традиційних крохмалів. Виконували також дослідження [19] в напрямку визначення оптимальних умов використання модифікованих крохмальних клеїв у виробництві паперу для гофрування. Для проклеювання паперу застосовували модифікований кукурудзяний крохмаль концентрацією 0,8–1,35–1,6–1,8%.

Окремий блок досліджень присвячено катіонним крохмалю, які набули широкого застосування завдяки спорідненості до негативно заряджених поверхонь целюлозних волокон і мінеральних частинок [8, 10, 11]. Передбачається, що механізм їх дії полягає у посиленні електростатичної взаємодії та збільшенні кількості водневих зв'язків між фібрилами целюлозного волокна, що зумовлює зростання внутрішньої зв'язності полотна та опору руйнуванню.

У наукових публікаціях також розглядаються різні технологічні підходи до введення крохмалю у процес виробництва картону-лайнера. Найбільш

поширеними є додавання у волокнисту масу та поверхневе проклеювання [13, 17]. Перший метод забезпечує глибоке зміцнення структури, але потребує контролювання ретенції та в'язкості розчину, оскільки частина крохмалю може втрачатися зі стічними водами [17]. Поверхневе нанесення дозволяє підвищити поверхневу міцність, зменшити пористість і покращити друкарські властивості лайнера. Перспективним напрямом вважається технологія розпилення крохмалю, яка поєднує переваги обох підходів без суттєвого збільшення енергетичних витрат на сушіння.

Результати наукових досліджень демонструють, що використання катіонних і прежелатинізованих крохмалів сприяє підвищенню опору продавлюванню та жорсткості картону-лайнера [7-17]. Комбінування крохмалю з наповнювачами, інкапсульованими у крохмальну матрицю, дає можливість збільшити їх вміст без істотної втрати механічних характеристик, що є економічно доцільним за умов зростання вартості волокнистої сировини. Водночас встановлено, що саме модифікування крохмалю не забезпечує значного підвищення вологоміцності, тому дослідники рекомендують поєднувати його з латексними або водовідштовхувальними полімерними добавками. Сучасні публікації також акцентують увагу на екологічному аспекті використання модифікованих крохмалів. Перевагами є їх відновлюваність і біорозкладність, однак традиційні хімічні методи модифікування потребують контролю залишкових реагентів та показників стічних вод. У зв'язку з цим активно розвиваються “зелені” технології – ферментативні та фізико-хімічні методи, що мінімізують використання агресивних реагентів.

Попри вагомий обсяг наукових напрацювань, проблема обґрунтованого вибору виду та раціональної концентрації модифікованого крохмалю залишається відкритою для різних видів целюлозно-паперової сировини й конкретних технологічних умов виробництва [18, 19]. На практиці підприємства часто застосовують типові крохмальні композиції без урахування складу волокнистої маси та параметрів технологічного процесу. Такий підхід може спричинити коливання якісних показників картону, надмірні витрати клейових матеріалів або недостатній рівень міцності готової продукції. Авторами статті [16] доведено, що одним із ключових завдань у виробництві гофрокартону є правильний підбір клейової композиції, що значною мірою визначає міцнісні та експлуатаційні властивості пакувальної продукції. У зв'язку з цим доцільним є проведення комплексних досліджень

впливу модифікованого кукурудзяного крохмалю на фізико-механічні властивості картону-лайнера в промислових умовах.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідити вплив виду та концентрації модифікованого кукурудзяного крохмалю на основні показники якості картону-лайнера для ефективного використання в промислових умовах.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальні дослідження з виготовлення картону-лайнера та його випробування здійснювали в дослідній лабораторії ПАТ “Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат”. Для виготовлення картону використовували макулатурну волокнисту масу марки МС-5Б, яка є типовою сировиною для виробництва картону-лайнера в Україні. Як модифікувальні добавки застосовували три види кукурудзяного крохмалю: катіонний, окиснений та ацетилований, концентрація яких становила 1 та 2% (табл. 1).

Для порівняння отриманих результатів виготовляли контрольні зразки картону: з додаванням нативного крохмалю та без застосування крохмальних добавок. Приготування волокнистої суспензії здійснювали у лабораторному гідропульпері об’ємом 20 л за концентрації 3 %. Подальше згущення маси проводили на ситі з розміром отворів 0,25 мм. Перед формуванням зразків вологість волокнистої маси становила 60–62 %. Дослідні зразки картону формували у два шари з метою відтворення структури промислового картону-лайнера (лицевий і зворотний шари). Обидва шари виготовляли з маси марки МС-5Б із введенням відповідної крохмальної добавки. Виготовлення картону здійснювали на папероробній машині № 3 відповідно до прийнятої технологічної схеми виробництва. З виготовленого картону готували зразки для визначення наступних показників згідно з вимогами відповідних стандартів: маси за площиною ДСТУ EN ISO 536:2017 [20], абсолютного опору продавлюванню ДСТУ EN ISO 2759:2022 [21] та руйнівного

зусилля під час стискання кільця у поперечному напрямку ДСТУ ISO 12192:2008 [22].

Отримані результати досліджень показали, що вид модифікованого крохмалю та підвищення його концентрації від 1 до 2 % збільшують масу картону-лайнера до 196,7 г/м<sup>2</sup> (рис. 2).

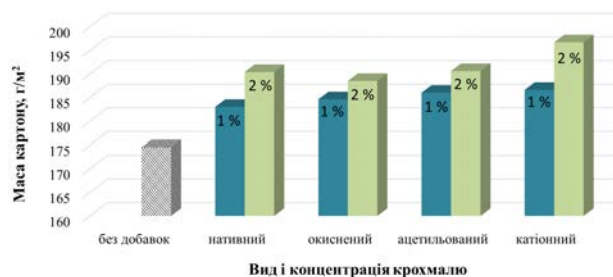


Рис. 2. Вплив концентрації різних видів крохмалю на масу картону-лайнера

Найбільший приріст маси картону спостерігається у разі застосування катіонного крохмалю концентрацією 2 %, що становить 12,7 % порівняно з контрольним зразком без крохмальних добавок. Це можна пояснити наявністю позитивно заряджених амонієвих груп, які взаємодіють з негативно зарядженими функціональними групами целюлозних волокон. Унаслідок цього підвищується ефективність адсорбції крохмалю на поверхні волокон, що сприяє кращому утриманню волоконних та дрібнодисперсних компонентів у структурі сформованого листа [23]. Ацетилований крохмаль забезпечує помірне збільшення маси картону-лайнера на 9,2 %, демонструючи водночас стабільність технологічного ефекту. Наявність ацетильних груп у структурі крохмалю сприяє підвищенню гідрофобності поверхні волокнистого матеріалу, що може позитивно впливати на водостійкість готового картону [11]. Використання окисненого крохмалю концентрацією 2 % також забезпечує статистично значуще зростання маси картону на 8,0 %. Позитивний ефект зумовлений нижчою молекулярною масою та підвищеною здатністю такого крохмалю

Таблиця 1

Характеристика крохмалю

№з/п	Вид крохмалю	Концентрація крохмалю, %	Хімічна характеристика	Рекомендована концентрація, % до сухої маси волокна
1	Нативний	1 2	Немодифікований, містить 27–28% амілози	1,0–2,0
2	Катіонний	1 2	Ступінь заміщення 0,035–0,045 (С–Е4)	1,5–2,5
3	Окиснений	1 2	Вміст карбонільних груп 0,4–0,6%	2,0–3,0
4	Ацетилований	1 2	Ступінь ацетилювання 2,5–3,5%	2,0–3,0

проникати у пористу структуру волокнистого матеріалу, що сприяє більш рівномірному розподілу клейової композиції [12]. Нативний крохмаль також підвищує масу картону-лайнера на 9,1 %, до того ж величина приросту залежить від його концентрації та умов нанесення. Однак через високу в'язкість і обмежену адсорбцію на волокнах ефективність такого збільшення зазвичай нижча порівняно з модифікованими крохмалюми [14].

Одним із ключових показників механічної міцності картону-лайнера є абсолютний опір продавлюванню, який характеризує здатність матеріалу витримувати навантаження, які ведуть до руйнування структури листа. Підвищення цього показника пов'язане з утворенням додаткових міжволоконних зв'язків водневого типу та зміцненням поверхневого шару картону після висихання крохмального покриття.

Результати експериментальних досліджень свідчать, що використання модифікованих кукурудзяних крохмалів забезпечує підвищення абсолютного опору продавлюванню картону-лайнера (рис. 3).

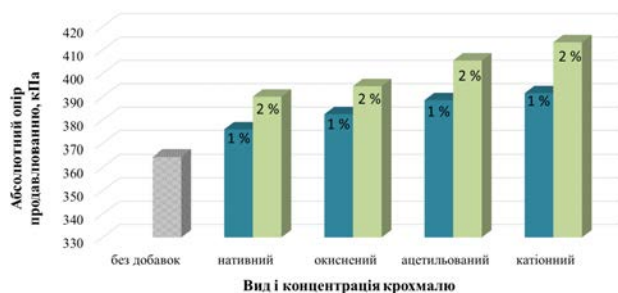


Рис. 3. Вплив концентрації різних видів крохмалю на абсолютний опір продавлюванню картону-лайнера

Найбільший вплив на абсолютний опір продавлюванню картону-лайнера спостерігається під час застосування катіонного крохмалю, для якого приріст показника може досягати 13,4 %. Це пояснюється високою спорідненістю катіонних полімерних груп до аніонних поверхонь целюлозних волокон, що сприяє формуванню більш міцних контактних зон між волокнами [8, 23]. Ацетилований крохмаль демонструє збалансований вплив на механічні та поверхневі властивості матеріалу, де абсолютний опір продавлюванню картону-лайнера зростає на 11,3 %. Використання окисненого крохмалю забезпечує підвищення опору продавлюванню приблизно на 8,3 %, тоді як вплив нативного крохмалю найменший – 7,0 %.

Важливим показником експлуатаційної придатності картону-лайнера є також руйнівне

зусилля під час стискання кільця, яке характеризує здатність матеріалу протистояти навантаженням у площині листа (рис. 4).

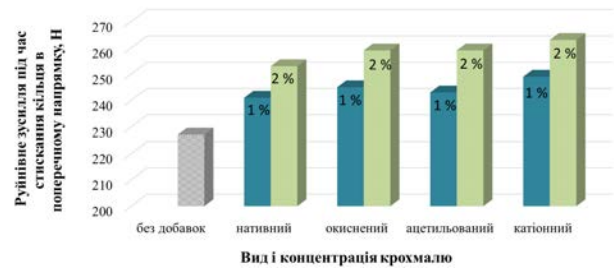


Рис. 4. Вплив концентрації різних видів крохмалю на руйнівне зусилля під час стискання кільця картону-лайнера

Цей показник безпосередньо впливає на несучу здатність гофрованого картону та є складовою параметрів оцінювання міцності транспортної тари. Експериментальні результати показали, що застосування модифікованих крохмалів підвищує руйнівне зусилля під час стискання кільця у поперечному напрямку на 13,7 %. Найбільший ефект зміцнення спостерігається під час використання катіонного крохмалю, що пояснюється його здатністю до електростатичної взаємодії з целюлозними волокнами та формування додаткових міжволоконних зв'язків. Окиснений та ацетилований крохмалі також сприяють підвищенню даного показника, однак їх вплив менш виражений і пов'язаний переважно з покращенням проникності та адгезійних властивостей у структурі волоконної сітки.

**Висновки.** За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що застосування модифікованого кукурудзяного крохмалю є ефективним технологічним способом підвищення фізико-механічних властивостей картону-лайнера виготовленого з макулатурної волокнистої маси марки МС-5Б. Визначено, що найбільший зміцнювальний ефект забезпечує катіонний крохмаль, який завдяки електростатичній взаємодії з целюлозними волокнами підвищує міцнісні характеристики картону-лайнера. Збільшення концентрації крохмалю від 1 до 2 % надає додаткового зміцнення структури матеріалу.

Встановлено, що використання модифікованого кукурудзяного крохмалю сприяє підвищенню міцності картону та забезпечує відповідність отриманих показників вимогам ДСТУ для пакувального лайнера середнього класу міцності. Отримані результати підтверджують доцільність застосування модифікованого катіонного кукурудзяного

крохмалю у технології виробництва картону-лайнера з метою підвищення його якісних характеристик і ресурсної ефективності виробництва.

Дальші перспективи в цьому напрямку полягають у дослідженні впливу підвищених концен-

трацій модифікованого крохмалю на властивості картону-лайнера для уточнення оптимальних параметрів процесу поверхневого проклеювання з урахуванням економічної доцільності та можливого збільшення енерговитрат на сушіння картону.

#### Список літератури:

1. CEPI. Key Statistics: European pulp & paper industry 2023. Confederation of European Paper Industries, 2023. URL: <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2024/09/Key-Statistics-2023-FINAL-2.pdf> (дата звернення 19.02.2026).

2. FAO. Pulp and paper capacities: survey 2019–2024. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. URL: <https://www.fao.org/forestry-fao/statistics/80571/en/> (дата звернення 19.02.2026).

3. Sustainable packaging materials market: global forecast 2025 – 2034. Market statistics. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/sustainable-packaging-materials-market> (дата звернення 20.02.2026).

4. Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/40/oj> (дата звернення 20.02.2026).

5. Державна служба статистики України: офіційний сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 27.02.2026).

6. Асоціація “УкрПапір”. Підсумки роботи паперової галузі України за 10 місяців. URL: <https://gofromagazine.com/pidsumki-roboti-paperovoi-galuzi-ukraini-za-10-misyacziv.html> (дата звернення: 27.02.2026).

7. Li H., Qi Y., Zhao Y., Chi J., Cheng S. Starch and its derivatives for paper coatings: a review. *Progress in Organic Coatings*. 2019. Vol. 135. P. 213-227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.05.015>.

8. Xie F., Yu L., Liu H. and Chen L. Starch modification using reactive extrusion. *Starch – Starke*. 2006. Vol. 58, No. 3-4. P. 131-139. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200500407>.

9. Yoon S.-Y., Deng Y. Clay-starch composites and their application in papermaking. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006. Vol. 100, No.2. P. 1032-1038. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.23007>.

10. Compart J., Singh A., Fettke J., Apriyanto A., Apriyanto A. Customizing Starch Properties: A Review of Starch Modifications and Their Applications. *Polymers*. 2023. Vol. 15, No.16. P. 3491. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15163491>.

11. Watcharatt J., Win E. E., Nimnuan J., Smith S. M. Modified Starch-Based Adhesives: a review. *Polymers*. 2022. Vol. 14, No. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14102023>.

12. Luo P., Liu Y. H., Zhao X. Q., Song P. P., Tan N. S., Sun M. Y. Development of a starch adhesive for corrugated board under room temperature. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 179-180. P. 812-817. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.179-180.812>.

13. Sharipov M. Study of changes in the properties of starch during oxidation in the creation of a component of adhesive material for surface treatment of paper. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Vol. 30, No. 1. P. 69-78. DOI: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i1.249315>.

14. Halysh V., Trus I., Tverdokhlib M., Nosachova Y., Krysenko T., Hlushko O., Ploskonos V., Radovenchuk V., Gomelya M. Starch modification to ensure resource savings and environmental safety in the production cardboard from waste paper. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23, No. 11. P. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/153393> ISSN 2299–8993.

15. Плосконос В. Г., Ластов'як Ю. Я., Назаренко, Д. С. Застосування модифікованих пшеничних крохмальних клеїв для підвищення фізико-механічних показників в процесах виробництва паперу та картону. *Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2020. Вип. 3. С. 72–79. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2020.217908>.

16. Бойчук Н. В., Гавенко С.Ф., Вуйцик Л. Б. Гевусь О. І. Особливості технології виготовлення клеїв для гофрокартону. *Технологія і техніка друкарства*. 2009. № 4 (26). С. 139-141. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(26\).2009.57870](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(26).2009.57870).

17. Yulin D., Phil J., Leslie M., Ragauskas A. Starch-modified fillers for linerboard and paper grades: A perspective review. *TAPPI Journal*. 2010. Vol. 9, No. 4. P. 31-36.

18. Holik H. Handbook of paper and board. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006. 524 p.

19. Плосконос В. Г., Букіна Я.І. Наукові аспекти пошуку оптимальних умов використання модифікованих кукурудзяних крохмальних клеїв у виробництві паперу та картону. *Міжнародний науковий журнал “Інтернаука”*. 2019. № 13 (75). С.42–51.

20. ДСТУ EN ISO 536:2017. Папір та картон. Метод визначення маси продукції площею 1 м<sup>2</sup>. Чинний від 10.01.2017. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 10 с.

21. ДСТУ EN ISO 2759:2022. Картон. Визначення опору продавлюванню. Чинний від 15.08.2022. Київ : УкрНДНЦ, 2022. 10 с.
22. ДСТУ ISO 12192:2008. Папір і картон. Визначення міцності методом стиснення кільця. Чинний від 01.07.2008. Київ : УкрНДНЦ, 2008. 8 с.
23. Hubbe M.A. Nanocellulose, cationic starch and paper strength. *Appita Journal*. 2019. Vol. 72, No. 2. P. 82 – 94.

**Kusniak I.I., Bekhta P.A., Kozak R.O., Kopansky M.M., Ortynska G.Ye., Bryn O.I., Salabay R.G., Tymyk D.V., Kriazhok S.A. INFLUENCE OF THE TYPE AND CONCENTRATION OF MODIFIED STARCH ON THE PROPERTIES OF LINERBOARD**

*The production of linerboard is a promising area of the pulp and paper industry due to the possibility of multiple recycling of fibrous raw materials and the environmental friendliness of packaging materials. At the same time, the use of recycled fibrous raw materials leads to a decrease in the strength characteristics of paperboard, which requires the search for effective ways to improve them. One of the promising technological solutions is the use of modified starches as strengthening additives.*

*This study investigates the influence of the type and concentration of modified corn starch on the physical and mechanical properties of linerboard produced from recycled fibrous pulp of grade MS-5B. For comparison of the research results, control cardboard samples were produced with the addition of native (natural) starch, as well as samples without the addition of starch additives. The fiber suspension was prepared in a laboratory hydropulper with a volume of 20 L at a concentration of 3 %, after which the pulp was thickened on a screen with a hole diameter of 0.25 mm. Before sheet forming, the moisture content of the fibrous pulp was 60–62 %. Experimental linerboard samples were formed in two layers (top and bottom) in order to reproduce the structure of industrial linerboard, using recycled pulp of grade MS-5B with the addition of different types of modified corn starch: cationic, oxidized, and acetylated at concentrations of 1 and 2 %. The cardboard was manufactured under industrial conditions on paper machine No. 3 in accordance with the established production process. For the obtained samples, grammage, bursting strength, and ring crush resistance in the cross direction were determined in accordance with the requirements of current standards.*

*The results showed that the use of modified corn starch improves the main strength indicators of linerboard. The greatest strengthening effect was provided by cationic starch, which can be explained by its electrostatic interaction with the negatively charged surfaces of cellulose fibers. Oxidized and acetylated starches also positively influence the structure of the fibrous network, improving adhesive properties and sheet formation uniformity. It was established that increasing the starch concentration from 1 to 2 % contributes to an increase in board grammage, bursting strength, and ring crush resistance. The obtained results confirm the feasibility of using modified cationic corn starch at a concentration of 2 % to increase the strength of linerboard and the efficiency of recycled fiber utilization, as well as compliance with national standard requirements for packaging linerboard of medium strength class, which will improve the resource efficiency of production.*

**Keywords:** *linerboard, modified starch, cationic starch, oxidized starch, acetylated starch, physical and mechanical properties.*

Дата першого надходження статті до видання: 16.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті 11.05.2026