

УДК 676.24

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-1(1)-273-279

Ксенія Осауленко, Ніна Мережко

СТІЙКІСТЬ ПАПЕРУ З ТОНКОШАРОВИМИ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ ДО ДІЇ МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Актуальність теми дослідження. Специфічні особливості складу і структури целюлозовмісного паперу обмежують можливості його широкого використання в складі пакувальних та композиційних матеріалів.

Постановка проблеми. Наявні способи поліпшення експлуатаційних властивостей целюлозовмісних матеріалів шляхом обробки хімічними сполуками різних класів не завжди дають бажані результати. Особливо це стосується підвищення стійкості паперу до дії механічних навантажень з різноманітним енергетичним спектром.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були розглянуті публікації у відкритому доступі, опубліковані матеріали, і виявлено, що досліджувані у статті проблеми потребують нових шляхів вирішення цього питання.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Застосування сполук, які зможуть хімічно взаємодіяти з поверхнею целюлози та забезпечити контрольований її гідрофільно-гідрофобний баланс.

Постановка завдання. Отримання об'єктивних даних щодо дієздатності методів захисту паперу з небіленої целюлози тонкошаровими кремнійорганічними покриттями, шляхом оцінки змочуваності і механічної міцності в процесі дії механічних навантажень.

Виклад основного матеріалу. Роботу присвячено оцінці ефективності застосування тонкошарових кремнійорганічних покриттів, з різними вуглеводневими радикалами та функціональними групами біля атома кремнію, для захисту паперу з небіленої целюлози від впливів вібрації, ударних навантажень, динамічної дії пилу.

Висновки відповідно до статті. Отримані результати можуть становити практичний інтерес у частині застосування розроблених складів кремнійорганічних тонкошарових покриттів для захисту паперу щодо розробки пакувальних матеріалів на його основі, а також шаруватих наповнювачів для конструкційних композитів.

Ключові слова: папір; тонкошарові кремнійорганічні покриття; вібрація; ударні навантаження; пил; змочуваність; механічна міцність.

Табл.: 2. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Вироби та матеріали на основі рослинних полімерів, зокрема целюлози, мають комплекс цінних фізико-хімічних властивостей, які надають широкі перспективи їх функціонального застосування. Особливий інтерес являє собою реалізація паперу в складі пакувальних матеріалів та конструкційних шаруватих композитів. Неабияка перевага використання полягає у високій екологічній безпеці паперу. Час розкладу останнього під дією навколишнього середовища становить до двох років порівняно з 150–200 роками для полімерних матеріалів. Такий високий ступінь його біодеструкції зумовлений особливостями складу целюлози, як основного інгредієнта, та структури самого матеріалу. Тому для успішного використання паперу і виробів на його основі необхідне раціональне поєднання зазначених переваг з ефективними методами захисту в процесі експлуатації.

Постановка проблеми. Поєднання в складі паперу інгредієнтів, що забезпечують формування його властивостей, які значно відрізняються за своєю фізико-хімічною сутністю, не завжди дозволяє ефективно використовувати такий матеріал для цілей пакування, а в деяких випадках для наповнення шаруватих композитів різного функціонального призначення. Тому актуальною є проблема формування потрібного рівня якості такого паперу шляхом обробки хімічними речовинами необхідного складу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з розробкою способів підвищення стійкості паперу до дії деструктивних факторів навколишнього середовища та його механічної міцності, досліджуються вже тривалий час [1]. У переліку останніх особливої уваги заслуговує обробка паперу хімічними речовинами різного складу та структури [2]. До таких речовин відносяться парафіни, амідні смоли та їх модифікації, полівініловий спирт, кремнійорганічні мономери і полімери та наповнені покриття на базі останніх [3–8].

Характерною особливістю целюлозовмісного паперу, який був сформований із застосуванням перерахованих реагентів, або оброблений вже в готовому вигляді, є недостатньо високий рівень якості в частині хімічної стійкості та механічної міцності, що зумовлено різними причинами, серед яких слід акцентувати увагу на таких:

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- відсутність міцного (бажано хімічного зв'язку) між інгредієнтами паперу та зміцнюючою речовиною;
- відносно невисока хімічна стійкість самої речовини;
- неможливість формування гнучкого й еластичного шару зміцнюючого агента на поверхні паперу;
- низька механічна міцність деяких зміцнюючих складів, зокрема на основі поліорганосилоксанів.

Наявність низки специфічних особливостей у складі й структурі паперу та, як наслідок, формування властивостей, які не сприяють його ефективному використанню, а також перераховані вище проблеми, потребують пошуку нових підходів вирішення цих задач.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Загальним і суттєвим недоліком наявних підходів є відсутність урахування особливостей хімічного складу паперу і його основного інгредієнта – целюлози при виборі зміцнюючих складів. Особливістю останньої є присутність як гідрофільних ОН груп, так і гідрофобних вуглеводневих радикалів. Тому для досягнення ефективного захисту такого матеріалу можуть бути використані сполуки, які можуть хімічно взаємодіяти з поверхнею целюлози та забезпечити контрольований її гідрофільно-гідрофобний баланс.

Найбільш повно перераховані вимоги можуть задовольнити кремнійорганічні мономери й олігомери, що містять біля атома кремнію реакційно здатні групи та вуглеводневі радикали [9; 10]. Ефективність захисної дії може бути оцінена за рівнем зміни змочуваності тонкошарових покриттів на їх основі в процесі впливу механічних навантажень (вібрація, ударні навантаження, динамічна дія пилу). Вибір останніх дозволить, на нашу думку, оцінити як міцність зв'язку покриттів з поверхнею целюлозовмісного субстрату, так і рівень деформативності останніх.

Постановка завдання (цілей статті). Головною метою цієї роботи є отримання об'єктивних даних щодо дієздатності методів захисту паперу з небіленої целюлози тонкошаровими кремнійорганічними покриттями шляхом оцінки змочуваності й механічної міцності в процесі дії механічних навантажень.

Виклад основного матеріалу. Ефективність захисту тонкошарових кремнійорганічних покриттів при дії експлуатаційних факторів (вібрація, ударні навантаження, пил) оцінювалась на прикладі намотувального паперу з небіленої целюлози. Товщина його (70 ± 3) мкм, пористість – 55 %, істинна густина – $1,42 \text{ г/см}^3$, руйнуюче зусилля в поперечному напрямі не менше 32 Н.

Його поверхня захищалась тонкошаровими покриттями, які формувались методом занурення в 3–5 % за об'ємом розчини у воді або водні емульсії промислових кремнійорганічних продуктів: метилсиліконату калію (МСК), поліметил (ПМГС) – і поліетилгідридсилоксанів (ПЕГС), поліметил (ПМС)- і поліетилсилоксанів (ПЕС), гідролізату етилсилікату (ГЕТС). Застосовувались також модифіковані варіанти покриттів на основі МСК і його похідних метилсилікатів міді (МСКМ) і цинку (МСКЦ) та поліалкілгідридсилоксанів (ПМГСМ і ПЕГСМ). Двошарові схеми покриттів застосовувались з адгезійним підшаром на основі гідролізату етилсилікату або метилсиліконату калію і його похідних з наступним покриттям поліалкілгідридсилоксанами. Отверднення здійснювалось шляхом термообробки при $100\text{--}120 \text{ }^\circ\text{C}$ [11].

Ефективність захисту паперу силоксановими покриттями оцінювалась після дії вібрації (частота 5–120 Гц, прискорення до 6 g, амплітуда до 2 мм), ударних навантажень (прискорення ударів до 35 g, тривалість імпульсу 1–10 мс, кількість не менше 20 в кожному положенні з частотою не більше 80 на хвилину) і пилу [12].

У процесі випробувань обробленого паперу контролювались такі параметри [9]:

- крайовий кут змочування поверхні водою (Θ), град;
- зміна маси, %;

- ступінь екранування (X), %. $X = k(1 - \cos \Theta_x)$, де $\cos \Theta_x$ - косинус кута змочування поверхні водою;

- руйнуюче навантаження на розрив (у відсотках до початкової).

Крім того, у роботі запропоновано використовувати порівняльний коефіцієнт ефективності захисної дії (ПКЕЗД), який дозволяє отримати більш об'єктивну оцінку зміни міцності паперу на розрив у процесі тестувань порівняно з вихідною:

$$\text{ПКЕЗД} = \frac{(\sigma^2\pi/\sigma^1\pi)}{(\sigma^2b/\sigma^1b)}$$

де $\sigma^2\pi$ і $\sigma^1\pi$ – відповідно руйнівне навантаження паперу з покриттям після і до випробувань; σ^2b і σ^1b – аналогічні показники для паперу без покриття.

Об'єднуючою ознакою для експлуатаційних факторів при дії вібрації, ударних навантажень і пилу може слугувати присутність ударів різної сили та інтенсивності. Крім того, стосовно пилу, не виключено разом з останнім і фіксація його часток на поверхні паперу.

Доказом можливості такого варіанту розвитку процесів дії пилу слугують дані щодо зміни змочуваності поверхні паперу з кремнійорганічними покриттями (табл. 1). При цьому зафіксовано мінімальні значення кутів Θ для вихідного матеріалу (44 проти 62 після дії ударних навантажень та 64 градуси – після дії вібрації).

Таблиця 1

Зміна властивостей паперу з кремнійорганічними покриттями після дії експлуатаційних факторів

Покриття	Вібрація		Ударні навантаження		Пил		
	Крайовий кут змочування поверхні, град	Ступінь екранування, %	Крайовий кут змочування поверхні, град	Ступінь екранування, %	Крайовий кут змочування поверхні, град	Ступінь екранування, %	Зменшення маси, %
Без покриття	64	--	62	--	44	--	5,1
МСК	81	66,7	81	66,7	74	57,3	2,0
ПМГС	83	69,4	84	70,8	79	63,9	1,9
ПЕГС	84	70,8	83	69,4	78	62,6	1,5
ПМС	82	68,0	80	65,3	80	65,3	2,9
ПЕС	80	69,3	81	66,7	81	66,7	2,2
ГЕТС	79	62,6	79	63,9	82	68,0	3,0
МСКМ	82	68,0	82	68,0	101	94,1	3,2
МСКЦ	84	70,8	81	66,7	99	91,4	3,7
ПМГСМ	83	69,4	84	70,8	86	73,5	2,2
ПЕГСМ	87	74,9	86	73,5	87	74,9	1,8
ГЕТС/ПЕГС	89	77,6	88	76,2	92	81,8	3,5
ГЕТС/ПМГС	87	74,9	86	73,5	86	73,5	3,8
МСК/ПЕГС	101	94,1	98	90,0	87	74,9	4,0
МСМ/ПЕГС	96	87,3	99	91,4	89	77,6	3,6
МСЦ/ПЕГС	104	98,1	101	94,1	101	94,1	2,6
МСКМ/ПЕГС	102	95,4	100	92,7	95	85,9	3,1
МСКЦ/ПЕГС	100	92,7	98	90,0	104	98,1	2,7

Застосування захисних покриттів неоднозначно впливає на характер їх зміни в процесі дії пилу. Вказані закономірності спостерігаються для промислових силосанів $\Theta = 74$ (МСК) ... 82 (ГЕТС) градуси, $X = 57,3...68,0$ %, середньоарифметичні показники становлять відповідно 78,6 град. та 63,4 % і двошарових покриттів $\Theta = 86$ (ГЕТС/ПМГС)... 104°(МСКЦ/ПЕГС), $X = 73,5...98,1$ %, середньоарифметичні показники 93,4 та 83,7 %.

Модифіковані покриття в цьому випадку забезпечують максимальний рівень середньоарифметичних значень порівняно з дією вібрації й ударних навантажень при тому, що вони поступаються двошаровим. Слід також зауважити наявність суттєвого перепаду (до 14°) у значеннях крайових кутів змочування та зменшення маси (до 1,4 %) при застосуванні модифікованих метилсиліконатів калію та поліалкілглідрилсилосанів.

Порівняльна оцінка за рівнем середньоарифметичних даних змочуваності показала, що ефективність застосування досліджуваних покриттів, за винятком модифікованих при дії пилу, можливо проілюструвати таким рядом: дія вібрації ($\Theta = 81,0^\circ \dots 97,0^\circ$, $X = 66,7 \dots 88,6 \%$) > ударні навантаження ($\Theta = 81,4^\circ \dots 95,7^\circ$, $X = 67,2 \dots 86,8 \%$) > пил ($\Theta = 78,6^\circ \dots 93,4^\circ$, $X = 63,4 \dots 83,7 \%$). Для всіх варіантів тестувань виявлена незаперечна перевага двошарових покриттів.

Серед останніх можливо виділити склади на основі метилсилікатів цинку й міді в поєднанні з поліетилгідридсилоксанами. Значення крайових кутів змочування таких покриттів після випробувань в межах $95\text{--}104^\circ$. Найменш ефективне застосування промислових кремнійорганічних продуктів без додаткового модифікування. Кути Θ покриттів з їх застосуванням становлять від 74 до 82 градусів.

Дія перерахованих експлуатаційних факторів різною мірою впливає і на механічну міцність при розриві в поперечному напрямку вихідного паперу. Найменш міцним він стає після дії пилу (на 27,3 %). Вібрація несуттєво (0,4 %) зменшує, а ударні навантаження підвищують (0,2 %) показники міцності (табл. 2).

Таблиця 2

Руйнівне зусилля на розрив у поперечному напрямку (% до вихідного) паперу з кремнійорганічними покриттями після дії експлуатаційних факторів

Покриття	Вібрація		Ударні навантаження		Пил	
	Руйнівне зусилля	ПКЕЗД	Руйнівне зусилля	ПКЕЗД	Руйнівне зусилля	ПКЕЗД
Без покриття	99,6	--	100,2	--	72,7	--
МСК	124,2	0,64	131,8	0,58	82,8	0,96
ПМГС	101,6	0,95	103,4	0,94	82,4	1,16
ПЕГС	102,1	0,97	102,5	0,96	81,7	1,21
ПМС	100,3	0,97	100,7	0,96	79,1	1,23
ПЕС	98,2	1,17	97,6	1,31	75,9	1,52
ГЕГС	100,2	1,06	100,4	1,18	89,7	1,18
МСКМ	111,6	0,91	112,4	0,90	77,8	1,30
МСКЦ	110,4	0,92	110,2	0,92	84,6	1,20
ПМГСМ	104,1	0,92	106,3	0,90	84,1	1,14
ПЕГСМ	101,4	1,00	110,6	0,91	83,5	1,21
ГЕГС/ПЕГС	101,2	1,05	102,0	1,04	83,1	1,27
ГЕГС/ПМГС	101,6	1,06	101,8	1,06	81,2	1,32
МСК/ПЕГС	106,2	1,04	108,6	1,02	78,6	1,41
МСМ/ПЕГС	105,8	0,84	107,4	0,94	81,7	1,09
МСЦ/ПЕГС	104,9	1,09	106,2	0,95	88,1	1,29
МСКМ/ПЕГС	106,1	0,87	107,2	0,86	80,5	1,14
МСКЦ/ПЕГС	105,9	1,10	106,4	1,10	91,4	1,28

Застосування захисних покриттів на базі вихідних кремнійорганічних сполук по-різному впливає на міцність паперу в процесі випробувань. Максимальною, на рівні 97,6 (ПЕС) ... 131,8 (МСК) від вихідної, вона залишається після дії ударних навантажень. Значення ПКЕЗД при цьому становить 0,58 (МСК) ... 1,31 (ПЕС).

Дія вібрації супроводжується зміною цих показників відповідно до значень 98,2 (ПЕС) ... 124,2 (МСК) та 0,64...1,17. Максимальне зменшення міцності зафіксовано при дії пилу. Залишкова міцність паперу становить 75,9 (ПЕС) ... 89,7 % (ГЕГС), а ПКЕЗД знаходиться в межах 0,96 (МСК) ... 1,52 (ПЕС).

Аналогічні закономірності спостерігаються й у випадку застосування модифікованих складів. Різниця спостерігається тільки в кількісних показниках. Зменшується їх верхня межа до рівня 111,6 % (МСКМ, вібрація) ... 112,4 % (той самий склад, ударні навантаження, та зростає нижня 101,4% (ПЕГСМ, вібрація) ... 106,3 % (ПМГС, ударні

навантаження). Показники ПКЕЗД перебувають на рівні 0,91...1,00 (вібрація) та 0,90...0,92 (ударні навантаження).

Дія пилу супроводжується більш радикальною зміною зазначених параметрів. Руйнівне зусилля зменшується до рівня 77,8 (МСКМ) ... 84,6 % (МСКЦ). Значення ПКЕЗД при цьому залишається в межах 1,30 (МСКМ) ... 1,14 (ПМГСМ). Зіставлення значень параметрів міцності показує, що різниця може сягати 20 % і більше.

Застосування двошарових покриттів дозволяє ще більше нівелювати відмінності в частині ефективності їх використання за рівнем мінімальних значень контрольованих показників. Так, після дії ударних навантажень, залишкове руйнівне зусилля на розрив паперу перебуває на рівні 101,8 (ГЕГС/ПМГС) ... 108,6 % (МСК/ПЕГС), а показник ПКЕЗД 0,86 (МСКМ/ПЕГС) ... 1,10 (МСКЦ/ПЕГС) значення їх після вібрації перебувають практично в тому ж діапазоні.

Дія пилу характеризується більш суттєвим рівнем деструкції. Залишкова міцність не перевищує 78,6 (МСК/ПЕГС) ... 91,4 % (МСКЦ/ПЕГС) від початкової при значеннях ПКЕЗД на рівні 1,09 (МСМ/ПЕГС) ... 1,41 (МСК/ПЕГС).

Таким чином, серед досліджуваних експлуатаційних факторів, найбільша змочувальність водою поверхні паперу з тонкошаровим силоксановим покриттям та зменшення його механічної міцності спостерігається після динамічної дії пилу.

Висновки відповідно до статті. Дана кількісна оцінка стійкості паперу з небіленої целюлози, захищеної тонкошаровими кремнійорганічними покриттями з різними вуглеводневими радикалами та функціональними групами біля атома кремнію до дії вібрації, ударних навантажень та пилу за показниками змочуваності поверхні водою та міцності на розрив. Показано, що найбільша гідрофілізація спостерігається при дії пилу. Застосування модифікованих і двошарових силоксанових покриттів дозволяє забезпечити високі та стабільні водовідштовхуючі властивості поверхні паперу та його міцність в ході дії досліджуваних експлуатаційних факторів.

Отримані результати можуть становити практичний інтерес у частині застосування розроблених складів кремнійорганічних тонкошарових покриттів для захисту паперу та розробки пакувальних матеріалів на його основі, а також шаруватих наповнювачів для конструкційних композитів.

Список використаних джерел

1. Дані щодо стану світового ринку целюлози [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.pulpandpaperline.com>.
2. Кремнійорганічні покриття для захисту матеріалів з різним ступенем деформативності / Д. І. Аршинніков, В. А. Свідерський, К. В. Осауленко, Н. В. Мережко // International Scientific and Practical Conference “WORLD Science”. – 2016. – № 1 (5), Vol. 1. – January. – С. 10–15.
3. Астратов М. С. Технологія переробки паперу і картону. Ч. 1 / М. С. Астратов, М. Д. Гомеля, О. М. Мовчанюк. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – 231 с.
4. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М. : Химия, 1988. – 272 с.
5. Коптюх Л. А. Нові технології і процеси створення пакувального паперу та фільтрувального картону для харчової промисловості : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.1722 / Л. А. Коптюх. – К., 1998. – 33 с.
6. Коропиков М. Г. К вопросу о гидрофобизации целлюлозных материалов кремнийорганическими соединениями / М. Г. Коропиков, Н. В. Калугин // Химия и практическое применение кремнийорганических соединений. – 1961 – Вып. 6. – С. 328–334.
7. Мережко Н. В. Властивості та структура наповнених кремнійорганічних покриттів / Н. В. Мережко. – К. : Київ. держ. торг.-екон. ун-т, 2000. – 256 с.
8. Мостика К. В. Формування властивостей водонепроникних паперових пакувальних матеріалів для кондитерських виробів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.15 / К. В. Мостика. – К., 2013. – 21 с.

9. Застосування кремнійорганічних сполук для захисту целюлозовмісних матеріалів / Л. А. Нудченко, В. А. Свідерській, К. В. Осауленко, Н. В. Мережко // Вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут». Серія: хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2015. – № 1 (14). – С. 79–82.

10. Пащенко А. А. Кремнийорганические покрытия для защиты от биокорозии / А. А. Пащенко, В. А. Свидерский. – К. : Техника, 1988. – 136 с.

11. Примаков С. П. Технологія паперу і картону / С. П. Примаков, В. Н. Барбаш. – К. : ЕКМО, 2002. – 396 с.

References

1. Dani shhodo stanu svitovogo rynku celjulozy [Data on the state of the world market for cellulose]. (n.d.). *www.pulpanonline.com*. Retrieved from <http://www.pulpanonline.com>.

2. Arshynnikov, D. I., Sviderskyi, V. A., Osaulenko, K. V. & Merezko, N. V. (2016). Kremniiorhanichni pokryttia dlia zakhystu materialiv z riznym stupenem deformatyvnosti [Organosilicon coatings for the protection of materials with varying degrees of deformability] International Scientific and Practical Conference “WORLD SCIENCE”, 1 (5), 1, 10–15. Retrieved from <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/1281.pdf> [in Ukrainian].

3. Astratov, M. S., Homelia, M. D., Movchaniuk, O. M. (2007). *Tekhnolohiia pererobky paperu i kartonu [Technology of paper and cardboard processing]*. Kyiv: NTUU «KPI» [in Ukrainian].

4. Kariakina, M. I. (1988). *Ispytanie lakokrasochnykh materialov i pokrytii [Paint Testing varnish materials and coatings]*. Moscow: Khimiia [in Russian].

5. Koptiukh, L. A. (1998). Novi tekhnolohii i protsesy stvorennia pakuvalnoho paperu ta filtrvalnoho kartonu dlia kharchovoi promyslovosti [New technologies and processes for the production of packaging paper and filter carton for the food industry]. (*Extended abstract of Doctor's thesis*). NTU, Kyiv [in Ukrainian].

6. Koropikov, M. G. & Kalugin, N. V. (1961). K voprosu o gidrofobizatsii tseliuloznykh materialov kremniiorganicheskimi soedineniiami [On the question of hydrophobization of cellulosic materials by organosilicon compounds]. *Khimiia i prakticheskoe primeneniye kremniiorganicheskikh soedinenii – Chemistry and practical application of organosilicon compounds*, 6, 328–334 [in Russian].

7. Merezko, N. V. (2000). *Vlastyvosti ta struktura napovnenykh kremniiorhanichnykh pokryttiv [Properties and structure of filled silicon organic coatings]*. Kyiv: Kyivskiy derzhavnyi torhovelno-ekonomichnyi universytet [in Ukrainian].

8. Mostyka, K. V. (2012). Formuvannia vlastyvostei vodopronykykh paperovykh pakuvalnykh materialiv dlia kondyterskykh vyrobiv [Formation of properties of water-permeable paper packing materials for confectionery products]. (*Extended abstract of candidate's thesis*). Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv [in Ukrainian].

9. Nudchenko, L. A., Sviderskiy, V. A., Osaulenko, K. V. & Merezko, N. V. (2015). Zastosuvannia kremniiorhanichnykh spolkuk dlia zakhystu tseliulozovmisnykh materialiv [Energy flow parameters in operating tools of rotary-pulse apparatus]. *Visnyk NTUU «Kyivskiy politekhnichnyi instytut». Serii: Khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberezhennia – Bulletin of the NTUU “KPI”. Series: Chemical engineering, ecology and resource saving*, 1 (14), 79–82 [in Ukrainian].

10. Pashchenko, A. A. (1998). *Kremniiorganicheskije pokryttia dlia zashchity ot biokorozii [Organosilicon coatings for protection against biocorrosion]*. Kyiv: Tekhnika [in Ukrainian].

11. Prymakov, S. P., Barbash, V. N. (2002). *Tekhnolohiia paperu i kartonu [Technology of paper and cardboard]*. Kyiv: EKMО [in Ukrainian].

UDC 676.24

Kseniia Osaulenko, Nina Merezko

THE DURABILITY OF PAPER WITH THIN SILICONE COATINGS TO THE ACTION OF MECHANICAL LOADINGS

Urgency of the research. Specific features of the composition and structure of cellulosic paper limit the possibilities of its wide use in the composition of packaging and composite materials.

Target setting. Existing ways to improve the properties of cellulose-containing materials by treating them with chemical compounds of different classes do not always give the desired result. This is especially true for increasing the resistance of paper to the action of mechanical loads with different energy spectra.

Actual scientific researches and issues analysis. Public publications were publicly reviewed, published materials, and it was revealed that the problems addressed in the article needed new ways of solving this issue.

Uninvestigated parts of general matters defining. Use of compounds that can chemically interact with the surface of cellulose and provide a controlled hydrophilic-hydrophobic balance.

The research objective. Obtaining objective data on the effectiveness of methods for protecting unbleached pulp paper with fine-gloss silicone coatings, by evaluating the wettability and mechanical strength during the action of mechanical loads.

The statement of basic materials. The work is devoted to the evaluation of the efficiency of the use of thin-skinned silicone coatings, with different carbohydrate radicals and functional groups near the silicon atom, to protect unbleached cellulose paper from vibration, shock loads, and dynamic dust action.

Conclusions. The results obtained may be of practical interest in the field of the use of the developed compositions of organosilicon thin-chalk coatings for the protection of paper in the field of development of packaging materials based on it, as well as ball joint fillers for structural composites.

Keywords: paper; fine-gloss silicone coatings; vibration; shock loads; dust; wettability; mechanical power.

Table: 2. References: 11.

УДК 676.24

Ксения Осауленко, Нина Мережко

СТОЙКОСТЬ БУМАГИ С ТОНКОШАРОВЫМИ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ К ДЕЙСТВИЮ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Актуальность темы исследования. Специфические особенности состава и структуры целлюлозосодержащей бумаги ограничивают возможности ее широкого использования в составе упаковочных и композиционных материалов.

Постановка проблемы. Существующие способы улучшения свойств целлюлозосодержащих материалов путем их обработки химическими составами разных классов не всегда дают желаемый результат. Особенно это касается повышения стойкости бумаги к действию механических нагрузок с разным энергетическим спектром.

Анализ последних исследований и публикаций. Были рассмотрены публикации в открытом доступе, опубликованные материалы, и выявлено, что рассматриваемые в статье проблемы нуждаются в новых путях решения данного вопроса.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Использование соединений, которые смогут химически взаимодействовать с поверхностью целлюлозы и обеспечить контролируемый ее гидрофильно-гидрофобный баланс.

Постановка задачи. Получение объективных данных, относительно действенности методов защиты бумаги из небеленой целлюлозы тонкошаровыми кремнийорганическими покрытиями, путем оценки смачиваемости и механической прочности в процессе действия механических нагрузок.

Изложение основного материала. Работа посвящена оценке эффективности использования тонкошаровых кремнийорганических покрытий, с разными углеводными радикалами и функциональными группами возле атома кремния, для защиты бумаги из небеленой целлюлозы от воздействия вибрации, ударных нагрузок, динамического действия пыли.

Выводы в соответствии со статьей. Полученные результаты могут представлять практический интерес в области использования разработанных составов кремнийорганических тонкошаровых покрытий для защиты бумаги в области разработки упаковочных материалов на ее основе, а также, шароватых наполнителей для конструкционных композитов.

Ключевые слова: бумага; тонкошаровые кремнийорганические покрытия; вибрация; ударные нагрузки; пыль; смачиваемость; механическая мощность.

Табл.: 2. Библ.: 11.

Осауленко Ксения Валентиновна – аспирант кафедры товароведения та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна).

Осауленко Ксения Валентиновна – аспирант кафедры товароведения и таможенного дела, Киевский национальный торговельно-экономический университет (ул. Кіото, 19, г. Киев, 02156, Україна).

Osaulenko Kseniia – PhD student of Commodity Science and Customs Department, Kyiv National Trade and Economics University (19 Kyoto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: skv.07@meta.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0522-3006>

Мережко Ніна Василівна – доктор технічних наук, професор, академік Української технологічної академії, завідувач кафедри товароведения та митної справи, Київський Національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна).

Мережко Нина Васильевна – доктор технических наук, профессор, академик Украинской технологической академии, заведующая кафедрой товароведения и таможенного дела, Киевский Национальный торговельно-экономический университет (ул. Кіото, 19, г. Киев, 02156, Украина).

Merezhko Nina – Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of Ukrainian Technology Academy, Head of the Department of Commodity Science and Customs Department, Kyiv National Trade and Economics University (19 Kyoto Str., 02156 Kyiv, Ukraine).

E-mail: neprod2@knteu.keiv.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3077-9636>