

7. Shutov D. A., Olkhova E. O., Kostyleva A. N., Bobkova E. S. (2014). Destruction of Sodium Lauryl Sulfate in Its Aqueous Solutions by Contact Glow Discharge Treatment // *High Energy Chemistry*, vol. 48, No 5, pp. 343-345.
8. Mamaenko A. A., Dolenko S. A., Alekseenko E. Y., Zui O. V., Goncharuk V. V. (2018). Comparison of Efficiency of the Effect of the Corona Discharge and Vacuum UV-Radiation in Destruction of Anionic Surfactants // *Journal of Water Chemistry and Technology*, vol. 40 (3), pp. 121-125.
9. Mamayenko A. V., Dolenko S. A., Zuy O. V., Prikhodko R. V., Goncharuk V. V. (2019). Ispolzovaniye ionnoy khromatografii dlya ustanovleniya mekhanizma destrukttsii APAV vakumnym UF-izlucheniyyem i koronnym razryadom [The use of ion chromatography to establish the mechanism of destruction of anionic surfactants by vacuum UV radiation and corona discharge] // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*, 1 (41), pp. 46-52.
10. DSTU 4173:2003. (2004). Yakist vody. Vyznachannya hostroi letalnoi toksychnosti na Daphnia magna Straus ta Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) [Water quality. Determination of acute lethal toxicity to Daphnia magna Straus and Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea)] (ISO 6341:1996, MOD), Kyiv, 22 p.
11. DSTU 4174:2003. (2004). Yakist vody. Vyznachannya subletalnoi ta khronichnoi toksychnosti khimichnykh rehovyn ta vody na Daphnia magna Straus i Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) [Water quality. Determination of sublethal and chronic toxicity of chemicals and water on Daphnia magna Straus and Ceriodaphnia affinis Lilljeborg (Cladocera, Crustacea)] (ISO 1076:2000, MOD), Kyiv, 26 p.
12. Tisler T., Zagorc-Koncan J. (1997). Comparative assessment of toxicity of phenol, formaldehyde, and industrial wastewater to aquatic organisms // *Water Air and Soil Pollution*, vol. 97, No 3, pp. 315-322.
13. Eytcheson S. A., LeBlanc G. A. (2018). Hemoglobin Levels Modulate Nitrite Toxicity to Daphnia magna // *Scientific Reports*, vol. 8, No 7172, pp. 1-8.
14. Camargo J. A., Alonso A., Salamanca A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates // *Chemosphere*, 58, pp. 1255-1267.
15. Belinskiy V. V., Bozhko I. V., Charnyy D. V. (2010). Impulsnyy koronnyy razryad na poverkhnosti elektroprovodyashchey zhidkosti i ego ispolzovaniye dlya obrabotki vody [Pulsed corona discharge on the surface of an electrically conductive liquid and its use for water treatment] // *Tekhn. Elektrodinamika*, No 3, pp. 21-27.
16. Terenin A. N. (1967). Fotonika molekul krasiteley i rodstvennykh organicheskikh soyedineniy. [Photonics of dye molecules and related organic compounds] L.: Nauka, 616 p.
17. Matthews R. W., McEvoy S. R. (1992). A comparison of 254 nm and 350 nm excitation of TiO₂ in simple photocatalytic reactors // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol. 66, No 3, pp. 355-366.

УДК 676.2.026.72.04

ПЛОСКОНОС В. Г., к.т.н., доц.; ЛАСТОВ'ЯК Ю. Я., магістрант; НАЗАРЕНКО Д. С., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНИХ ПШЕНИЧНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ

З метою підвищення фізико-механічних показників паперової продукції проведено експериментальні дослідження із застосуванням модифікованих пшеничних крохмальних клеїв в процесах виробництва паперу та картону. Визначено оптимальний градус млива макулатурної маси та оптимальну витрату крохмального клею.

Ключові слова: модифікований пшеничний крохмальний клей, виробництво паперу та картону, ступінь млива, витрата крохмального клею.

DOI: 10.20535/2617-9741.3.2020.217908

© Плосконос В. Г., Ластов'як Ю. Я., Назаренко Д. С., 2020.

Постановка задачі

В технологічних процесах виробництва картону та паперової продукції в якості волокнистих напівфабрикатів використовується переважно макулатура. Застосування у процесах виробництва паперової та картонної продукції макулатури дає можливість значно скоротити використання природних ресурсів та зменшити навантаження забруднюючих викидів на навколишнє природне середовище. Але, наряду з позитивними моментами, в процесі виробництва продукції виникає низка проблем, обумовлених більш низькою якістю макулатурного волокна в порівнянні з целюлозним. Погіршується утримування волокна на сітці паперо- або картоноробної машини, а, відповідно, це веде до забруднення підсіткових вод, збільшення витрат сировини із підсітковими водами. Повторне застосування утриманого волокна у вигляді скопу погіршує якість готової продукції, тому що підвищується вміст дрібних волокон у композиції готової продукції. У зв'язку з виникненням таких явищ, з метою збільшення відсотку утримування дрібного волокна на сітці паперо- картоноробної машини та підвищення фізико-механічних показників готової продукції, в процесах виготовлення паперу та картону використовуються модифіковані крохмальні клеї [1,2].

Аналіз попередніх досліджень

Аналіз літературних джерел [1,2] та додаткові дослідження систем виробництва паперу та картону дали можливість визначитися з областю експериментальних досліджень, а також факторами, які мають визначальний вплив на стан виробництва.

З метою проведення досліджень в лабораторних умовах розробляється план (матриця) експерименту. Синтез планів експериментальних досліджень відбувається за застосування критеріїв, що забезпечують максимальну інформативність проведених експериментів [3]. Такий підхід до проведення експерименту гарантує досліднику отримання максимально можливого обсягу корисної інформації стосовно поведінки об'єкту, що підлягає дослідженню. Необхідно відмітити, що за досить значної кількості факторів, що включені до експерименту, та зміни факторів не менш, чим на 4-х рівнях, кількість дослідів фіксоване на певному розумному рівні. Разом з тим, у дослідника відсутні, тобто наперед невизначені, відомості стосовно як структури залежностей між параметрами оптимізації, а також факторами, які включені в процес дослідження та моделювання. Подальшим кроком у виконанні досліджень є створення адекватних математичних моделей, які будуть придатні для цілей моделювання ситуацій, які відбуваються в процесах виробництва паперу та картону. Розробка математичних моделей відбувається за застосування методу самоорганізації МГУА [4,5].

Невирішеною частиною проблеми з практичної точки зору є пошук оптимальних умов розмелювання макулатурної маси та раціональної витрати крохмального клею, яка, за умови оптимального градуса млива, забезпечує підвищення фізико-механічних показників готового продукту.

Метою даної статті є дослідження впливу крохмального клею із зерен пшениці та ступеня його заміщення на показники якості паперового полотна за умови введення клею на стадії розмелювання макулатурної маси.

Виклад основного матеріалу

Базуючись на результатах літературного пошуку та попередніх лабораторних досліджень, встановлено комплекс факторів, які, на думку експериментатора, будуть мати вплив на фізико-механічні показники готової продукції, а саме: зразки паперу для гофрування. В табл.1 наведено перелік факторів, які визначено на попередньому етапі та рівні їх зміни.

Враховуючи той факт, що залежності будуть мати явно нелінійний характер, фактори заплановано змінювати, за можливості, на 4-х рівнях [3].

В якості параметрів оптимізації, за якими будуть оцінюватися показники готової продукції, вибрано наступні, а саме:

- опір плоскостному стисненню, Н, (\hat{Y}_1);
- абсолютний опір продавлюванню, кПа, (\hat{Y}_2);
- питомий опір розриванню в машинному напрямку, кН/м, (\hat{Y}_3);
- опір торцевому стисненню, кН/м, (\hat{Y}_4);
- поверхнева вбирність води, г, Кобб₃₀, (\hat{Y}_5).

Експериментальні дослідження проведено в лабораторії кафедри Е та ТРП у відповідності з розробленою

матрицею експериментальних досліджень, та наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Найменування досліджуваних факторів та діапазони їх варіювання

Діапазони зміни значень факторів	\dot{X}_1	\dot{X}_2	\dot{X}_3	\dot{X}_4	\dot{X}_5
	Величина градуса млива, °ШР	Наявність проклейки	Значення ступеня заміщення клею	Доза клею, %	Точка введення клею
Нижній (-2)	45	0	0,000	0,80	Під час розмел. (1)
Нижній (-1)	51	-	0,037	1,05	-
Середній (0)	57	-	0,042	1,35	-
Верхній (+1)	64	-	0,045	1,55	-
Верхній (+2)	70	1	0,053	1,80	Під час відлив.(2)

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень

Номер досліджу	Фактори						Значення параметрів оптимізації				
	\dot{X}_1 Градус млива	\dot{X}_2 Вид прокл.	\dot{X}_3 Ст.зам.к лею	\dot{X}_4 Витр. клею	\dot{X}_5 Точка введ.	\dot{X}_6^* Сер. маса	\hat{Y}_1	\hat{Y}_2	\hat{Y}_3	\hat{Y}_4	\hat{Y}_5
1	56	0	0	0	0	103,1	148,36	250,65	3,90	1,25	222
2	60	1	0,037	1,55	1	119,9	214,77	367,88	5,32	1,86	121
3	39	1	0,045	0,8	1	126,9	192,50	302,39	4,93	2,08	191
4	46	1	0,045	1,55	1	137,9	226,49	323,24	5,40	1,97	-
5	67	1	0,037	1,3	2	129,4	257,35	406,13	6,15	1,85	185
6	60	1	0,045	1,05	2	111,9	167,50	344,58	5,02	1,53	185
7	45	0	0	0	0	121,5	196,80	259,23	4,02	1,21	227
8	60	1	0,053	1,8	1	105,9	174,92	323,98	4,75	1,59	158
9	46	1	0,045	0,8	2	119,5	151,09	283,75	4,42	1,19	135
19	42	1	0,053	1,05	2	111,2	164,38	260,70	4,58	1,58	128
11	67	1	0,045	1,05	2	105,0	158,91	297,24	5,35	1,49	143
12	39	1	0,045	1,3	2	105,1	149,92	263,89	3,13	1,07	188
13	50	1	0,053	0,8	1	115,3	185,08	302,15	5,13	1,62	183
14	50	1	0,037	1,8	2	116,0	194,07	349,24	5,33	2,25	190
15	52	0	0	0	0	117,1	176,88	314,41	4,85	1,61	222
16	45	1	0,037	1,8	1	120,4	196,02	294,05	4,33	1,69	178
17	60	0	0	0	0	114,5	191,33	336,48	4,90	1,49	194
18	42	1	0,037	1,55	2	110,5	160,86	301,66	4,45	1,12	-
19	39	0	0	0	0	116,9	178,44	321,52	4,85	1,48	239
20	46	1	0,053	1,55	1	104,1	169,06	307,05	4,73	1,19	142

* - фактор X_6 - значення маси 1 м² (з врахуванням змінної маси відливка)

В лабораторних умовах з метою проклеювання паперової маси використовувався приготований загальноприйнятим способом крохмальний клей із пшеничного крохмалю за концентрації 3 %.

Відливки зразків паперу для гофрування (із запланованим показником маси 125 г) виготовлялися у відповідності з матрицею та з розрахунку, що витрата модифікованого крохмального клею складатиме: 0,8-1,05-1,55-1,8%, а значення ступеня модифікації, відповідно, - 0,037÷0,045÷0,053. Додаванням клею відбувається як в процесі розмелювання (точка 1), так і під час відливання (точка 2). Точку 2 додано з метою розширення зони експериментальних досліджень та можливості, в подальших дослідженнях, порівнювати отримані результати.

Виготовлені в лабораторних умовах кафедри Е та ТРП ІХФ зразки паперу були досліджені в умовах Випробувального Центру «Інституту паперу». На базі отриманих результатів випробування в подальшому розроблені математичні моделі, які слугуватимуть основою для моделювання та визначення впливу оптимального показника градуса млива та витрати крохмального клею на фізико-механічні показники паперу.

Результати експериментальних досліджень зведені в табл. 2.

Як видно із табл. 2, результати експериментальних досліджень є спільними для випадків, коли введення клею відбувається на стадії розмелювання макулатурної маси, та коли клей вводиться на стадії відливання паперового полотна. Розмежування результатів можливо буде провести на стадії аналізу розроблених моделей, а саме: за підстановки значення фактора $X_6 = 1$ створюються умови, що клей вводиться на стадії розмелювання макулатурної маси, за значення фактора $X_6 = 2$ створюються умови, що клей вводиться на стадії відливання паперового полотна.

Математичні моделі, у відповідності зі своїм призначенням, повинні з максимальним ступенем істинності (адекватності) відображати механізми процесів, що відбуваються в процесі розмелювання макулатурної маси. Процес моделювання, а саме: подальше дослідження розроблених математичних моделей – це цілеспрямоване застосування інформації для того, щоб надати можливість експериментатору прослідкувати та вивчити закономірності змінювання фізико-механічних показників отриманого продукту в залежності від значень вхідних факторів.

Таким чином, у відповідності з масивом експериментальних даних, наведених в табл. 2, та за застосування необхідної методології [4-5], в роботі створено математичні моделі (описи). Параметри оптимізації моделей, відповідно, ті, що були визначені в процесі постановки задачі дослідження:

а) математичний опис за таким показником, як опір плоскостному стисненню, Н

Математичний опис виражається наступним чином:

$$\hat{Y}_1 = 97,67 + 1,22 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_6^3 - 0,20 \cdot X_1 \cdot \cos(X_4) \cdot X_5 + 1,79 \cdot 10^{-6} \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot X_6 - 7,58 \cdot \operatorname{tg}^3(X_3) \cdot \cos(X_6) - 7,65 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot \cos(X_2) \quad (1)$$

Величина відносної похибки створеної математичної моделі не перевищує 3,05%.

Якщо проаналізувати математичну модель (1), та можна констатувати, що математичний опис за таким показником, як опір плоскостному стисненню досить логічний. Так, наприклад, підвищення такого показника, як величина градуса млива (X_1) призводить до зростання такого показника, як опір плоскостному стисненню (\hat{Y}_1).

б) математичний опис за таким показником, як абсолютний опір продавлюванню, кПа.

Математичний опис виражається наступним чином:

$$\hat{Y}_2 = 240,86 + 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot X_1^2 \cdot X_6^2 + 7,95 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_2) \cdot \cos(X_5) \cdot \cos(X_6) \cdot \sin(X_6) - 1,10 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(X_4) \cdot X_1^2 + 1,18 \cdot 10^1 \cdot X_4^2 \cdot \cos(X_4) \cdot \operatorname{tg}(X_5) - 1,17 \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot \sin(X_6) \cdot \cos(X_2) \quad (2)$$

Величина відносної похибки створеної математичної моделі не перевищує 6,15%.

Якщо проаналізувати математичну модель (2), та можна констатувати, що математичний опис за таким показником, як абсолютний опір продавлюванню досить логічний. Так, наприклад, підвищення такого показника, як величина градуса млива (X_1) призводить до зростання такого показника, як абсолютний опір продавлюванню (\hat{Y}_2). Сприяє також зростанню такого показника, як абсолютний опір продавлюванню ефект взаємодії таких факторів, а саме: наявність проклеївки модифікованим клеєм (X_2) і точка введення клею (X_5).

в) математичний опис за таким показником, як питомий опір розриванню в машинному напрямку, кН/м.

Математичний опис виражається наступним чином:

$$\hat{Y}_3 = 2,55 + 3,02 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_6^2 + 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(X_1) \cdot \operatorname{tg}^2(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_5) - 1,07 \cdot \cos(X_5) \cdot \cos^2(X_6) \cdot \sin(X_6) + 7,75 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot \cos^2(X_1) \cdot \sin(X_5) - 1,68 \cdot 10^1 \cdot X_3 \cdot \sin^2(X_6) \cdot \cos(X_6) \quad (3)$$

Величина відносної похибки створеної математичної моделі не перевищує 4,36 %.

Аналіз математичної моделі (3) дозволяє констатувати, що математичний опис за таким показником, як питомий опір розриванню в машинному напрямку досить логічний. Так, наприклад, підвищення такого показника, як величина градуса млива (X_1) в поєднанні з показником маси 1 м^2 зразка (X_6) призводить до підвищення такого показника, як питомий опір розриванню в машинному напрямку (\hat{Y}_3). Сприяє також зростанню такого показника, як питомий опір розриванню в машинному напрямку ефект взаємодії таких факторів, як величина градуса млива (X_1) та точка введення клею (X_5).

г) математичний опис за таким показником, як опір торцевому стисненню, кН/м

Математичний опис виражається наступним чином:

$$\hat{Y}_4 = -1,37 + 2,63 \cdot 10^{-2} \cdot X_6 - 3,1 \cdot 10^{-1} \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_5) \cdot \cos^2(X_6) + 6,22 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(X_1) \cdot X_2 - 1,74 \cdot \sin^2(X_1) \cdot \cos^2(X_1) - 6,85 \cdot \sin(X_1) \cdot \cos^2(X_1) \cdot \cos(X_4) \quad (4)$$

Величина відносної похибки створеної математичної моделі не перевищує 8,78 %.

Якщо проаналізувати математичну модель (4), та можна констатувати, що математичний опис за таким показником, як опір торцевому стисненню досить логічний. Зростанню такого показника, як опір торцевому стисненню сприяють ефекти взаємного впливу таких факторів, а саме: величина градуса млива (X_1) і наявність проклеювання (X_2).

д) математичний опис за таким показником, як поверхневої вбирності води Кобб₃₀, г

Математичний опис виражається наступним чином:

$$\hat{Y}_5 = 133,42 + 6,11 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_4) \cdot \cos(X_5) \cdot X_6 + 2,82 \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_4) \cdot X_3 \cdot \operatorname{tg}(X_6) + 3,42 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot X_4 \cdot X_6^2 - 3,25 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_4) \cdot \cos^2(X_5) \cdot \cos(X_6) + 1,69 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot \sin(X_4) \cdot X_6^2 \quad (5)$$

Величина відносної похибки створеної математичної моделі не перевищує 2,25 %.

Аналіз математичного виразу (5) дає також можливість констатувати, що математичний опис за таким показником, як поверхнева вбирність води Кобб₃₀ досить логічний. Зростанню значення показника поверхневої вбирності води Кобб₃₀ сприяють ефекти взаємного впливу таких факторів, а саме: величина градуса млива (X_1), значення ступеня заміщення модифікованого клею (X_3), витрата клею (X_4) та точка введення клею (X_5).

Якщо слідувати меті, що була поставлена перед дослідниками, то потрібно на наступному етапі роботи визначитися з оптимальним градусом млива макулатури. Це можливо, якщо використати розроблені адекватні математичні моделі в якості об'єкта дослідження. Враховуючи, що відносна похибка математичних описів (1-5) знаходиться в межах 2,3-8,8 %, можна бути впевненим, що на базі спрогнозованих результатів можна буде робити логічні висновки.

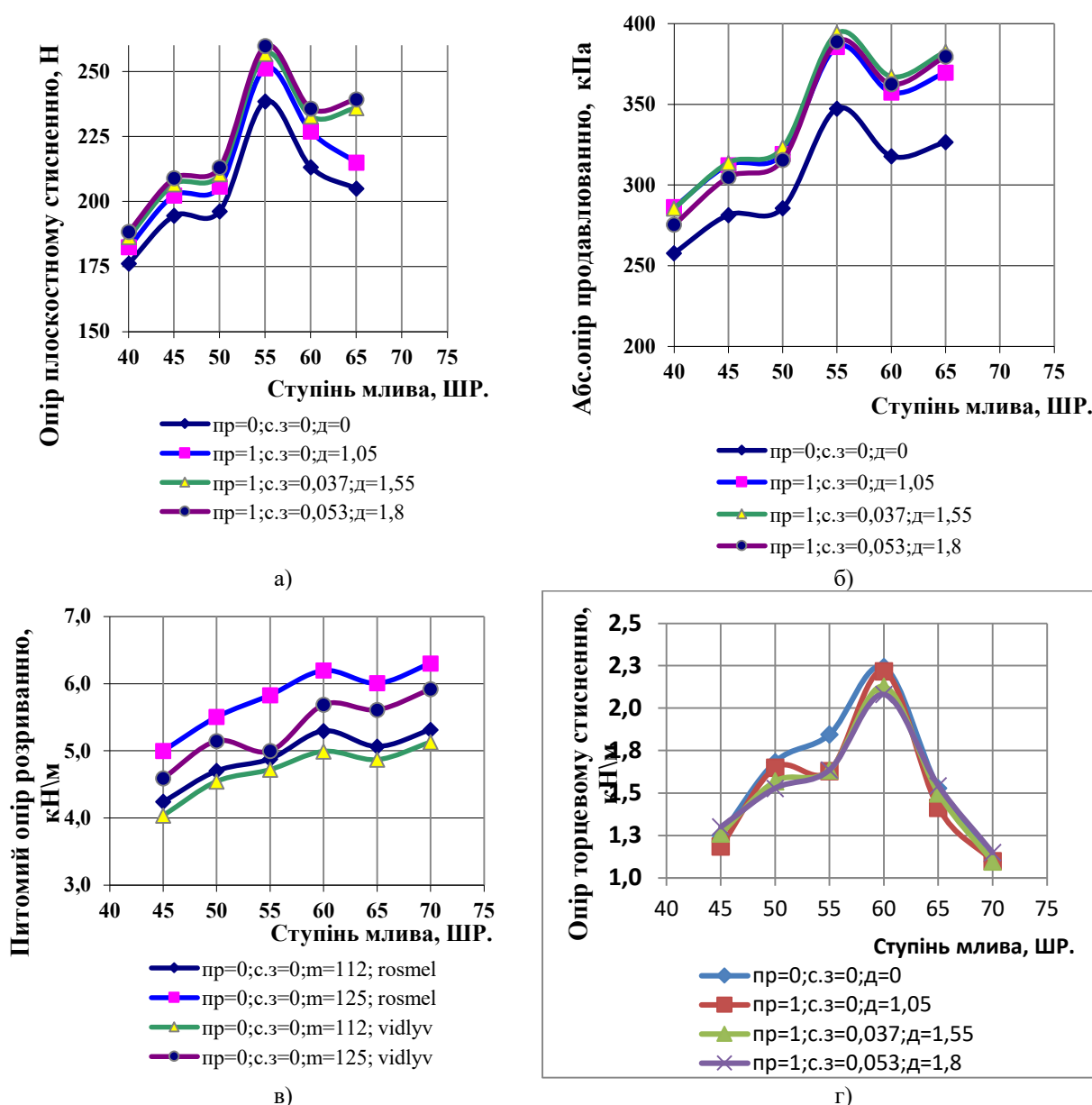
Дослідження за застосування моделей проводилися в діапазоні ступеня млива від 40 до 70 °ШР.

В результаті на базі моделей проведено 4 серії експериментів (див. табл.3), а саме: макулатурна маса без проклеювання; макулатурна маса з проклеюванням не модифікованим пшеничним клеєм (витрата 10,5 кг/т); макулатурна маса з проклеюванням модифікованим пшеничним клеєм (значення ступеня заміщення 0,037; витрата 15,5 кг/т); макулатурна маса з проклеюванням модифікованим пшеничним клеєм (значення ступеня заміщення 0,053; витрата 18 кг/т).

Таблиця 3 – Значення фізико-механічних показників зразків паперу в залежності від маси 1 м² та за умов введення клею на стадії розмелювання маси

Значення маси 1 м ² зразків паперу	Величина градуса млива, °ШР	Наявність проклеювання	Значення ступеня заміщення клею, %	Витрата клею	Фізико-механічні показники		
					Опір плоскостному стисненню, Н	Абсолютний опір продавлюванню, кПа	Опір торцевому стисканню, кН/м
100	50	1	0	0,8	146	279	1,0
112	50	1	0	0,8	171	296	1,1
125	50	1	0	0,8	204	312	1,5
100	55	1	0,045	1,8	157	304	1,3
112	55	1	0,045	1,8	185	325	1,7
125	55	1	0,045	1,8	260	389	1,9
100	60	1	0,053	1,8	165	315	1,3
112	60	1	0,053	1,8	195	337	1,6
125	60	1	0,053	1,8	236	363	2,1

На рис. 1 наведено графіки залежностей фізико-механічних показників, а саме: опір плоскостному стисненню, абсолютний опір продавлюванню, питомий опір розриву та опір торцевому стисненню зразків паперу від ступеня млива маси.



а) опір плоскостному стисненню; б) абсолютний опір продавлюванню; в) питомий опір розриву; г) опір торцевому стисненню

Рис. 1 – Графіки залежності фізико-механічних показників зразків від значення ступеня млива маси

Висновки

1. Дослідженнями, що були проведені в лабораторних умовах за застосування математичних залежностей, підтверджено, що процес розмелювання в технологічній лінії приготування макулатурної маси дає основний приріст розроблення волокна за ступенем млива, який залежить від марки макулатури та максимально позитивно впливає на основні фізико-механічні показники паперового полотна.

2. Встановлено, що оптимальне значення ступеня млива макулатурного волокна за умови введення клею на стадії розмелювання маси для такої марки макулатури, як МС-5Б за показниками, такими як: опір плоскостному стисненню та абсолютний опір продавлюванню знаходиться в межах 55°ШР. За таким показником, як питомий опір розриву та опір торцевому стисненню оптимальним значенням показника такого показника, як величина градуса млива можна вважати 60 °ШР, за якого досягається максимальна величина показників.

Таким чином, базуючись на поставленій меті та враховуючи результатах досліджень, які включають вплив на процес всіх факторів, можна констатувати, що оптимальними умовами виготовлення паперу для гофрування у випадку введення клею в процесі розмелювання є такі, а саме: величина градуса млива – 55-60 °ШР за витрати клею 8-10 кг на 1 т готової продукції зі ступенем заміщення клею 0,035÷0,042.

Перспективи подальших досліджень

Подальшим кроком дослідження є перевірка результатів, отриманих на базі адекватних математичних моделей, в реальних умовах виробництва.

Список використаної літератури

1. Дулькин Д. А. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественно индустрии бумаги / Д. А. Дулькин, В. А. Спиридонов, В. И. Комаров. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2007. 1118 с.
2. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Друге видання, переробл. Київ: ЕКМО, 2008. 425 с.
3. Плосконос В.Г., Якименко О.С. "Використання методу групового врахування аргументів для розроблення інформативних планів експерименту в дослідженні систем виробництва паперу та картону"/Вісник НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2019, Наук.зб., № 1 (18), с.92 -96.
4. Кикоть В.С., Плосконос В.Г. Идентификация характеристик сложных проектируемых систем с использованием самоорганизации и топологического метода анализа. Автоматика, 1986. №3. с.34-42.
5. Плосконос В.Г. "Нові тенденції в методології дослідження стану складних систем картонно-паперового виробництва"/Вісник НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2020. Наук.зб. № 1 (19). с.65 -70.

Надійшла до редакції 28.09.2020

Ploskonos V., Lastovyak Y., Nazarenko D.

APPLICATION OF MODIFIED WHEAT STARCH GLUES TO INCREASE THE PHYSICAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF PAPER AND CARDBOARD PRODUCTION PROCESSES

The waste paper is mainly used as a fibrous semi-finished product for technological production processes of paper and paperboard products. The use of waste paper in the production of paper and paperboard products makes it possible to reduce the use of natural resources and the load of pollutant emissions on the environment significantly. But together with the positive aspects there are a number of problems in the production process stipulated by lower waste paper quality compared with cellulose. The fiber retention on the wire of a paper or paperboard machine deteriorates, and, accordingly, this leads to contamination of pit water, increasing the raw materials losses with pit water. Repeated use of retained fiber as a sediment degrades the quality of the finished product, because the content of fine fibers in the composition of the finished product increases. Due to such phenomena, in order to increase the percentage of fine fiber on the wire of the paper-paperboard machine and the physical and mechanical properties of the finished product, modified starch glues are used in the paper and paperboard production [1,2].

Analysis of literature sources [1,2] and additional studies of paper and paperboard production systems made it possible to determine the field of experimental research, as well as factors that have a decisive influence on the production state.

In order to carry out the researches at the laboratory, a plan (matrix) of the experiment is developed. The synthesis of experimental research plans is carried out using criteria that provide maximum informativeness of the conducted

experiments [3]. Such approach to the experiment ensures the researcher the maximum possible amount of useful information about the behavior of the object to be studied. It should be noted that with a fairly significant number of factors included to the experiment and the change of factors at least at 4 levels the number of experiments is fixed at a certain reasonable level. However, the researcher has no, i.e. in advance indeterminate, information about the structure of the dependence between the optimization parameters, as well as factors that are included to the process of research and modeling. The next step in the research implementation is to create adequate mathematical models that will be suitable for the purposes of situations modeling that occur by paper and paperboard production. The development of mathematical models is carried out with using the method of self-organization MSUA [4,5].

The purpose of this article is to study the effect of starch glue from wheat grains and the degree of its substitution on the paper web quality, provided the glue addition at the stage of waste paper grinding.

Based on the results of literature research and previous laboratory studies, a set of factors is determined that, according to the experimenter, will have an influence on the physical and mechanical properties of finished products. Taking into account the fact that the dependencies will be clearly nonlinear, the factors are planned to change, if possible, at 4 levels [3].

The following parameters were chosen as optimization parameters, according to which the indices of finished products will be evaluated, namely:

- flat compression resistance, H , ($\bar{Y}1$);
- absolute bursting strength, kPa , ($\bar{Y}2$);
- specific tearing strength in the machine direction, $kN \cdot m$, ($\bar{Y}3$);
- end compression resistance, $kN \cdot m$, ($\bar{Y}4$);
- surface water absorption, g , Cobb30, ($\bar{Y}5$).

Experimental studies were carried out at the laboratory of the Department of E and TRP in accordance with the developed matrix of experimental studies.

In accordance with the volume of the experimental data and using the necessary methodology [4-5] the mathematical models for optimization parameters were created, which were determined during the process of the research problem setting.

Using mathematical models, a study was carried out and was found that the optimal value of the degree of waste paper grinding by glue addition at the stage of grinding for waste paper brand MS-5B by indices: flat compression resistance and absolute bursting strength is within 55° SHR. According to the indices of specific tensile strength and end compression resistance, the optimal value of the grinding degree can be considered to be 60° SHR, at which the maximum strength value is achieved.

The next step of the study is to verify in real production conditions the results obtained on the basis of adequate mathematical models.

Key words: modified wheat starch glue, paper and cardboard production, degree of grinding, starch glue consumption.

References

1. Dulkan, D.A. (2007) The current state and prospects for the use of secondary fiber from waste paper in the global and domestic paper industry // D. A. Dulkan, V.A. Spiridonov, V.I.Komarov, Arkhangelsk: Arkhang Publishing House. state tech. University, 1118 p.
2. Primakov, S.P., Barbash, V.A. (2008) Technology of paper and cardboard: Textbook. Manual / Second edition, revised, Kyiv: EKMO, 425 p.
3. Ploskonos, V.G., Yakimenko, O.S. (2019) "Using the Group Argumentation Method for Developing of Informative Plans in the Research of Paper and Paperboard Production Systems" / Bulletin of NTUU "Igor Sikorsky KPI" Chemical Engineering, Ecology and Resource Conservation, Nauk.zb., № 1 (18), pp.92 -96.
4. Kikot, V.S., Ploskonos, V.G. (1986) Identification of characteristics of complex designed systems using self-organization and topological method of analysis, Automation, №3, p.p.34-42.
6. Ploskonos, V.G. (2020) "New trends in the state researches methodology of complex systems of paper and paperboard production" / Bulletin of NTUU "KPI named after Igor Sikorsky" Chemical Engineering, Ecology and Resource Conservation, Nauk.zb., № 1 (19), pp.65 -70.