

УДК 676.2

Технічні науки

**Остапенко Аліна Анатоліївна**

*кандидат технічних наук,*

*асистент кафедри екології та технології рослинних полімерів*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Остапенко Алина Анатольевна**

*кандидат технических наук*

*ассистент кафедры экологии и технологии растительных полимеров*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Ostapenko Alina**

*PhD, Assistant of the Department of*

*Ecology and Technology of Plant Polymers*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Рудзей Федір Петрович**

*студент кафедри екології та технології рослинних полімерів*

*Національного технічного університету України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Rudzey Fedor**

*студент кафедры экологии и технологии растительных полимеров*

*Национального технического университета Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Rydzey Fedor**

*Student of the*

*Department of Ecology and Technology of Plant Polymers of the*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Машкара Анастасія Олександрівна**

*студентка кафедри екології та технології рослинних полімерів  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Машкара Анастасия Александровна**

*студентка кафедры экологии и технологии растительных полимеров  
Национального технического университета Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Mashkara Anastasiia**

*Student of the  
Department of Ecology and Technology of Plant Polymers of the  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ДОПОМІЖНИХ РЕЧОВИН НА ПРОЦЕС  
ЗНЕВОДНЕННЯ ВОЛОКНИСТОЇ МАСИ ІЗ МАКУЛАТУРИ  
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА  
ПРОЦЕСС ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ ИЗ  
МАКУЛАТУРЫ  
INFLUENCE OF CHEMICAL AUXILIARIES ON THE PROCESS OF  
DEHYDRATION OF PULP FROM WASTE PAPER**

***Анотація.** Досліджено вплив хімічних допоміжних речовин на швидкість зневоднення макулатурної маси*

***Ключові слова:** хімічні допоміжні речовини, волокниста суспензія, швидкість зневоднення, паперове полотно.*

***Аннотация.** Исследовано влияние химических вспомогательных веществ на скорость обезвоживания макулатурной массы*

**Ключевые слова:** *химические вспомогательные вещества, волокнистая суспензия, скорость обезвоживания, бумажное полотно.*

**Summary.** *The influence of chemical auxiliaries on the rate of dewatering of the waste paper mass is investigated*

**Key words:** *chemical auxiliaries, fibrous suspension, speed of dehydration, paper web.*

Однією з причин погіршення структури паперового полотна, його просвіту, пов'язаної з технологічним режимом формування паперу, є інтенсивність зневоднення волокнистої суспензії на сітковому столі [1]. Необхідність інтенсифікації зневоднення визначається двома факторами, які взаємопов'язані між собою: продуктивністю і розмірами формуючої частини паперо- та картоноробної машин [1-2]. Процеси зневоднення волокнистої суспензії і утримання на сітці її компонентів важливі як в економічному, так і в технологічному аспекті. Швидкість зневоднення багато в чому визначає габарити, а, отже, матеріаломісткість паперо- та картоноробної машин. Високопродуктивні паперо- та картоноробні машини, особливо односіткового виконання, оснащуються довгими сітковими столами, що мають потужні вакуумні системи, металоємність і енергоємну сушильну частину [2-3]. Все це призводить до великих капітальних і експлуатаційних затрат, ускладнює керування основними процесами та їх оптимізацію.

У виробництві більшості видів паперу і картону недостатність зневоднення на сітковому столі призводить до зниження продуктивності, а також може служити причиною погіршення якості продукції [4]. Найбільш прийнятним з точки зору економіки і технології є способи інтенсифікації процесів зневоднення і утримання компонентів волокнистої суспензії шляхом використання хімічних допоміжних речовин [5-6]. Досягти таких умов можна шляхом підбору оптимальної дози хімічних допоміжних речовин та їх дозування в волокнисту суспензію. Доцільність та переваги їх використання

обґрунтовані мінімальними витратами, очевидністю ефектів, простотою технології застосування.

Мета даної роботи полягала у дослідженні впливу хімічних допоміжних речовин (ХДР) [7] на швидкість зневоднення макулатурної маси за ступеня млива 45<sup>0</sup>ШР, 50<sup>0</sup>ШР і 55<sup>0</sup>ШР і температури 10±1<sup>0</sup>С, 20±1<sup>0</sup>С, 30±1<sup>0</sup>С.

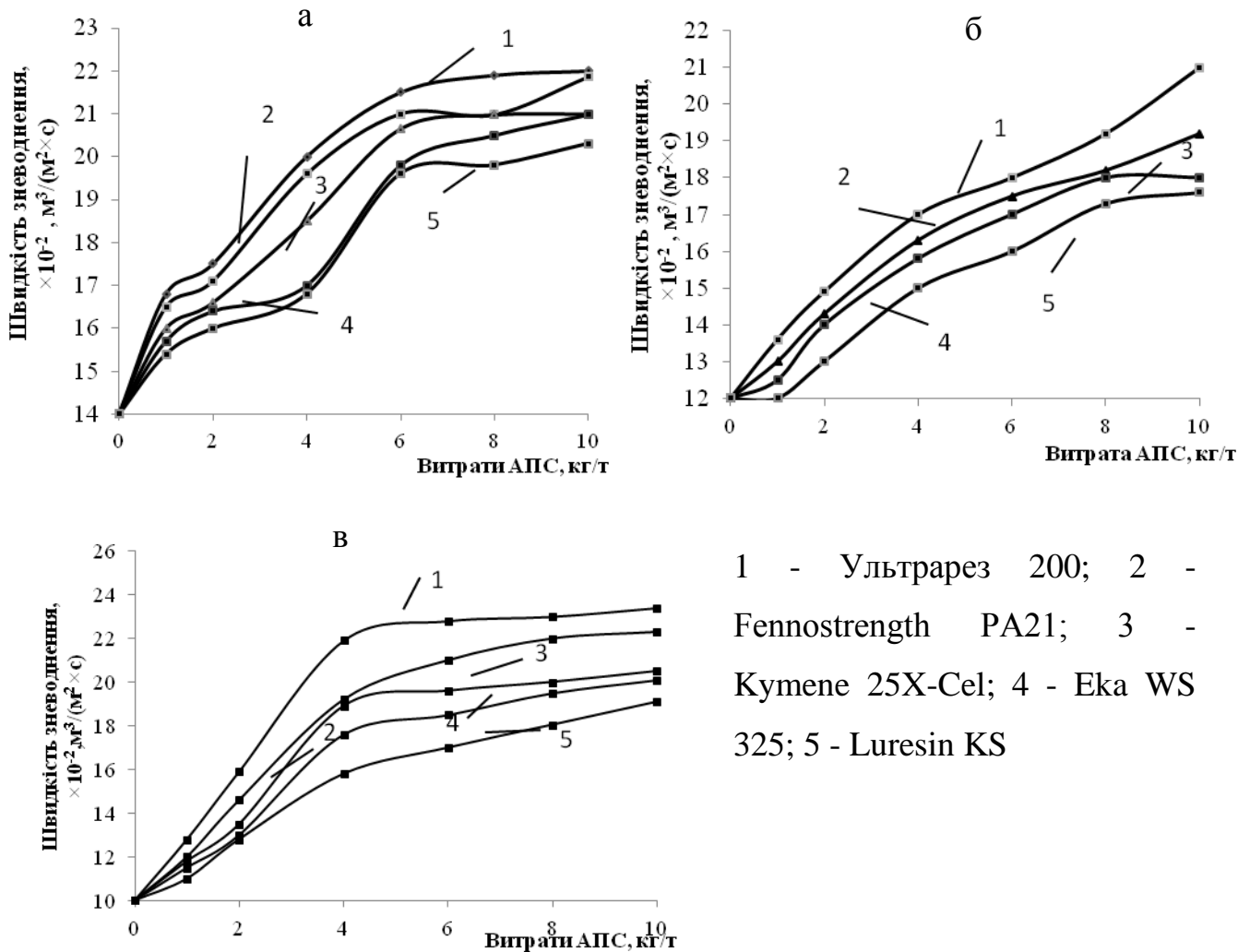
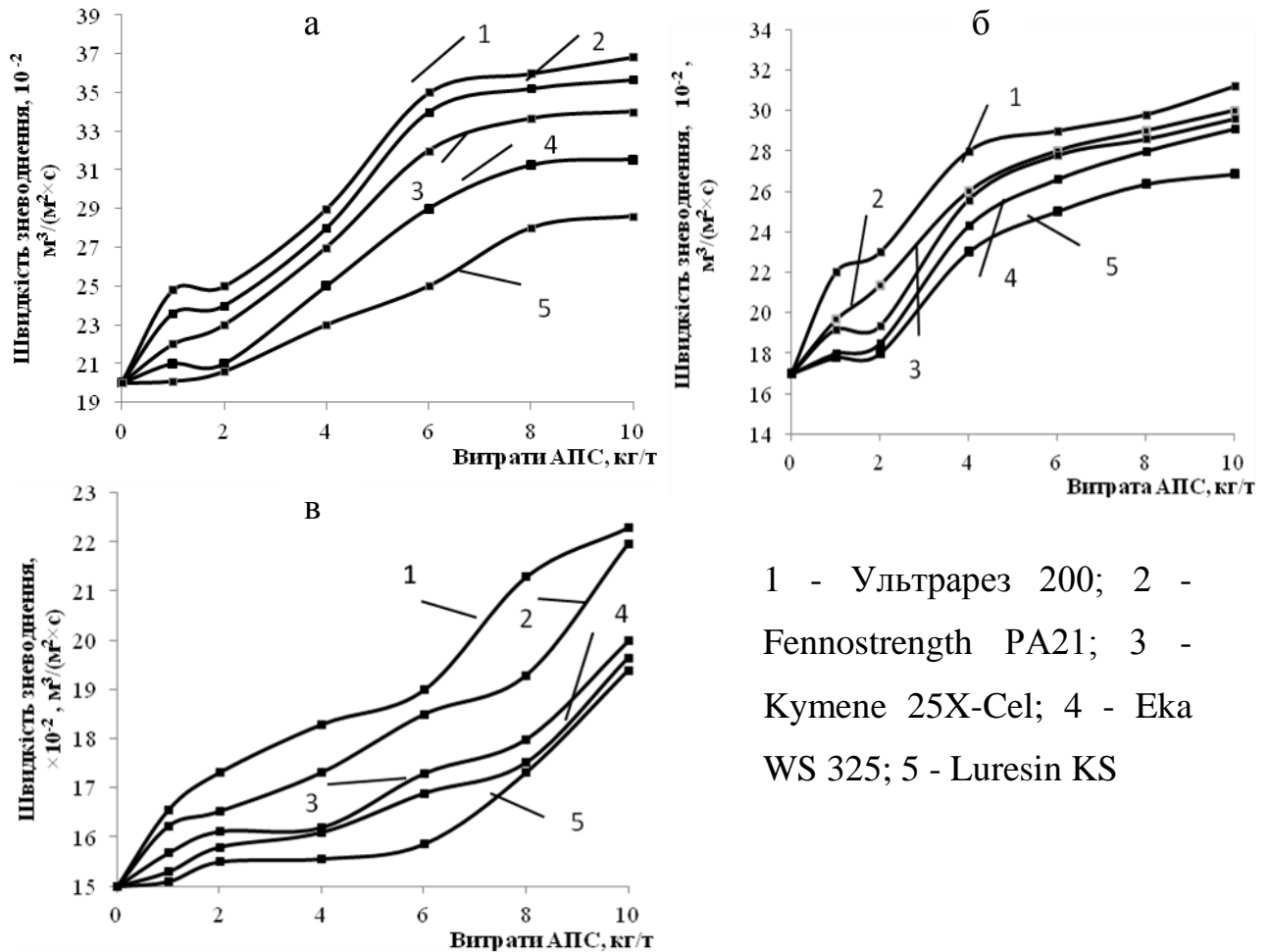


Рис. 1. Залежність швидкості зневоднення волокнистої маси із макулатури марки МС-5Б-2 від витрат АПС за температури 10<sup>0</sup>С і ступеня млива 45<sup>0</sup>ШР (а), 50<sup>0</sup>ШР (б) і 55<sup>0</sup>ШР (в)

Оскільки додаткове розмелювання волокон призводить до зміни властивостей макулатурної маси, а саме: збільшення частки дрібних волокон, які перешкоджають зневодненню волокнистої маси, то введення ХДР навіть за витрат 1 кг/т призводить до збільшення швидкості зневоднення на 12-20% в

залежності від виду ХДР за ступеня млива 45<sup>0</sup>ШР, і на 2-31 % за ступеня млива 55<sup>0</sup>ШР за температури 10<sup>0</sup>С. Як видно із рисунка 1, подальше збільшення витрат ХДР до 10 кг/т призводить до підвищення швидкості зневоднення на 46,6 % за ступеня млива маси 50<sup>0</sup>ШР і на 55,5% за ступеня млива 55<sup>0</sup>ШР навіть при використанні ХДР Luresin KS, як було досліджено [7], дана ХДР має найменшу кількість азетидинових груп.



**Рис. 2. Залежність швидкості зневоднення волокнистої суспензії із макулатури марки МС-5Б-2 від витрат АПС за температури 20<sup>0</sup>С і ступеня млива 45<sup>0</sup>ШР (а), 50<sup>0</sup>ШР (б) і 55<sup>0</sup>ШР (в)**

Тенденція підвищення швидкості зневоднення волокнистої маси відзначена для всіх досліджених ХДР та особливо чітко виражена для Ультрарез 200 у разі застосування якого швидкість зневоднення збільшується навіть за ступеня млива маси 55<sup>0</sup>ШР на з  $10 \times 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$ . до  $24 \times 10^{-2}$

$\text{м}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$  за температури  $10^\circ\text{C}$ . Підтвердженням флокулюючої дії ХДР є те, що за ступенем млива маси  $45^\circ\text{ШР}$  і  $55^\circ\text{ШР}$ , температури  $10^\circ\text{C}$  та  $20^\circ\text{C}$ , і за витрат  $10 \text{ кг/т}$  досягнуто абсолютного значення швидкості зневоднення  $23 \times 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$ . Це відбувається за рахунок утворення своєрідних агломератів з дрібноволокнистою фракцією.

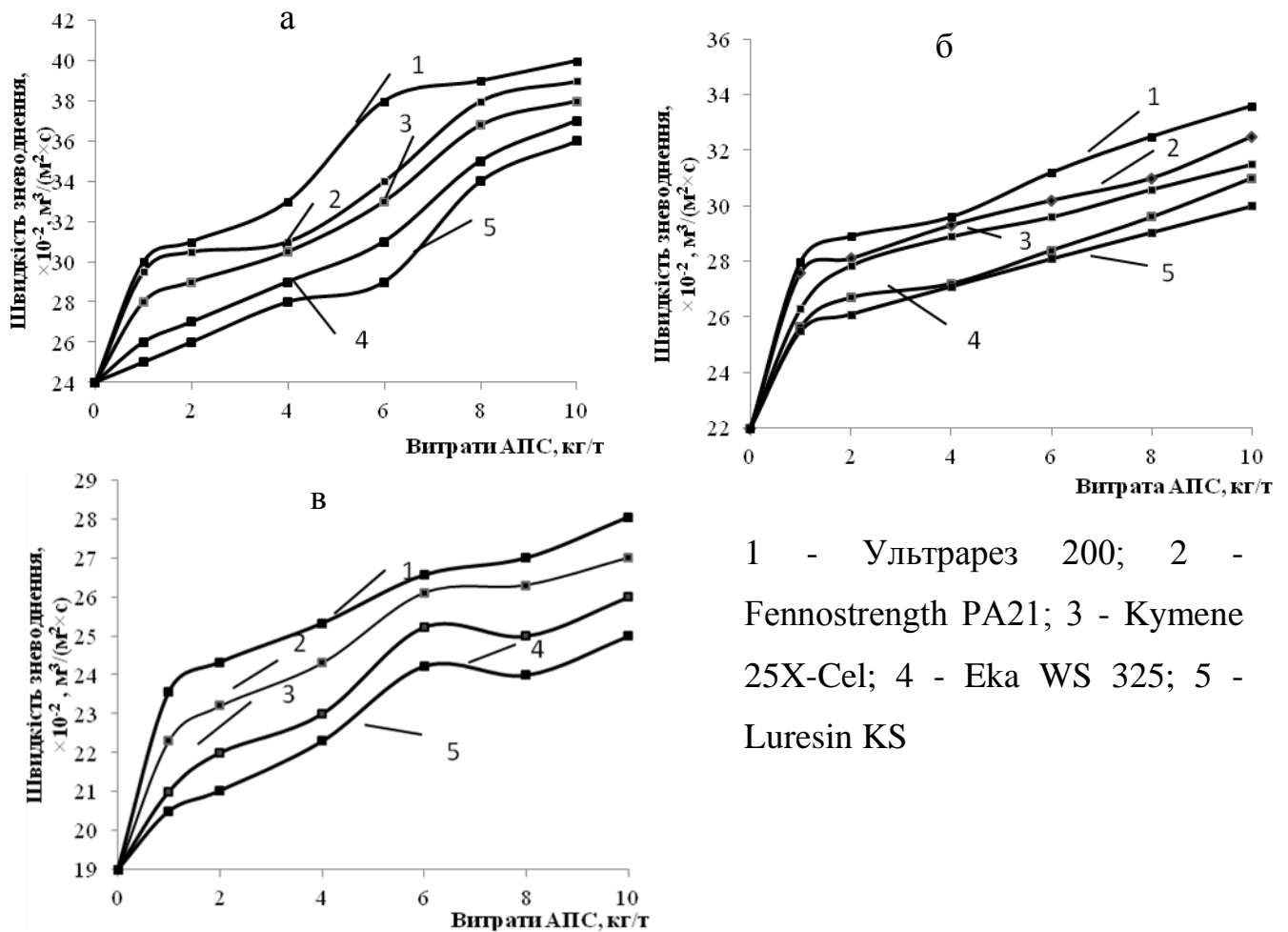


Рис. 3. Залежність швидкості зневоднення волокнистої маси із макулатури марки МС-5Б-2 від витрат АПС за температури  $30^\circ\text{C}$  і ступеня млива  $45^\circ\text{ШР}$  (а),  $50^\circ\text{ШР}$  (б) і  $55^\circ\text{ШР}$  (в)

Як відомо, з підвищенням температури зменшується в'язкість води, і тому швидкість зневоднення волокнистої маси збільшується, що інтенсифікує процес відливання паперу на сітці. Однак підготування маси за таких умов вимагає збільшення витрат на тепло. Крім того, при використанні жорсткої виробничої води можливо випадання солей жорсткості на сукнах і сітках, що

призводить до зниження швидкості зневоднення волокнистої маси.

Проведені порівняльні дослідження швидкості зневоднення за температури 10 °С (рисунок 1 б) і 30 °С (рисунок 3 б) за ступеня млива 50 °ШР показують, що швидкість зневоднення волокнистої суспензії за витрат АПС 10 кг/т за абсолютною величиною підвищується з  $12 \times 10^{-2}$  до  $22 \times 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$  і з  $22 \times 10^{-2}$  до  $34 \times 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$  відповідно. Це свідчить проте, що використання ХДР дозволить підвищити швидкість зневоднення не витрачаючи кошти на тепло для підвищення температури маси.

Для визначення математичних залежностей швидкості зневоднення ( $Y_{зн.}$ ) волокнистої маси від основних технологічних факторів, які характеризують процес формування паперового полотна на сітці папероробної машини, використано повний факторний експеримент типу  $2^3$  [8]. В якості змінних параметрів обрано:  $x_1$  – ступінь млива, °ШР;  $x_2$  – витрати ХДР, кг/т;  $x_3$  – температура волокнистої суспензії, °С. Значення параметрів та інтервали варіювання змінних наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

### Межі варіювання факторів

Незалежні змінні	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
Ступінь млива, °ШР	45	50	55	5
Витрати АПС, кг/т	2	4	6	2
Температура волокнистої суспензії, °С	10	20	30	10

У результаті математичної обробки одержаних експериментальних даних статистичними методами [8], розроблено математичну модель за показником швидкості зневоднення волокнистої суспензії із макулатури марки МС-5Б-2 у вигляді наступного рівняння регресії (в кодованій формі), яка адекватно описує процес:

$$Y_{зв.} = 27,00 - 3,75x_1 + 3,00x_2 + 2,75x_3 + 0,25x_1x_2 \quad (1)$$

Отримане рівняння регресії дає можливість провести аналіз впливу кожного із факторів ( $x_i$ ) на параметр оптимізації ( $Y_{зв.}$ ). Так, наприклад, із

рівняння регресії (1) слідує, що значення коефіцієнта  $b_1$  для фактора  $x_1$  (ступінь млива) за абсолютною величиною найбільше, в порівнянні з іншими коефіцієнтами рівняння регресії (1). Цей факт вказує на домінуючий вплив цього фактора на параметр оптимізації, а фактично на процес зневоднення волокнистої суспензії із макулатури. Разом з тим, з урахуванням негативного знаку коефіцієнта  $b_1$ , для збільшення швидкості зневоднення необхідно використовувати макулатурну масу з мінімально допустимими (з технологічної точки зору) значеннями ступеня млива. Таким чином, із аналізу рівняння регресії (1) можна зробити висновки про те, що з метою збільшення швидкості зневоднення волокнистої маси процес формування паперового полотна на сітці папероробної машини потрібно проводити з мінімально допустимими (з технологічної точки зору) значеннями ступеня млива і за підвищених значень температури волокнистої маси та витрати ХДР.

### **Література**

1. Богомол Г. М. Формование бумаги и картона: теория и практика. – К.: Задруга, 2008. – 416 с.
2. Дулькин Д. А., Спиридонов В. А., Комаров В. И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск: Изд-во АГТУ. – 2007. – 1118 с.
3. Juppi K., Kaihovirta J. The effect of the dryer section on paper quality. Pulp and Paper. Canada, 2003. – vol. 104. – No. 5. – P. 58-61.
4. Кулешов А.В., Смолин А.С. Влияние цикличности использования макулатурного волокна на бумагообразующие свойства. Лесной журнал. – 2008. – № 4. – С. 131-138.
5. Барбаш В.А, Остапенко А.А. Влияние амофтерной полимерной смолы на показатели обезвоживания волокнистой суспензии и качества бумаги. Наукові вісті Національного технічного університету України" Київський політехнічний інститут". – 2013. – №3. – С. 104-107.



6. Костюкевич А. В., Чубис П. А., Черная Н. В., Жолнерович Н. В., Драпеза А. А. Влияние бинарных систем вспомогательных химических веществ на свойства волокнистых суспензий. Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2009. – С. 294-300.
7. Кожевников С.Ю. Применение отечественных амфотерных полимерных смол для производства бумаги и картона. 10-я юбилейная международная научно-техническая конференция. – Караваево. – 2009. – С. 139-142.
8. Статюха Г. О., Складаний Д.М., Бондаренко О.С. Вступ до планування оптимального експерименту: навч. Посіб К.:НТУУ «КПІ», 2011. – 124 с.

### **References**

1. Bogomol G. M. Formovany`e bumagy` y` kartona: teory`ya y` prakty`ka. – K.: Zadruga, 2008. – 416 s.
2. Dul`ky`n D. A., Spy`ry`donov V. A., Komarov V. Y`. Sovremennoe sostoyany`e y` perspekty`vy y` spol`zovany`ya vtory`chnogo volokna y`z makulatury v my`rovoj y` otechestvennoj y`ndustry`y` bumagy`. Arxangel`sk: Y`zd-vo AGTU. – 2007. – 1118 s.
3. Juppi K., Kaihovirta J. The effect of the dryer section on paper quality. Pulp and Paper. Canada, 2003. – vol. 104. – No. 5. – R. 58-61.
4. Kuleshov A.V., Smoly`n A.S. Vly`yany`e sy`kly`chnosty` y` spol`zovany`ya makulturnogo volokna na bumagoobrazuyushhy`e svojstva. Lesnoj zhurnal. – 2008. – # 4. – S. 131-138.
5. Barbash V.A, Ostapenko A.A. Vly`yany`e amofternoj poly`mernoj smoly na pokazately` obezvozhy`vany`ya volokny`stoj suspenzy`y` y` kachestva bumagy`. Naukovi visti Nacional`nogo texnichnogo universy`tetu Ukrayiny`" Ky`yivs`ky`j politexnichny`j insty`tut". – 2013. – #3. – S. 104-107.
6. Kostyukevy`ch A. V., Chuby`s P. A., Chernaya N. V., Zholnerovy`ch N. V., Drapeza A. A. Vly`yany`e by`narnyx sy`stem vspomogatel`nyx

xy`my`chesky`x veshhestv na svojstva volokny`styx suspenzy`j. Trudy BGTU. Sery`ya 2: Xy`my`chesky`e texnologiy`, by`otexnologiya, geozkologiya. – 2009. – S . 294-300.

7. Kozhevny`kov S.Yu. Pry`meneny`e otechestvennyx amfoternyx poly`mernyx smol dlya proy`zvodstva bumagy` y` kartona. 10-ya yuby`lejnaya mezhdunarodnaya nauchno-texny`cheskaya konferency`ya. – Karavaevo. – 2009. – S. 139-142.
8. Statyuxa G. O., Skladany`j D.M., Bondarenko O.S. Vstup do planuvannya opty`mal`nogo ekspery`mentu: navch. Posib K.:NTUU «KPI», 2011. – 124 s.