

## Література

1. ISO 8782-1:1998 «Safety, protective and occupational footwear for professional use Part 1: Requirements and test methods» (Взуття безпечне, захисне та робоче виробничого призначення. Частина 1. Вимоги і методи випробувань). – К.: Держспоживстандарт України, 2003.
2. Александров С.П. Повышение качества и конкурентоспособности отечественной спецобуви / С.П. Александров, Д.В. Лазарева // Кожев.-обув. пром-сть. – 2008. – № 6. – С. 34-37.
3. Зурабян К.М. Материаловедение изделий из кожи / К.М. Зурабян, Б.Я. Краснов, М.М. Берштейн. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.
4. Солтик І.Т., Знаходження показників водонепроникності й водопомоклості верху для виготовлення взуття працівникам молочної промисловості / І.Т. Солтик, А.Б. Домбровський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2011. – № 3. – С. 91-94.
5. Лиокумович В.Х. Структурный анализ качества обуви / В.Х. Лиокумович. – М.: Легкая индустрия, 1980. – С. 66-68.

Рецензія/Peer review : 10.10.2015 р. Надрукована/Printed :2.11.2015 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 677.11.021

К.М. КЛЕВЦОВ

Херсонський національний технічний університет

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ЛУБ'ЯНИХ ВОЛОКОН З ЗАДАНИМИ КІНЦЕВИМИ ЯКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*В роботі визначалися основні закономірності дроблення луб'яних комплексів з метою отримання луб'яних волокон різного функціонального призначення. В результаті аналізу отриманих експериментальних даних запропоновано використовувати технологію з урахуванням впливу суттєвих вхідних факторів, що дозволяє оптимізувати процеси керування режимами роботи запропонованого технологічного устаткування.*

*Ключові слова: луб'яне волокно, декортикація, математична модель.*

K.N. KLEVTSOV

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine

## DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF PROCESSES OF BAST FIBERS FROM A GIVEN ULTIMATE QUALITY CHARACTERISTICS

*The paper identifies the basic laws of bast crushing facilities to obtain bast fibers of different functions. An analysis of the experimental data suggested to use technology for the effect of material input factors to optimize process control modes proposed process equipment.*

*Keywords: bast fiber decortication, mathematical model.*

### Вступ

Для оптимізації параметрів налаштування обладнання та визначення тривалості обробки, при оптимальних кінцевих якісних показниках волокна необхідно розробити математичну модель процесу руйнування елементарного луб'яного волокна з урахуванням його реальної складної багаточислової будови з ймовірнісними фізико-механічними і геометричними характеристиками.

Вивчення закономірностей дроблення луб'яних комплексів є важливим етапом вирішення завдання оптимізації технологічних процесів їх обробки з метою отримання луб'яних волокон різного функціонального призначення. Основними видами деформації на протязі всіх технологічних операцій і, особливо, в процесі механічної обробки є деформація рушення технічних комплексів. В даний час єдиної теорії рушення, що враховує реальну будову цього комплексу, немає. Для вирішення цього питання необхідно обґрунтувати розробку моделі дроблення двох елементарних волокон, що представляють собою найпростіший варіант луб'яного комплексу.

### Експериментальна частина

Для визначення й порівняння великої кількості змінних факторів, що обумовлюють технологічну цінність волокна, необхідно розрахувати коефіцієнт конкордації за методом Кендалла [1, 2].

При вивченні цього процесу було розглянуто наявну на даний час наукову інформацію й відповідно до неї обрано сім факторів ( $k = 7$ ), які необхідно проранжувати з урахуванням ступеня їх впливу на процес виділення костриці.

До даних факторів відносяться:  $X_1$  – відносна заповнення барабана розмелювальними кулями,  $j$ , %;  $X_2$  – відносна швидкість обертання барабана,  $y$ , %;  $X_3$  – вид розмелювальних тіл;  $X_4$  – вологість сировини,  $W$ , %;  $X_5$  – густина завантаження сировини,  $r$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  $X_6$  – тривалість обробки,  $t$ , хв;  $X_7$  – конструктивні особливості установки.

Оскільки попередні дослідження теоретичних передумов взаємозв'язку волокна з деревиною дозволяють виявити початкові параметри переробки, експерименти проводилися для різноманітних умов при:  $X_3$ - вид розмелювальних тіл- кулі;  $X_4$ - вологість сировини –  $W = 13\%$ ;  $X_5$ - густина завантаження сировини –  $r = 80 \text{ кг/м}^3$ ;  $X_6$ - тривалість обробки –  $t = 12 \text{ хв}$ .

Одержанні за п'ятьма вимірюванням усереднені результати експериментів за вмістом костриці  $K$  та виходом волокна  $B$  представлено відповідно в таблицях 1, 2.

Таблиця 1

**Залежність вмісту костриці від відносного заповнення та відносної швидкості обертання барабана**

Відносна швидкість обертання барабана, $y$ , %	Вміст костриці, $K$ , %				
	$j = 10\%$	$j = 20\%$	$j = 30\%$	$j = 40\%$	$j = 50\%$
$y = 20\%$	12,5	11,3	6,9	4,4	3,1
$y = 40\%$	9,4	6,0	3,5	3,2	2,9
$y = 60\%$	7,8	4,7	4,1	3,2	2,7
$y = 80\%$	6,1	4,3	3,4	2,9	2,0

Таблиця 2

**Залежність виходу волокна від відносного заповнення та відносної швидкості обертання барабана**

Відносна швидкість обертання барабана, $y$ , %	Вихід волокна, $B$ , %				
	$j = 10\%$	$j = 20\%$	$j = 30\%$	$j = 40\%$	$j = 50\%$
$y = 20\%$	7,1	10,6	19,4	23,0	25,1
$y = 40\%$	14,4	20,1	25,2	27,1	27,6
$y = 60\%$	23,3	26,2	29,1	29,6	28,5
$y = 80\%$	21,8	21,0	19,3	17,1	10,4

При статистичній обробці результатів експериментів, у тому числі обчислювальних, застосовувалися кореляційний і дисперсійний аналізи та інші статистичні методи.

При визначенні статистичних характеристик якісних показників волокна використовувалися методи апроксимації отриманих значень. У результаті апроксимації експериментальних даних представлених у таблицях 3, 4 були одержані залежності виходу волокна  $B(y, j)$  (1) та вмісту костриці  $K(y, j)$  (2) від швидкості обертання і відносного заповнення барабана розмелювальними кулями для заданого режиму обробки (при вологості  $X_4 - W = 13\%$ ; густина завантаження сировини  $X_5 - r = 80 \text{ кг/м}^3$ ; тривалість обробки  $X_6 - t = 12 \text{ хв}$ ; конструктивних особливостей установки  $X_7$  – декортикатор барабанного типу).

Таблиця 3

**Розраховані дані за апроксимованими залежностями вмісту костриці від відносного заповнення барабана**

Відносна швидкість обертання барабана, $y$ , %	Апроксимоване значення вмісту костриці				
	$j = 10\%$	$j = 20\%$	$j = 30\%$	$j = 40\%$	$j = 50\%$
$y = 20\%$	0,125	0,108	0,072	0,040	0,032
$y = 40\%$	0,097	0,064	0,044	0,034	0,03
$y = 60\%$	0,075	0,043	0,032	0,03	0,026
$y = 80\%$	0,062	0,045	0,036	0,03	0,02

$$B(y, f) = 6.02 \cdot 10^{-2} - 2.3 \cdot 10^{-2} \cdot y + 34 \cdot y^2 + (-2.38885 + 12.259 \cdot y - 12.411 \cdot y^2) \cdot f + (11.265 - 42.806 \cdot y + 39.1568 \cdot y^2) \cdot f^2 + (-12.833 + 45.335 \cdot y - 41.66875 \cdot y^2) \cdot f^3, \quad (1)$$

$$K(y, f) = 1.595 \cdot 10^{-2} + 54725 \cdot y - 56375 \cdot y^2 + (2.316625 - 11.023 \cdot y + 9.528 \cdot y^2) \cdot f + (-9.6653 + 39.5817 \cdot y - 32.7906 \cdot y^2) \cdot f^2 + (10.188275 - 39.3986 \cdot y + 31.773 \cdot y^2) \cdot f^3. \quad (2)$$

Використання апроксимованої математичної моделі комплексу на рівні елементарного волокна дозволяє надати найбільш детальну на сьогоднішній день інформацію для проектування вузлів і механізмів, що беруть участь у технологічному процесі обробки луб'яної сировини і вибрати їх оптимальні конструктивні параметри.

Застосування даної моделі дозволяє досліджувати характер руйнування луб'яного комплексу залежно від великої кількості факторів і вивчити вплив кожного фактора окремо на досліджуваний процес, що неможливо провести у лабораторному експерименті в силу одночасної зміни всіх факторів і можливо

тільки при математичному моделюванні.

Таблиця 4

**Розраховані дані за апроксимованими залежностями виходу волокна від відносного заповнення барабана**

Відносна швидкість обертання барабана, $Y$ , %	Апроксимоване значення виходу волокна				
	$j = 10\%$	$j = 20\%$	$j = 30\%$	$j = 40\%$	$j = 50\%$
$Y = 20\%$	0,063	0,11	0,177	0,231	0,241
$Y = 40\%$	0,161	0,217	0,264	0,295	0,301
$Y = 60\%$	0,215	0,251	0,272	0,276	0,258
$Y = 80\%$	0,225	0,212	0,202	0,176	0,113

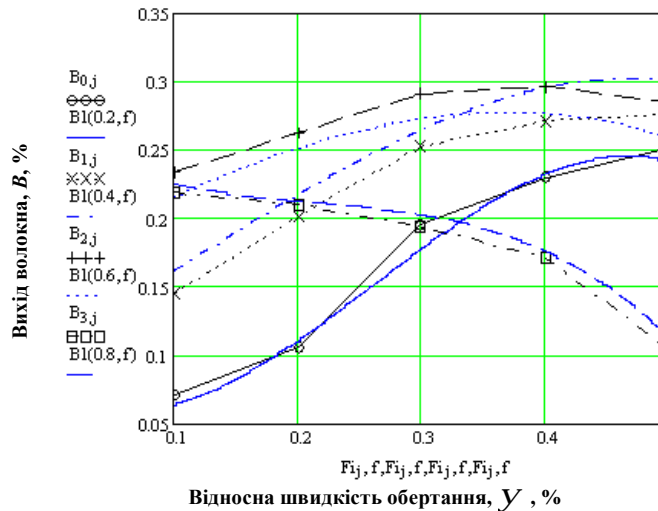


Рис. 1. Порівняльні залежності експериментальних та апроксимованих даних за виходом волокна:  $B1(0.2, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення виходу волокна при  $Y = 20\%$ ;  $B1(0.4, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення виходу волокна при  $Y = 40\%$ ;  $B1(0.6, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення виходу волокна при  $Y = 60\%$ ;  $B1(0.8, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення виходу волокна при  $Y = 80\%$ .

Створення математичної моделі руйнування технічного комплексу луб'яних волокон і моделі його подальшого дроблення, з урахуванням реальної будови і можливістю завдання імовірнісних фізико-механічних властивостей кінцевого волокна представлено у вигляді порівняльних графічних залежностей експериментальних та апроксимованих даних за виходом волокна  $B$  %, та вмістом костриці  $K$  %, в залежності від режимів роботи обладнання (рис. 1, 2).

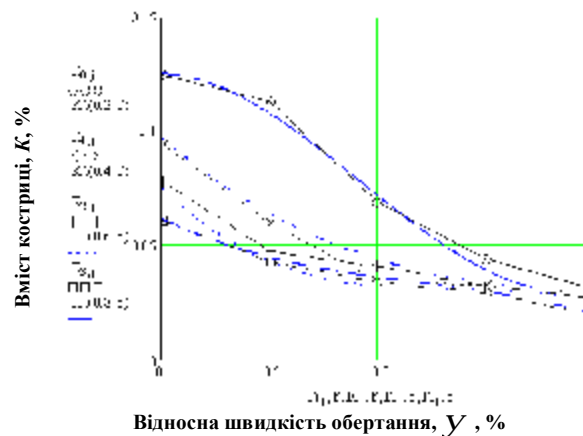


Рис. 2. Порівняльні залежності експериментальних та апроксимованих даних за вмістом костриці:  $K1(0.2, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення вмісту костриці при  $Y = 20\%$ ;  $K1(0.4, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення вмісту костриці при  $Y = 40\%$ ;  $K1(0.6, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення вмісту костриці при  $Y = 60\%$ ;  $K1(0.8, f)$  – відповідно експериментальні та апроксимовані значення вмісту костриці при  $Y = 80\%$ .

Похибка апроксимації складає менш 5%. Двовимірні залежності експериментальних та апроксимованих значень для наочності відображаємо у вигляді поверхонь відгуку, що наведені на рисунках 3, 4.

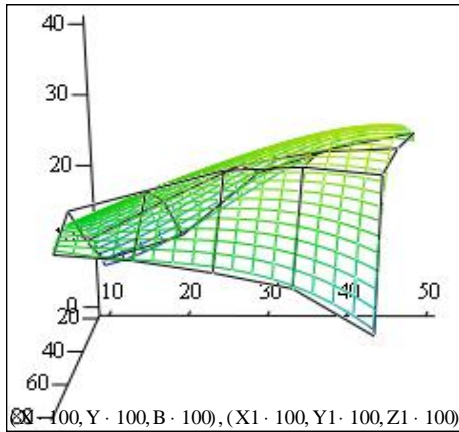


Рис. 3. Апроксимовані поверхні відгуку залежності виходу волокна від відносної швидкості обертання та відносного заповнення барабана

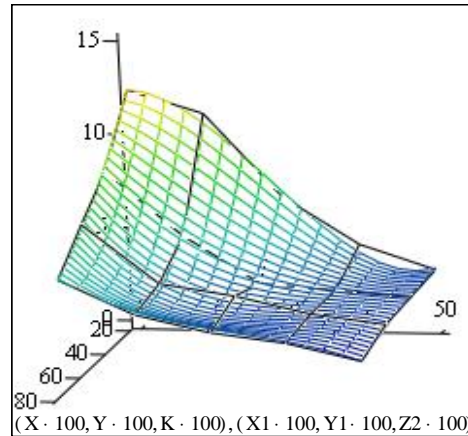


Рис. 4. Апроксимовані поверхні відгуку залежності вмісту костриці від відносної швидкості обертання та відносного заповнення барабана

Значення вмісту костриці  $K$  та виходу волокна  $B$  суттєво змінюються в залежності від зміни таких факторів, як вологість сировини  $W$ , густина завантаження сировини  $r$  та тривалість обробки  $t$ .

На сьогодні математичної моделі механічного руйнування технічних комплексів волокна, що враховує його складну будову немає. Характеристики міцності волокон визначені тільки експериментально. Визначити вплив факторів будови елементарного волокна на розривне навантаження можливо тільки за допомогою регресійного моделювання, внаслідок складності проведення лабораторних експериментів.

Тому на основі одержаних залежностей (1, 2) були знайдені формули, за якими з'являється можливість розрахунку поправочних коефіцієнтів до отриманих залежностей виходу волокна  $B(y, j)$  (1) та вмісту костриці  $K(y, j)$  (2) від швидкості обертання і відносного заповнення барабана розмелювальними кулями.

Перший коефіцієнт характеризує залежність вмісту костриці  $K$  від вологості трести  $W$  (3):

$$K_w(W) = 0.1455 \cdot e^{14.79W} \quad (3)$$

Графіки цієї залежності для експериментальних та апроксимованих даних наведено на рисунку 5.

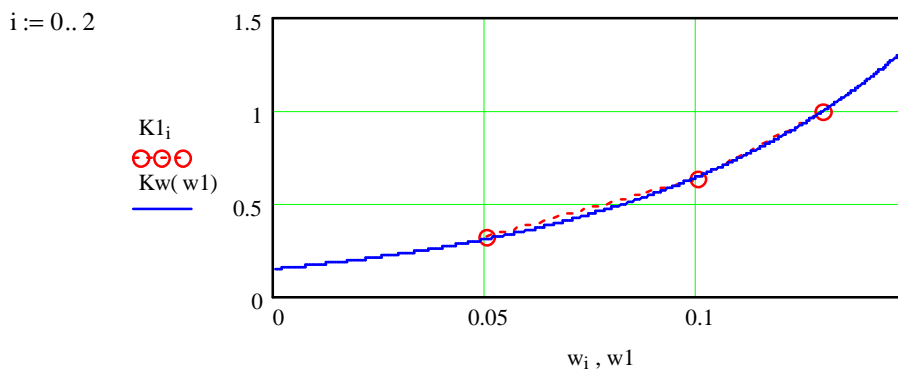


Рис. 5. Залежність вмісту костриці від вологості трести:  $K1_i$  – експериментальні дані;  $Kw(w1)$  – апроксимовані дані.

Другий коефіцієнт характеризує залежність вмісту костриці  $K$  від густини завантаження  $r$  (4):

$$K_r(r) = 6.287 - 0.837r + 0.00147r^2 \quad (4)$$

Графіки цієї залежності для експериментальних та апроксимованих даних наведено на рисунку 6.

Третій коефіцієнт характеризує залежність виходу  $B$  волокна від тривалості обробки  $t$  (5):

$$B_t(t) = 1.76 - 0.081t + 0.00104t^2 \quad (5)$$

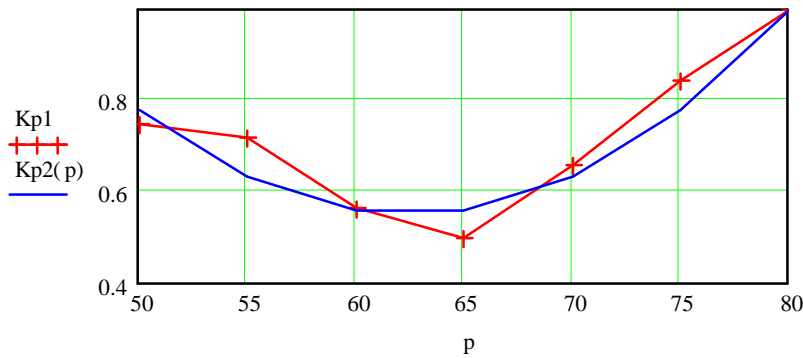


Рис. 6. Залежність вмісту костриці від густини завантаження:  
1 – експериментальні дані; 2 – апроксимовані дані.

Графічне відображення цієї залежності для експериментальних та апроксимованих даних виходу волокна від тривалості обробки наведено на рисунку 7.

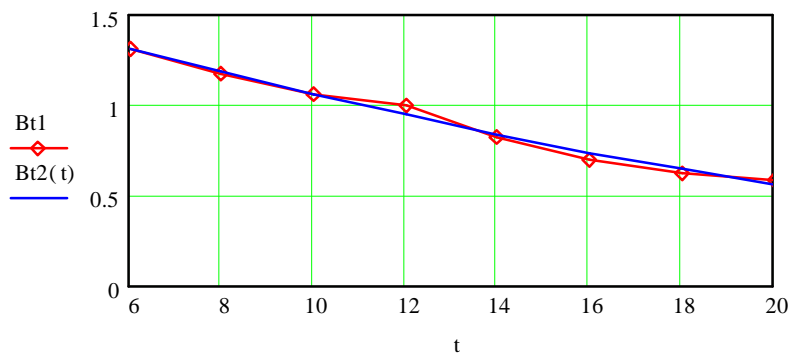


Рис. 7. Залежність виходу волокна від тривалості обробки:  
Bt1 – експериментальні дані; Bt2(t) – апроксимовані дані.

Четвертий коефіцієнт характеризує залежність вмісту костриці  $K$  від тривалості обробки  $t$  (6):

$$K_t(t) = 58.811 \cdot e^{-0.2829t} \quad (6)$$

Порівняльні графіки експериментальних та апроксимованих отриманих значень вмісту костриці від тривалості обробки наведено на рисунку 8.

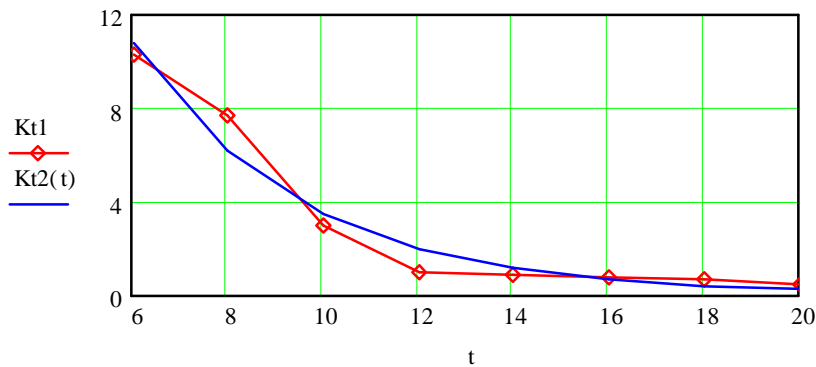


Рис. 8. Залежність вмісту костриці від тривалості обробки:  
Kt1 – експериментальні дані; Kt2(t) – апроксимовані дані.

П'ятий коефіцієнт характеризує залежність виходу волокна  $B$  від густини завантаження трести  $r$  (7):

$$B_r(r) = \frac{r}{r_{\max}} \quad (7)$$

де  $r_{\max} = 80 \text{ кг/м}^3$ .

Загальні вирази для прогнозування виходу волокна та вмісту костриці при допустимих значеннях суттєвих параметрів режимів обробки набувають вигляд (8, 9):

$$B_{II}(y, j, r, W, t) = B_1(y, j) \cdot B_t(t) \cdot B_r(r), \quad (8)$$

$$K_{II}(y, j, r, W, t) = K_1(y, j) \cdot K_w(W) \cdot K_r(r) \cdot K_t(t). \quad (9)$$

Для визначення оптимальних режимів роботи обладнання  $(y, j, r, W, t)$  необхідно враховувати вимоги замовника до різних видів волокнистої сировини, тобто її кінцеві геометричні характеристики.

Динаміка змін якісних характеристик від тривалості обробки наведено в таблицях 5, 6.

Таблиця 5

Зміна лінійної густини від тривалості обробки

Тривалість обробки, $t$ , хв	6	8	10	12	14	16	18	20
Лінійна густина, $q$ , текс	15,1	12,3	10,2	6,3	5,2	4,4	3,1	2,2

Таблиця 6

Зміна розривного навантаження від тривалості обробки

Тривалість обробки, $t$ , хв	6	8	10	12	14	16	18	20
Розривне навантаження, $R_n$ , даН	38,6	34,7	31,2	29,8	24,1	20,5	18,4	17,3

Динаміку зміни якісних показників до яких відносяться лінійна густина та розривне навантаження можна описати за допомогою виразів (10, 11):

$$q(t) = 34.223 \cdot t^{-0.1315t}, \quad (10)$$

$$R_n(t) = 56.1858 \cdot e^{-0.06t}. \quad (11)$$

Порівняльні графіки експериментальних та апроксимованих залежностей зміни якісних показників волокна наведено на рисунках 9, 10.

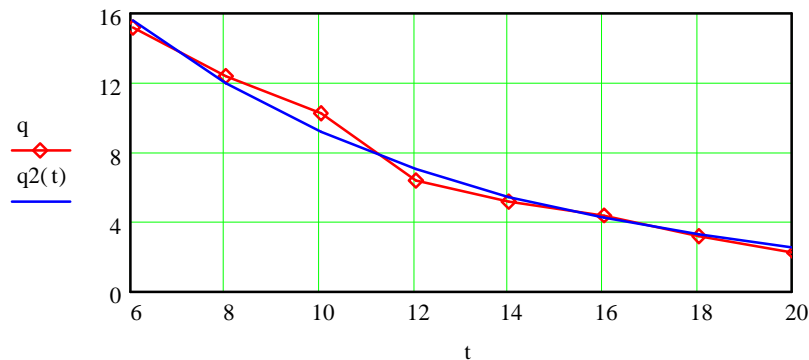


Рис. 9. Залежність лінійної густини волокна від тривалості обробки трести:  
 $q$  – експериментальні дані;  $q_2(t)$  – апроксимовані дані.

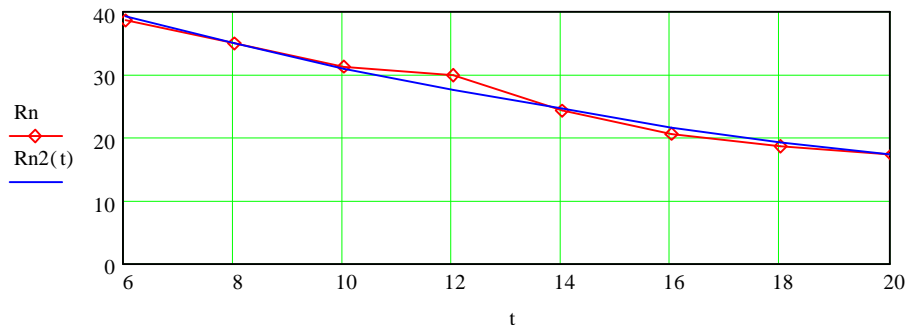


Рис. 10. Залежність розривного навантаження волокна від тривалості обробки:  
 $R_n$  – експериментальні дані;  $R_{n2}(t)$  – апроксимовані дані.

### Висновки

Аналіз результатів досліджень показав, що отримані залежності (3-11) дають можливість визначити оптимальні параметри процесу первинної переробки луб'яної сировини для одержання волокон із заданими якісними характеристиками.

Для цього, по-перше, необхідно визначити основні чинники якості отриманих волокон: розривне навантаження  $R$  та лінійну щільність  $r$ . Ці показники дозволяють визначити необхідну тривалість обробки сировини  $t$  на барабанній декортикаційній установці за залежностями, що наведені на рисунках 9, 10.

По-друге, для визначення оптимальних режимів роботи обладнання необхідно визначити поправкові коефіцієнти за формулами (3, 4, 7), що враховують вплив таких суттєвих факторів, як вологість

$W$  та густину завантаження сировини  $\Gamma$ .

Після отримання значень поправкових коефіцієнтів та при відомій тривалості обробки сировини  $t$  необхідно з урахуванням виразів (1, 2) скласти рівняння залежності вихідних факторів за виразами (8, 9), що дозволяють проводити аналіз впливу технологічних параметрів (відносної швидкості обертання барабана  $U$  та його відносного заповнення розмелювальними кулями  $j$ ) на вихід волокна  $B$  і вміст костриці  $K$ .

Після встановлення значень усіх вхідних факторів, що суттєво впливають на вихідні характеристики (вихід волокна  $B$  та вміст костриці  $K$ ), можна визначити оптимальну тривалість обробки луб'яної сировини для отримання необхідної кількості готової продукції із заданими кінцевими показниками якості.

Таким чином, можна стверджувати, що для одержання неорієнтованого луб'яного волокна із заданими кінцевими якісними показниками необхідно використовувати запропоновану технологію з урахуванням впливу суттєвих вхідних факторів на основі аналізу моделі технологічного процесу первинної переробки луб'яної сировини, що дозволяє оптимізувати процеси керування режимами роботи запропонованого технологічного устаткування.

### Література

1. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в лёгкой и текстильной промышленности) / В.Б. Тихомиров. – М.: Лёгкая индустрия, 1974. – 262 с.
2. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования эксперимента / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 215 с.

Рецензія/Peer review : 30.9.2015 р.

Надрукована/Printed : 2.11.2015 р.

Рецензент: д.т.н., професор Чурсіна Л.А.

УДК 677.047.622.112.2

Ю.В. КОШЕВКО

Хмельницький національний університет

## ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВЗАЄМОДІЇ ЗВ'ЯЗУЮЧИХ РЕЧОВИН АПРЕТУ З ТЕКСТИЛЬНИМ МАТЕРІАЛОМ

*В роботі поданий матеріал по дослідженню механізму взаємодії зв'язувальних речовин апрету з текстильним матеріалом. Для визначення наявності утворених хімічних зв'язків в структурі волокон матеріалу, який оброблений апретом за різних умов використано метод інфрачервоної спектроскопії. На основі цих даних розрахована кількість поперечних зв'язків, в яких азот зв'язується зі структурою віскози. Доведено, що за рахунок вібраційних навантажень кількість таких зв'язків зростає в рази, що гарантує стабільність утвореної форми та якість при формуванні в полі динамічних навантажень.*

*Ключові слова: формування, головки головних уборів, апрет, хімічні зв'язки, спектр поглинання, азот.*

Y. V. KOSHEVKO

Khmelnytsky national university, Khmelnytsky, Ukraine

## DETERMINATION THE MECHANISM OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE DRESSING SUBSTANCE AND TEXTILE MATERIAL

*In-process the given material is on research of mechanism of co-operation of relating matters of dressing with textile material. For determination of presence of well-educated chemical connections in the structure of fibres of material which is treated dressing the method of infra-red spectroscopy is at different terms used. Keywords: forming, centrifugal efforts, heads of head-dresses, factors of proces forming, dynamic methods of forming. On the basis of these information the expected amount of tie-bars in which nitrogen associates after the structure of viscose. It is well-proven that due to the oscillation loadings the amount of such connections grows in times, that guarantees stability of well-educated form and quality at forming in the field of the dynamic loadings.*

*Keywords: forming, heads of head-dresses, dressing, chemical connections, spectrum of absorption, nitrogen.*

### Вступ

Для надання деталям швейних виробів необхідної жорсткості і закріплення об'ємної форми доцільно використовувати передконденсати термореактивних смол, а для гідрофобізації – кремнійорганічні сполуки. За літературними даними застосування кремнійорганічних сполук дозволяє надавати текстильним матеріалам не тільки гідрофобності, а також ряд властивостей: покращення зовнішнього вигляду, поглиблення забарвлення, підвищення стійкості до тертя. Однак, розроблені промисловістю препарати на основі кремнійорганічних полімерів, не повністю задовольняють потреби оздоблювального виробництва, мають багато недоліків [1 – 2].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження показали, що застосування кремнійорганічних сполук разом із передконденсатами термореактивних смол не дозволяє досягти необхідної жорсткості і гідрофобності, які потрібні для якісної