

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ З ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

В статті представлено математичне моделювання технологічних процесів обробки стебел трести льону олійного для виробництва волокон з необхідними фізико-механічними характеристиками з метою їх подальшого застосування у виготовленні нетканних матеріалів широкого функціонального призначення. За результатами експериментальних досліджень, що базувалися на виробничих та лабораторних випробуваннях проведено регресійний аналіз отриманих даних, одержані поверхні відгуку, які вказують на залежність якісних показників волокон льону олійного від технологічних режимів і параметрів обробки стебел трести.

Ключові слова: волокна, неткані матеріали, математичне моделювання, регресійний аналіз, поверхні відгуку, льон олійний.

T.V. MALOMYZH, T.I. TERNOVA, T.M. GOLOVENKO

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine

THE MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS AIMED AT MANUFACTURING NONWOVENS FROM OILSEED FLAX

Abstract - The paper presents the mathematical modeling of technological processing of treated oilseed flax stalks to produce fibers with the desired physical and mechanical properties for their further use in fabricating general-purpose nonwovens.

According to the experimental results, based on manufacturing and laboratory testing the regression analysis of the obtained data was conducted. The response surfaces indicating the influence of production conditions and processing parameters on the oilseed flax quality indicators. The graphs show all possible variants of control parameters. On the intersection of the transverse plane there are all the possible combinations of technological processes among which the most optimal points of parameters and processing modes were chosen. They allow to obtain the required product - oilseed flax fibers suitable for manufacturing nonwovens: nonwoven fabric, furniture upholstery and linen wadding.

Keywords: fibers, nonwovens, mathematical modeling, regression analysis, response surface, oilseed flax.

Вступ

Останнім часом неткані матеріали набули великої популярності завдяки розширенню їх асортименту. Виготовлення нової текстильної продукції пов'язано із застосуванням прогресивних технологій. Сьогодні світове виробництво нетканних матеріалів становить приблизно 16 млрд. м². Цей вид продукції є необхідною складовою в меблевій та автомобільній промисловості, будівельній індустрії, виготовленні товарів широкого вжитку, в будівництві автошляхів тощо [1].

В Україні є значні запаси вітчизняної дешевої сировини для виготовлення вищезазначених товарів - льон олійний. Ця сировина до сьогодні не переробляється повною мірою оскільки, на вітчизняних підприємствах не впроваджені технології переробки стеблової маси даної культури. Виробничі й наукові дослідження свідчать про перспективність та економічну доцільність застосування волокон льону олійного у виробництві нетканних матеріалів різного функціонального призначення. Провідними закордонними та вітчизняними вченими В.В. Живетіним, Л.Н. Гінзбургом, Є.Л. Пашиним (Росія), Л. Мурфі, Х. Берінгом, Х. Віеландом (Німеччина), Р. Козловським (Польща), П.Л. Каполетто (Італія), Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова (Україна) доведено, що волокно льону олійного придатне для виготовлення товарів широкого вжитку, у тому числі й нетканних матеріалів різного функціонального призначення [2, 3].

Постановка проблеми

На нашу думку, український ринок може бути заповнений вітчизняною продукцією за умови розробки технології та оптимізації процесів обробки трести льону олійного для одержання волокон з різними фізико-механічними характеристиками, які би відповідали вимогам до сировини, що застосовується для виготовлення нетканних матеріалів широкого асортименту. Необхідні якісні показники волокон формуються за певних умов технологічного процесу первинної переробки трести льону олійного на окремих його стадіях.

Вченими кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного університету розроблено технології переробки трести льону олійного на модернізованому куделеприготувальному агрегаті [3]. Але, на даній технологічній лінії не передбачено одержання волокон з певними фізико-механічними властивостями, які необхідні для виготовлення нетканних матеріалів різних типів.

У зв'язку з вищевикладеним, важливим і актуальним завданням сьогодення є розробка технологічного процесу одержання волокон з трести льону олійного, оптимізація режимів її обробки та робочих параметрів обладнання, що забезпечать отримання продукту з необхідними фізико-механічними властивостями, придатного для виробництва нетканних матеріалів різних типів із широким спектром промислового застосування.

Аналіз та узагальнення результатів

В результаті детального дослідження технологічних процесів переробки стебел трести льону олійного, визначено основні параметри та режими обробки, які потребують оптимізації: частота обертання тіпальних модулів, що змінюється в межах 240-360 об/хв, щільність шару оброблюваної сировини – 0,25-0,40 кг/м² і ширина зазору між тіпальним ножом і бильною планкою – 6,0 - 18,8 мм. Їх регулювання, залежно від якості оброблюваної сировини, має суттєвий вплив на зміну фізико-механічних характеристик волокон: вмісту костриці та розривного навантаження, показники яких формують певний тип нетканого матеріалу.

Для проведення досліджень було обрано три сорти льону олійного: Дебют, Південна ніч, Ківіка, які мають значні відмінності технічних характеристик стебел. Так, сорт Дебют був обраний за найвищим показником вмісту лубу, за найбільшим показником діаметру стебел – сорт Південна ніч, а за найменшим – сорт Ківіка. Це було здійснено для детального вивчення впливу цих властивостей на вибір режимів і параметрів обробки стебел трести льону олійного.

Всі виробничі дослідження виконувалися в умовах ВАТ «Льнокомбінат Старосамбірський», де було оброблено по одній тоні стебел трести кожного сорту. В ході цих досліджень було визначено інтенсивність обробки стебел трести льону олійного даних сортів.

Таким чином, в залежності від фізико-механічних показників стебел трести льону олійного трьох сортів, було здійснено оптимізацію технологічного процесу, тобто встановлювалися різні параметри та режими обробки. Варіанти обробки – №1, №2, №3 та їх варіації, відповідно для кожного сорту подано в табл. 1, 2, 3.

Таблиця 1

Режим обробки трести льону олійного сорту Дебют на модернізованому куделеприготувальному агрегаті (варіант № 1)

Позначення варіації	Частота обертання тіпальних модулів, об/хв	Щільність шару сировини, кг/м ²	Ширина зазору між тіпальним ножом і бильною планкою, мм
А	300	0,32	11,2
Б			12,5
В			15,1

Таблиця 2

Режим обробки трести льону олійного сорту Південна ніч на модернізованому куделеприготувальному агрегаті (варіант № 2)

Позначення варіації	Частота обертання тіпальних модулів, об/хв.	Щільність шару сировини, кг/м ²	Ширина зазору між тіпальним ножом і бильною планкою, мм
А	360	0,40	17,7
Б			18,4
В			18,8

Таблиця 3

Режим обробки трести льону олійного сорту Ківіка на модернізованому куделеприготувальному агрегаті (варіант № 3)

Позначення варіації	Частота обертання тіпальних модулів, об/хв.	Щільність шару сировини, кг/м ²	Ширина зазору між тіпальним ножом і бильною планкою, мм
А	240	0,25	6,0
Б			7,3
В			8,6
Г			9,9

Для визначення впливу основних параметрів технологічного процесу, тобто режимів та параметрів обробки трести льону олійного, на якість одержаних волокон було використано метод математичного планування експерименту [4-7]. До цього часу його широко застосовують для визначення оптимальних режимів різних технологічних процесів.

З цією метою було проведено повний факторний експеримент для кожного варіанта обробки з відповідною їй оптимізацією, під час якого досліджувався вплив частоти обертання тіпальних модулів X_1 , щільності шару сировини X_2 та ширини зазору між тіпальним ножом і бильною планкою X_3 на основні якісні показники волокна льону олійного: вміст костриці Y_1 та розривне навантаження Y_2 . Розрахунки проводилися із застосуванням програмного продукту «MathCAD 14», побудовано матриці планування експерименту, поверхні відгуку кодованих і натуральних факторів, складено регресійні рівняння й

визначено критерії Кохрена та Стюдента для кожного варіанта обробки стебел трести льону олійного.

Під час математичного моделювання технологічного процесу переробки стебел трести льону олійного сорту Дебют за варіантом обробки № 1 було одержано регресійні двофакторні математичні моделі залежності вихідних характеристик – вмісту костриці (1) та розривного навантаження волокна (2) – від вхідних – частоти обертання тіпальних модулів, щільності шару сировини та ширини зазору між тіпальним ножом і бильною планкою. Графічну інтерпретацію одержаних результатів представлено на рис. 1.

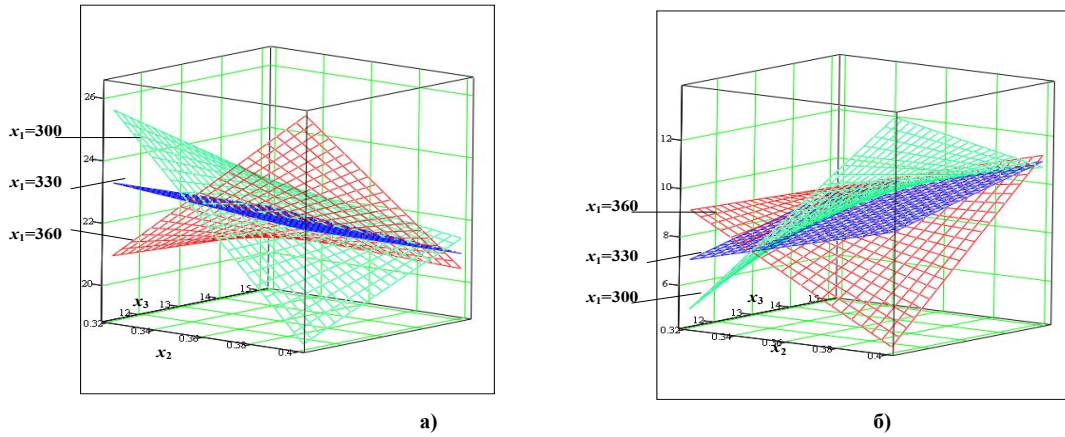


Рис. 1. Вплив вхідних характеристик технологічного процесу обробки трести за варіантом № 1 на вихідні показники одержаних волокон льону олійного: а) – вміст костриці; б) – розривне навантаження.

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) = -3,185 X_1 - 3,063 \cdot 10^3 X_2 - 68,429 X_3 + 9,261 X_1 X_2 + 0,206 X_1 X_3 + 199,199 X_2 X_3 - 0,604 X_1 X_2 X_3 - 1,082 \cdot 10^3 \quad (1)$$

$$Y_2(X_1, X_2, X_3) = 3,823 X_1 + 3,707 \cdot 10^3 X_2 + 84,353 X_3 - 11,15 X_1 X_2 - 0,254 X_1 X_3 - 245,032 X_2 X_3 + 0,743 X_1 X_2 X_3 - 1,268 \cdot 10^3 \quad (2)$$

У результаті математичного моделювання технологічного процесу переробки стебел трести льону олійного сорту Південна ніч за варіантом обробки № 2 було одержано регресійні двофакторні математичні моделі залежності вихідних характеристик – вмісту костриці (3) та розривного навантаження волокна (4) – від вхідних – частоти обертання тіпальних модулів, щільності шару сировини та ширини зазору між тіпальним ножом і бильною планкою. Графічну інтерпретацію одержаних результатів представлено на рис. 2.

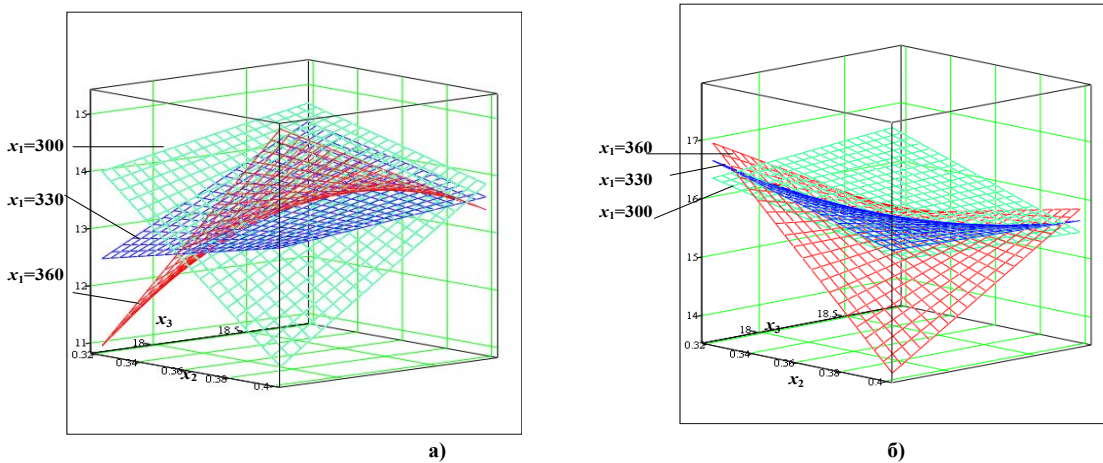


Рис. 2. Вплив вхідних характеристик технологічного процесу обробки трести за варіантом № 2 на вихідні показники одержаних волокон льону олійного: а) – вміст костриці; б) – розривне навантаження.

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) = -8,684 X_1 - 7,928 \cdot 10^3 X_2 - 144,818 X_3 + 24,966 X_1 X_2 + 0,461 X_1 X_3 + 420,455 X_2 X_3 - 1,326 X_1 X_2 X_3 + 2,748 \cdot 10^3 \quad (3)$$

$$Y_2(X_1, X_2, X_3) = 4,996 X_1 + 4,824 \cdot 10^3 X_2 + 78,727 X_3 - 15,75 X_1 X_2 - 0,264 X_1 X_3 - 254,545 X_2 X_3 + 0,833 X_1 X_2 X_3 - 1,482 \cdot 10^3 \quad (4)$$

Під час математичного моделювання технологічного процесу переробки стебел трести льону олійного сорту Ківіка за варіантом обробки № 3 було одержано регресійні двофакторні математичні моделі залежності вихідних характеристик – вмісту костриці (5) та розривного навантаження волокна (6) – від вхідних – частоти обертання тіпальних модулів, щільності шару сировини та ширини зазору між тіпальним ножом і бильною планкою. Графічну інтерпретацію одержаних результатів представлено на рис. 3.

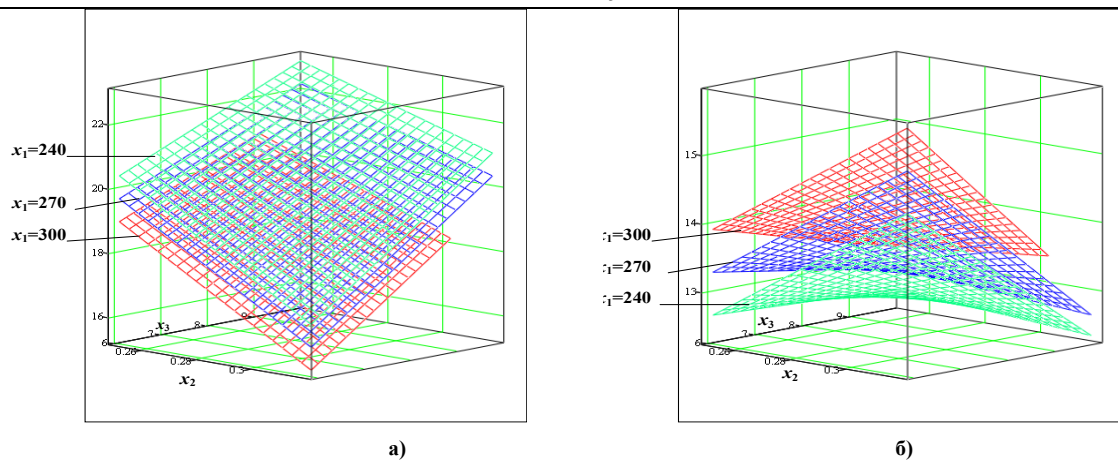


Рис. 3. Вплив вхідних характеристик технологічного процесу обробки трести за варіантом №3 на вихідні показники одержаних волокон льону олійного: а) – вміст костриці; б) – розривне навантаження.

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) = -0,024X_1 - 89,89X_2 - 0,962X_3 + 6,41X_2X_3 + 44,739 \quad (5)$$

$$Y_2(X_1, X_2, X_3) = 0,038X_1 + 75,11X_2 + 2,603X_3 - 2,778 \cdot 10^{-3} X_1X_3 - 7,875X_2X_3 - 14,91 \quad (6)$$

На даних графіках представлені всі можливі варіанти управляючих параметрів. При цьому на перетині поперечних площин, де знаходяться всі можливі комбінації технологічних процесів, було обрано оптимальні точки параметрів та режимів обробки.

Аналіз регресійних рівнянь (1-6) і поверхонь відгуку (рис. 1-6) свідчить, що зі стебел трести льону олійного можна одержати волокно з необхідними якісними показниками, придатне для виробництва нетканих матеріалів різного функціонального призначення, при певній оптимізації технологічного процесу обробки, тобто з урахуванням режимів та параметрів переробки стебел даної культури на модернізованому куделеприготувальному агрегаті.

Висновок

Узагальнюючи вищевикладене, можна сказати, що за допомогою математичного моделювання технологічних процесів одержання волокон льону олійного зі стебел трести різних сортів отримано математичні моделі залежності вмісту костриці та розривного навантаження волокна від частоти обертання тіпальних модулів, щільності шару сировини та ширини зазору між тіпальним ножом і бильною планкою. Дані моделі дозволяють визначити оптимальні параметри механічної обробки й одержати волокна з нормованими показниками якості, придатними для виробництва нетканих матеріалів типів неткане полотно, меблеве полотно та льоноватин.

Література

1. Серебрякова Л.А. Нетканые материалы: получение, свойства, применение: [учеб. пособ.] / Серебрякова Л.А., Смойлейчук И.М., Лаврушин И.А. – Владивосток: Изд-во ДВГАЭУ, 1999 – 115 с.
2. Живетин В.В. Масличный лён и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
3. Тіхосова Г.А. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного: [монографія] / Л.А. Чурсіна, Тіхосова Г.А., О.О. Горач, Т.І. Янюк. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 356 с.
4. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) / В.Б. Тихомиров. – М.: Лёгкая индустрия, 1974. – 262 с.
5. Сенкевич А.Ю. Математическое моделирование автоматизированных систем контроля и управления: [метод. указание] / А.Ю. Сенкевич. – Тамбов: Изд-во Тамб. госуд. техн. ун-та, 2004. – 44 с.
6. Степанов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний / М.Н. Степанов. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
7. Севастьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: [учебн. для вузов текстильн. пром.] / А.Г. Севастьянов. – М.: Лёгкая индустрия, 1980. – 392 с.

References

1. Serebriakova L.A. Netkanue materialu: poluchenie, svoystva, preminenie: [yчебное posobie] / Serebriakova L.A., Smoyleychuk I.M., I.A. Lavrushin - Vladivostok: Izdatelstvo DVHAЭУ, 1999 - 115 p.
2. Zhyvetyu V.V. Maslychnuy len i ego kompleksnoe razvitie / V.V. Zhyvetyu, L.N. Ginzburg. - Moscow: TSNYLKA, 2000. - 389 p.
3. Tihosova G.A. Naykovi osnovu kompleksnoi pererobku stebel ta nasinnya [monographiya] / L.A. Chursina, G.A. Tihosova, O.O. Horach, T.I. Yanyuk. - Kherson: Oldie Plus, 2011. - 356 p.
4. Tikhomirov V.B. Planirovanie I analiz eksperimenta (pri provedenii issledovaniy v legkoi promushlenosti) / V.B. Tikhomirov. -

Moscow: Lёhkaya industriya, 1974. - 262 p.

5. Sienkiewicz A.U. Matematycheskoe modelirovanie avtomatizirovanuh system controlya i upravleniya: [metodicheskoe ukazanie] / A.U. Sienkiewicz. - Tambov: Tambov Izdatelstvo Tambovskogo gosydarstvenogo tehnikeskogo universiteta, 2004. - 44 p.

6. Stepanov M.N. Statysticheskye metodu obrabotki rezultatov mehanicheskikh isputaniy / M.N. Stepanov. - Moscow: Mashinostroenie, 1985. - 320 p.

7. Sevastyanov A.G. Metodu i sredstva issledovaniya mehaniko-tehnologicheskikh procesov tekstilnoi promushlenosti [uchebnik dlya vuzov tekstilnoy promushlenosti] / A.G. Sevastyanov. - Moscow: Lёhkaya industriya, 1980. - 392 p.

Рецензія/Peer review : 26.6.2014 р. Надрукована/Printed : 16.7.2014 р.

Рецензент: д.т.н., професор, зав. каф. «Товарознавства, стандартизації, сертифікації»
Херсонського національного технічного університету Л.А. Чурсіна

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

Повні вимоги до оформлення рукопису
<http://visniktup.narod.ru/rules/>

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 1 від 28.08.2014 р.**

Підп. до друку 28.08.2014 р. Ум.друк.арк. 18,26 Обл.-вид.арк. 22,65

Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.

Наклад 100, зам. № _____

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого
редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету”
редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63