

УДК 631.358.633.

О.В. Шовкомуд

Луцький національний технічний університет

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ЛЬОНОСИРОВИНИ

У статті наведено аналіз основних факторів впливу на формування кваліметричних показників льоноволокна та розроблена математична модель процесу отримання трести. Ключові слова: кваліметричні показники, льонотреста, льоноволокно, математична модель, збирання.

Постановка проблеми. Льон-довгунець – одна з основних прядивних культур. Волокно цієї культури має унікальні властивості і є незамінною сировиною для текстильної промисловості.

У теперішній час галузь льонарства дещо втратила своє стратегічне значення, однак, потреба народного господарства у льоносорівині і попит на лляні вироби значно зросли. Через низьку якість льоноволокна використовується нерационально. Останнім часом на льонозаводах під час переробки льонотрести зростає виробництво малоцінного короткого волокна. Це відбувається, в основному, через недосконалість технологій розстилання льоносоломи та приготування з неї трести. Основними факторами впливу на вихід довгого волокна є строки розстилання, нерівномірність стебел у розстелених стрічках за комлями, нерівномірність стебел за товщиною стрічки, що призводить до нерівномірного вилежування трести.

Все це свідчить про недосконалість технологій вирощування, збирання, післязбиральної підготовки волокнистої сировини до реалізації і застосування технічних засобів на виконання технологічних операцій з приготування трести.

Враховуючи вищесказане, виникає потреба у розробці математичної моделі збирання льону-довгунця, розв'язання якої дало б можливість виявити максимально впливові фактори процесу отримання льоносорівини з високими кваліметричними показниками.

Аналіз досліджень і публікацій. Результати наведені в роботах Є.І. Дударева [1, 2] І.П. Капця [3, 4, 5, 6], М.М. Труша [7], А.М. Іпатова [8] та інших дозволили зробити висновок, що на даний час основним способом отримання трести є росяне мочіння льону-довгунця. У період вилежування тканини, що оточують луб'яні пучки у стеблі льону, руйнуються внаслідок протікання біолого-хімічних процесів. Зокрема, Є.І. Дударев досліджував процеси, які впливають на формування якості льонотрести під час її вилежування на льонищі. Автором виконано порівняльні дослідження вилежування свіжозібраного та підсушеного льону на льонищі. Виявлено, що стебла непідсушеного льону верхнього шару стрічки навіть у дощову погоду підсихають і процес розвитку на них пектинонормалізуючих грибів протікає нормально, на відміну від нижнього шару стебел. У нижньому шарі практично не розвиваються пектиноруйнівні гриби. Така неоднорідність процесів у верхніх і нижніх шарах веде до зменшення якості волокна.

Однією з проблем, як показав аналіз чинних досліджень, отримання трести з високими кваліметричними показниками у Волинській області, є висока вологість стрічки та потреба у її підсушуванні. Це в основному пов'язано з тим, що у кінці періоду вилежування встановлюється режим надлишкового зволоження. За таких умов необхідно швидко підняти тресту. Затримка веде до втрати якості. Прискорити процес вилежування стебел у стрічці можна за умови забезпечення інтенсифікації випаровування вологи. Такого технологічного ефекту можна досягти завдяки застосуванню операції обертання стрічки.

Дослідженнями М.Є. Єгорова та П.К. Кондрашука [9] доведено, що обертання стрічок, у тому числі і товстих, не призводить до стрічкуватості трести. Крім того, цей захід дає можливість скоротити тривалість вилежування на 3-5 днів, разом з тим підвищується якість трести на 0,2-0,4 номери. На якість трести впливає цілий комплекс факторів: характеристики стеблостою льону, погодні умови, технологічні прийоми. Якість визначається вмістом основного корисного елементу – волокнистих речовин. Цей показник був введений в ГОСТ 2175-57 «Треста льняная». З введенням цього оціночного показника треста із вмістом волокна 30% стала оцінюватись вище, ніж треста з вмістом волокна 20%, хоча волокна з обох партій трести могли мати однакові показники якості, якщо визначити їх через номер пряжі, який міг бути отриманий [10].

Треста з вищим вмістом волокнистих речовин ціниться дорожче, як більш «концентрована» сировина. Вона забезпечує економічний ефект, який формується за рахунок зменшення витрат на

збирання, транспортування, збереження і сушіння, якщо рахувати цей показник з розрахунку на одиницю маси волокна.

Враховуючи вищесказане, можна стверджувати, що під час вирішення задачі про вибір технологічних прийомів отримання трести необхідно враховувати ті кваліметричні показники, які визначають цінність волокна: довжина, міцність, колір, гнучкість.

Метою роботи є формалізація процесу формування якісних показників льонотрести.

Виклад основного матеріалу. Побудувати абсолютно адекватну математичну модель процесу збирання льоносировини практично неможливо через велику кількість факторів впливу на протікання процесів функціонування елементів системи та їхній імовірнісний характер. Математична модель повинна описати формалізований процес функціонування системи, тобто охопити лише основні характерні закономірності. З метою формалізації і побудови математичної моделі для процесу проведемо його декомпозицію на окремі елементи – технологічні операції. У результаті структурної декомпозиції виділено чотири структурні елементи. Причому перший та другий містять в своєму складі декілька технологічних операцій. Функціонування кожного елементу охарактеризовано:

1. Переліком вхідних параметрів. Вхідними параметрами є: виробничі умови (ВУ), агротехнічні вимоги (АТВ) та технологічні прийоми (ТП).

2. Вихідними параметрами. Як бачимо з рис. 1, для першого декомпозиційного блоку вихідними параметрами є: врожайність соломки $B_c, m/га$ (врожайність насіння не враховуємо у даній роботі); тривалість виробничих операцій $T_{П1}$, дні; сорто-номер соломки, N_c .

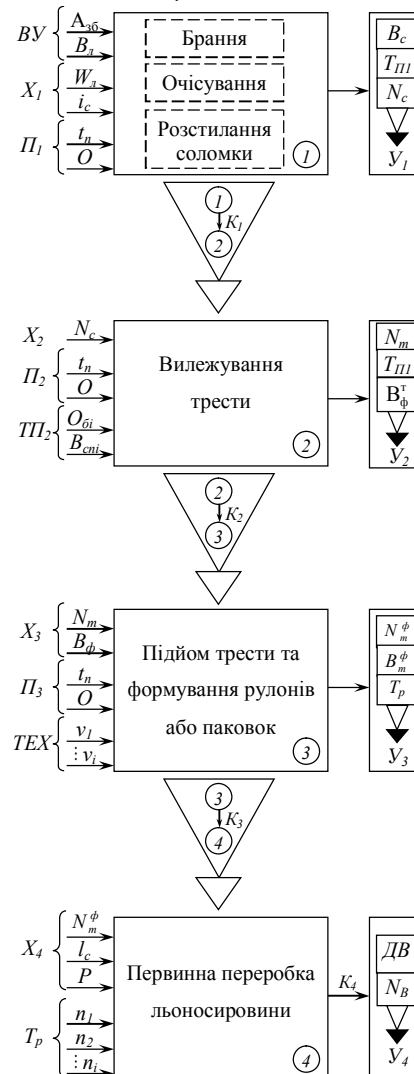


Рис. 1. Схема моделі формування кваліметричних характеристик льоносировини

Відповідно, другий блок, який відображає технологічну операцію вилежування, характеризується наступними вихідними параметрами: тривалість вилежування T_{Π_2} , дні; сорто-номер трести, N_m та її фактична врожайність.

Третій декомпозиційний блок – формування рулонів можна оцінити наступними вихідними параметрами: сорто-номер трести N_{mp}^{ϕ} і фактична її врожайність B_m^{ϕ} , $m/га$; тривалість технологічної операції T_p , дні.

Заключним декомпозиційним блоком є блок – «Первинна переробка». Вихідними параметрами функціонування даного блоку приймаємо: вихід довгого волокна $ДВ$, %; номер волокна N_B . Як було зазначено вище, на кваліметричні показники технологічної операції – формування рулонів, а також на вихід довгого волокна впливають наступні показники: розтягнутість стебел у стрічках l_c , розтягнутість рулону l_p , паралельність стебел Π_c у стрічці. Тому дані показники також необхідно врахувати в процесі створення інформаційної моделі формування кваліметричних показників льоносировини (рис. 1).

Функціонування блоків визначається скалярним вектором моделі. Так, перший декомпозиційний блок оцінимо вектором $Z_1 = \{B U X_1 \Pi_1\}$, тобто перший блок – це результат перетворень трьох вхідних векторів: $B U$ – виробничі умови; X_1 – вектор, який характеризує стан льону і залежить від W_n , % тобто вологості стеблостою у період збирання та його густоти i_c , $шт/м^2$, тобто $X_1 = \{i_c W_n\}$; Π_1 – вектор, який характеризує природно-кліматичні умови під час проведення збиральних робіт: $\Pi_1 = \{t_n O\}$, де t_n , $^{\circ}C$ – температура повітря; O , $мм$ – середня кількість опадів у період збирання. Скалярний вектор Z_1 визначає величину ефективності технологічного процесу збирання, яка визначається вектором $Y_1 = \{B_c T_{\Pi_1} N_c\}$.

Для другого декомпозиційного блоку (рис. 1) вхідними параметрами є вихідний номер соломки N_c та погодно-кліматичні умови $\Pi_2 = \{t_{\Pi} O\}$. Вилежування трести відбувається із застосуванням певних агротехнічних прийомів, а саме: обертання $O_{\phi i}$, яке виконують залежно від рекомендованої технології два або три рази та розпушування B_{cni} . Враховуючи це, вектор, що характеризує агроприйоми $\Pi\Pi_2 = \{O_{\phi i} B_{cni}\}$. Тоді $Z_2 = \{X_2 \Pi_2 \Pi\Pi_2\}$. Скалярний вихід цього блоку Y_2 , відповідно, запишеться $Y_2 = \{N_{mp} B_{\phi}^m T_{\Pi_2}\}$.

Стан льоносировини після вилежування є вихідним параметром для початку функціонування третього декомпозиційного блоку моделі. Він визначається: номером трести N_m , її фактичною врожайністю B_{ϕ} . Крім того, врахуємо умови протікання процесу вектором Π_3 . Здійснити підйом льотрести та сформувати її для транспортування можна із застосуванням різних технологій. Врахуємо це введенням вектора впливу $TEX = \{V_1 V_2 \dots V_n\}$, де V_i – варіант машин, які потрібно застосовувати для здійснення підйому та пакування трести залежно від обраної технології.

Скалярний вектор третього блоку моделі набуде вигляду: $Z_3 = \{X_3 \Pi_3 TEX\}$, а ефективність функціонування блоку, відповідно, оціниться вектором $Y_3 = \{N_m^{\phi} B_{mp}^{\phi} T_p\}$.

Розглянемо заключний (четвертий) блок моделі. Вхідними параметрами є: сорто-номер трести N_m^{ϕ} , розтягнутість стрічки l_c , перекіс стебел у стрічці P , %. На функціонування даного блоку впливає технологія переробки T_p . Маємо $Z_4 = \{X_4 T_p\}$ – скалярний вектор четвертого блоку моделі. Відповідно, ефективність функціонування даного блоку можна оцінити вектором $Y_4 = \{ДВ N_B\}$.

Як бачимо, вибір технічних засобів для здійснення технологій виробництва льону-довгунця з урахуванням можливості формування технологічних процесів, адаптованих до певних погодних

умов є складним процесом, який описується за допомогою моделі, поданої на рис. 1. Дана модель розкриває процес функціонування багатопараметричної технічної системи, яка характеризується вихідним трьохмірним вектором:

$$Y_4 = \{Y_1 Y_2 Y_3\},$$

який дає комплексну оцінку процесу.

Модель, подана на рис. 1, є інформаційною. Системний аналіз процесу передбачає його математичний опис. Згідно з системною методологією для формування математичної моделі, процес необхідно формалізувати, тобто деталізувати вхідні вектори, вектори перетворень та розкрити параметри, які визначають залежність змін характеристик одного елементу від зміни іншого.

Процес формалізації потребує окреслення мети, яку потрібно досягнути в ході реалізації моделі.

У нашому випадку мету, реалізація якої повинна бути закладена у математичну модель, можна сформулювати наступним чином: забезпечити максимально можливий вихід довгого волокна за рахунок обґрунтування технології збирання льону-довгунця, адаптованої до конкретних природно-кліматичних умов із обґрунтуванням оптимального переліку технічних засобів для її здійснення.

Відповідно до сформованої мети у загальному вигляді процес збирання льону-довгунця можна описати математичною моделлю:

$$\begin{aligned} Z_1(t) \xrightarrow{K_1} Z_2(t) \xrightarrow{K_2} Z_3(t) \xrightarrow{K_3} Z_4(t) \\ U_1 \downarrow Y_1(t) \quad U_2 \downarrow Y_2(t) \quad U_3 \downarrow Y_3(t) \quad U_4 \downarrow Y_4(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Як бачимо з рівняння (1), система переходить із стану в стан за певний проміжок часу t . У ході відтворення окремих елементів процесу (рис. 1) відбувається зміна стану льоносировини. Ефективність цих змін оцінена вектором $Y_i(t)$, а відбуваються зміни під впливом технологічних операцій (U_j) . У формулі (1) U_j – це вектор управління на відповідних етапах процесами формування кваліметричних характеристик льоносировини, які визначають проміжні (U_1, U_2, U_3) та кінцевий (U_4) стани врожаю.

Технологічні процеси протікають, як бачимо з рис. 1, за певних умов (температура t повітря, вологість W , кількість опадів O). На протікання технологічних процесів також впливають характеристики стеблостою: середня довжина стебел L_c , мм та урожайність. Вектор умов протікання процесів позначено a_i і він містить множину вище названих умов. Тобто $a_i(B_i, L_i, O_i, W_i, t_i)$.

У процесі перетворення льоносировини з одного стану Z_i в наступний Z_{i+1} відбуваються втрати кваліметричних характеристик. Вектор втрат позначено K_i .

Для визначення кваліметричних характеристик, які можуть бути отримані за допомогою моделі (1), потрібно додатково сформулювати модель, яка розкриє процес їх зменшення під час переходів льоносировини з попереднього стану в наступний.

З метою розробки математичної моделі необхідно окреслити перелік величин, зміна яких обумовлює зміну вихідної характеристики. У якості вихідних величин приймемо:

- вологість повітря – x_1 ;
- вологість сировини – x_2 ;
- кількість повторів опадів у період збирання – x_3 ;
- температура повітря (середня) – x_4 .

Тоді у загальному вигляді математична модель процесу зменшення кваліметричних характеристик запишеться:

$$K = f(x_1, x_2, x_3, x_4). \quad (2)$$

Для деталізації моделі застосуємо регресійний аналіз і запишемо модель у вигляді рівняння регресії:

$$K = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4, \quad (3)$$

де x_1, x_2, x_3, x_4 – кодовані значення факторів;

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{11}, \dots, b_{34}$ – коефіцієнти за відповідних значень x .

Розв'язок даної моделі дасть можливість виявити максимально і мінімально впливові фактори процесу отримання трести.

Висновок. Сформульована математична модель процесу отримання волокна льону-довгунця розкриває вплив зовнішніх факторів на основних етапах перетворення льоносоломки у волокно, починаючи від процесу брання.

Розв'язок даної моделі дасть можливість забезпечити максимально можливий вихід довгого волокна за рахунок обґрунтування технології збирання льону-довгунця, адаптованої до конкретних природно-кліматичних умов із обґрунтуванням оптимального переліку технічних засобів для її здійснення.

1. Дударев Е.И. О расстиле свежесушенного льна // Лен и конопля. – 1959. – №10. – С.29-31.

2. Дударев Е.И., Малыгин Г.П. Особенности вылежки тресты на льнище // Лен и конопля. – 1962. – №8. – С.40-43.

3. Карпец И.П., Лихман В.С. Влияние продолжительности послеуборочной сушки льносоломки в ленте на ее качество // Лен и конопля. – 1986. – №3. – С.35.

4. Карпец И.П., Лихман В.С., Романчик Т.И. Расстил и тепловая мочка льна // Лен и конопля. – 1975. – №10. – С.33-35.

5. Карпец И.П. О сроках уборки и некоторых особенностях послеуборочной сушки льна-долгунца. Автореферат дис...канд. с.х наук. – Кострома. 1965. – 24 с.

6. Карпец И.П. Обоснование, разработка и внедрение системы приемов повышения качества льнопродукции в процессе уборки и послеуборочной доработки урожая. Автореферат дис... докт. с.х наук. – М. 1980. – 29 с.

7. Труш М.М., Ковалев М.М., Понажаев В.П., Труш Д.М., Боярченкова М.М. Эффективность уборки льна-долгунца // Лен и конопля. – 1990. – №5. – С.34-36.

8. Ипатов А. М., Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. М.: Легпромбытиздат, 1989. С. 2325

9. Егоров М.Е., Кондрашук П.К. Нужно ли переворачивать тресту на льнище ? // Лен и конопля. – 1962. – № 8. – С.38-39.

10. Поздняков Б.А., Ковалев М.М. Организационно-экономические аспекты технологизации льняного комплекса. – Твер: ГУПТО Тверская областная типография, 2006. – 208 с. – Бібліогр.