УДК 631:358
О.О.Налобіна, М.Г.Грушецька, Д.Е.Селезньов
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧІСУВАННЯ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ

В статті викладені методологічні основи моделювання технологічного процесу очосу стебел льону з використанням граф-моделі.

Ключові слова: *граф-модель, технологічний процес, очіс, ймовірність*

Постановка проблеми. Підхід до аналізу складних технічних систем полягає в обґрунтуванні рівнянь, які описують процес їхнього функціонування. Розв'язок таких рівнянь дає можливість отримати кількісні та якісні показники, які всебічно оцінюють процеси. Такий підхід характеризується великим об'ємом складних аналітичних обчислень.

Останнім часом все більшого поширення набуває моделювання, в тому числі метод, що базується на побудові та аналізі граф-моделей, який дає можливість дослідникам глибоко вивчити закономірності протікання процесів, проаналізувати причини та наслідки виникнення відхилень, характер їхнього впливу на протікання процесів і функціонування технічних систем.

Граф-моделі дають формалізовану уяву про процеси та об'єкти, що в них фігурують у вигляді множини графічних вузлів та зв'язків між ними.

Як показує аналіз виконаних із застосуванням діаграм впливу досліджень, їхніми основними перевагами є:

- наочність;
- декомпозитність процесів і об'єктів;
- зручність для аналізу;
- можливість застосування методів системного аналізу та синтезу.

Аналіз досліджень. Для процесу збирання льону-довгунця важливе значення має операція відокремлення насіннєвих коробочок від стебел. Аналіз відомих технологій показав, що процес відокремлення може здійснюватись наступними способами: очіс, плющення, або їхнє комбінування. Аналізу процесів очісування стебел льону присвячені роботи [1, 2], плющення насіннєвих коробочок [3]. У даних роботах розроблені теоретичні основи протікання процесів, розглянуті питання взаємодії робочих органів із стеблами льону, але авторами не розглядаються задачі прогнозування їхнього стану з плином часу під впливом цього та інших факторів, які найчастіше носять випадковий характер. Проектуючи апарати для відокремлення насіннєвих коробочок доцільно здійснювати прогнозування можливих змін показників надійності технологічного процесу під впливом факторів, які найчастіше носять випадковий характер, з метою виявлення ефективних заходів, спрямованих на покращення якісних і кількісних показників їхнього функціонування. Досягти цього можливо за допомогою системного аналізу об'єктів, що дозволить виявити сукупність ознак впливу, особливості їхньої взаємодії та видозміни.

Питання створення моделей систем розглянуті в роботах Д. Роува [4], Форрестера [5], Бусленко [6] та інших. Автори згаданих робіт стверджують, що для ефективного вирішення складних задач, одним із елементів є побудова і аналіз моделей. Моделі можуть приймати різні форми – математичні, імітаційні, граф-моделі. За допомогою такого підходу до вивчення технічних систем розкриваються глибинні взаємні зв'язки та прослідковуються взаємні впливи елементів системи. Вивчення систем агропромислового виробництва саме з цих позицій обґрунтовується в роботах проф. О.В. Сидорчука [7]. Автором сформовані концептуальні моделі системи машин для льонарства, розроблено науково-методичні засади процесу моделювання агротехнічних систем.

Мета дослідження. Метою даної статті є формування підходів до моделювання технологічного процесу відокремлення насіннєвих коробочок: Результати досліджень. Аграрну систему або агровиробничу систему доцільно розглянути як деяку сукупність взаємопов'язаних елементів. Особливий інтерес являють технологічні системи – сукупність машин (механізмів) і технологій, для відтворення яких вони призначені, а також технологічні зв'язки, завдяки яким забезпечується послідовність виконання технологічних процесів і їх ефективність.

© О.О.Налобіна, М.Г.Грушецька, Д.Е.Селезньов

Розглянемо технологічну аграрну систему рис. 1 елементами якої є очісуючий апарат льонозбирального комбайна і стрічка стебел льону, яка підлягає очосу.

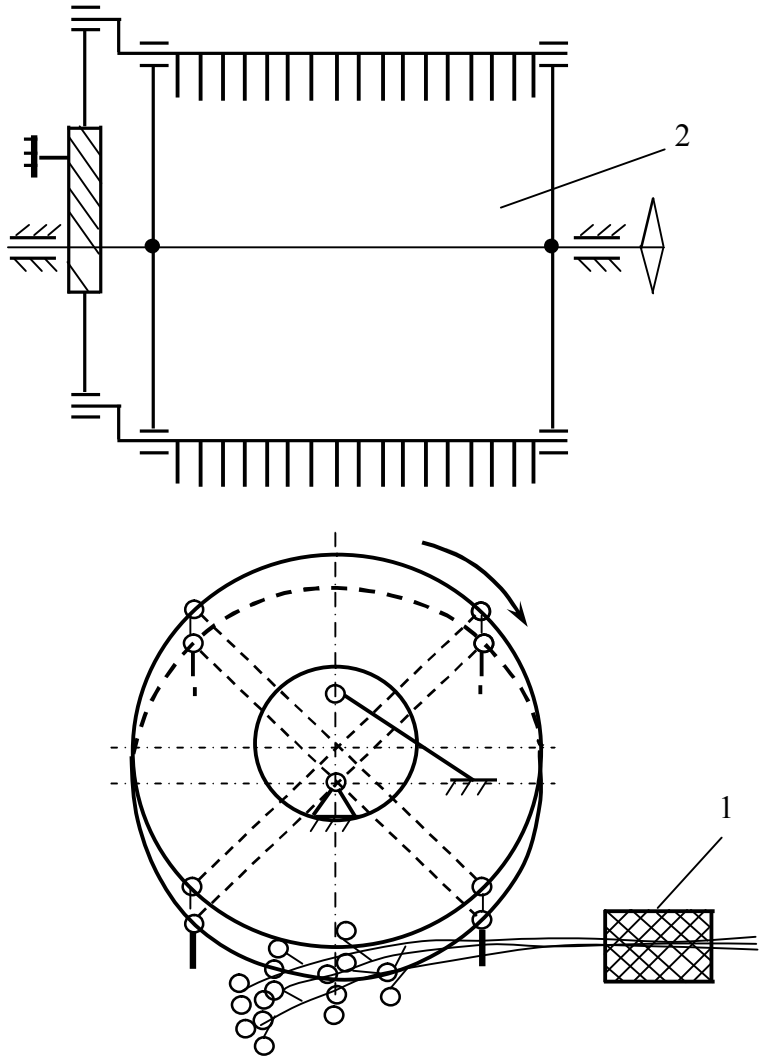

Рис. 1. Пристрій для відділення насіннєвих коробочок від стебел льону
1 – затискний транспортер, 2 – барабан

Систему, подану на рис. 1, будемо рахувати динамічною, через те, що зі зміною фізико-механічних властивостей льону у часі змінюються параметри функціонування очісуючого апарату, кількісні та якісні показники процесу очосу, що в свою чергу веде до змін економічних характеристик процесу.

Крім того технологічний процес очосу стебел льону будемо розглядати як ймовірнісну систему через те, що на її функціонування впливають такі мінливі фактори як вологість стрічки, паралельність стебел у стрічці, перекіс.

З урахуванням вищезазначеного сформулюємо модель. В основу моделі процесу очосу насіннєвих коробочок покладено економіко математичні показники і подано процес у вигляді граф-моделі (рис. 2).

© О.О.Налобіна, М.Г.Грушецька, Д.Е.Селезньов

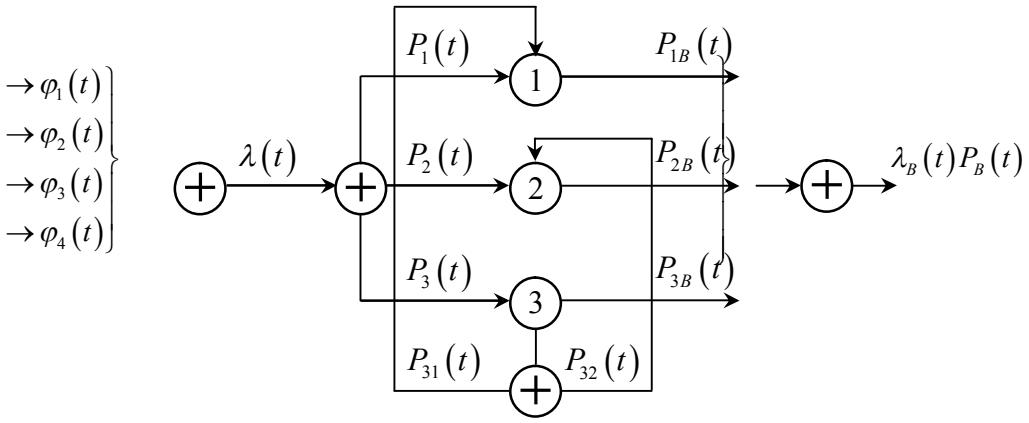

Рис. 2. Граф-модель процесу очосу

В основу побудови граф-моделі покладено найбільш суттєві параметри досліджувального процесу. За вихідну величину прийнято умову виникнення можливих відхилень (збоїв) у його виконанні.

На вхід системи надходять вимоги на виконання процесу $(\lambda(t))$. Величина цього параметру в кожний дискретний проміжок часу буде змінюватись через те, що вхідні величини $\varphi_i(t)$ надходять із різною інтенсивністю.

За вхідні величини приймаємо:

- φ_1 - вологість стебел і коробочок;
- φ_2 - паралельність стебел у стрічці;
- φ_3 - густоту стеблостою льону на полі;
- φ_4 - розтягнутість стрічки льону.

Виникнення відхилень технологічного процесу очосу – випадкова величина, яка на виході з граф-моделі інтерпретується параметром $\lambda_в(t)$. Відхилення виникає внаслідок накладання випадкових факторів.

Ймовірність протікання процесу без відхилень визначиться:

$$\lambda_в(t) = \lambda(t) \cdot Q(t), \tag{1}$$

де $Q(t)$ - кількісна оцінка ймовірності виникнення відхилень.

Для подальшого аналізу приймемо припущення: відхилення одного з вхідних факторів $\varphi_i(t)$ призводить лише до одного виду збою вихідної характеристики процесу.

Крім того, з метою спрощення моделі, рахуємо, що вплив вхідних факторів впливу не приводить до виникнення критичних ситуацій – зупинки машини.

Урахування даних припущень є необхідним для виключення зациклювання потоків інформації в граф-моделі та зменшення числа можливих станів системи.

Враховуючи прийняті припущення, запишемо умови виникнення помилок у роботі очісувального апарата:

© О.О.Налобіна, М.Г.Грушецька, Д.Е.Селезньов

$$\left.\begin{aligned}\lambda_1(t)&=\lambda(t)\cdot P_1(t)\\ \lambda_2(t)&=\lambda(t)\cdot P_2(t)\\ \lambda_3(t)&=\lambda(t)\cdot P_3(t)\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

де $P_i(t)$ - ймовірності граф-моделі (табл. 1), які визначаються при надходженні конкретних вхідних характеристик у дискретний момент часу t.

Таблиця 1

Ймовірності граф-моделі

Назва події, ймовірність якої оцінюється	Символ
Ймовірність недокосу (насіннєві коробочки залишаються на стеблах)	$P_1(t)$
Ймовірність застрівання відірваних насіннєвих коробочок у шарі стебел льону	$P_2(t)$
Ймовірність зламу стебел під впливом зубів очісую чого барабану	$P_3(t)$
Ймовірність переходу $i-$го збою технологічного процесу у критичну ситуацію	$P_B(t)$
Ймовірність виникнення недочосу стрічки стебел льону через злам окремих стеблин у стрічці зубцями очісую чого барабана	$P_{31}(t)$
Ймовірність застосування відірваних насіннєвих коробочок між стеблами стрічки льону через прояви зламу окремих стебел зубцями очісую чого барабана	$P_{32}(t)$

Величина $Q(t)$, яка є характеристикою ймовірності виконання технологічного процесу очосу згідно агротехнічних вимог визначиться:

$$Q(t)=1-P_T(t) \quad (3)$$

Тоді параметр потоку подій (збоїв) можемо визначити за формулою:

$$\lambda_B(t)=\lambda(t)\cdot Q(t) \quad (4)$$

Зауважимо, що визначення параметру $Q(t)$ не передбачає врахування повторів виникнення особливих ситуацій (відхилень), тобто виникнення будь-якого одного вхідного фактору впливу на функціонування системи $\varphi_i(t)$ приводить лише до одного виду відхилень агротехнічних показників процесу очосу.

З урахуванням цих викладок запишемо вирази для параметрів відхилення технологічного процесу внаслідок накладання передумов:

$$\left.\begin{aligned}\lambda_{13}(t)&=\left(\lambda_1(t)+\lambda_3(t)\right)P_{31}(t)\\ \lambda_{23}(t)&=\left(\lambda_2(t)+\lambda_3(t)\right)P_{32}(t)\end{aligned}\right\} \quad (5)$$

де $P_{31}(t)$, $P_{32}(t)$ - ймовірності виникнення недочосу та застрівання обірваних коробочок через виникнення явища зламу стебел.

Слід зауважити, що сума $P_1(t)+P_2(t)+P_3(t)$ не повинна перевищувати одиницю, через те, що кожен із станів $(1, 2, 3)$ поглинає деяку частину вхідних факторів впливу на процес.

Ймовірність виникнення відхилень у протіканні процесу очосу:

$$Q(t)=\frac{\lambda_B(t)}{\lambda(t)} \quad (6)$$

Обрахувавши за допомогою запрограмованої моделі ймовірність, можна оцінити рівень надійності виконання досліджуваного технологічного процесу.

© О.О.Налобіна, М.Г.Грушецька, Д.Е.Селезньов

Функціонування системи повинне забезпечувати також високий техніко-економічний ефект.

На якість протікання процесу очосу стебел льону впливають втрати насіння, яке залишилось у недоочісаних насіннєвих коробочках, зростання розтягнутості стрічки та наявність зламаних стебел. Проведемо оцінку за умовною продуктивністю по виходу насіння економічної ефективності процесу.

Цільова функція продуктивності по виходу насіння залишається:

$$H = B_H \cdot Ц_H + \sum_{i=1}^{n} C_i \cdot Ц_T - \sum_{i=1}^{n} \chi_{ij} \cdot Ц - B, \tag{7}$$

де, B_H - продуктивність очісуючого апарата, ц/га;

$Ц_H$ - ціна на насіння, грн./ц;

C - вихід трести, ц/га;

$Ц_T$ - ціна на тресту, грн./ц;

χ_{ij} - величина втрат продуктивності через виникнення відхилень якісних показників, ц/га;

$Ц$ - ціна одиниці продукції, ц/га;

B - витрати на отримання продукції, грн./ц;

Складова χ_{ij} - змінна величина, тому вираз (7) набуде максимуму за умови:

$$\left.\begin{aligned} \sum \chi_{ij} &\to \min \\ \sum C &\to \max \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

Розв'язок буде існувати, якщо: $\sum \chi_i \cdot C > 0$

Виконання умови (8) приведе до підвищення економічної ефективності виконання технологічного процесу очосу.

Висновки. Системний аналіз процесу очосу і моделювання умов виникнення відхилень його функціонування є базою для подальшого дослідження в ході якого можна:

- аналітично описати закономірності протікання технологічного процесу;
- виконати кількісну оцінку процесу очосу стебел;
- обґрунтувати та оцінити значущість якісних показників процесу;
- виявити вплив окремих параметрів технологічного процесу на ефективність його виконання.

На прикладі системного аналізу процесу очосу доведено, що при вивченні аграрних технічних систем застосування методології, яка базується на загальних принципах і методах вивчення складних об'єктів є доцільною і дозволяє чітко скоординувати та взаємопов'язати дослідження, побудувати їх у чіткій логічній послідовності.

1. Хайлис Г.А. Теория и расчет льноуборочных машин / Г.А. Хайлис // Труды Великолукского сельхоз. ин-та. Вып. XXVI. 1973 – с. 333.
2. Налобіна О.О. Льонозбиральні комбайни (основи теорії розрахунку механізмів та питання експлуатації): монографія / О.О. Налобіна. – Луцьк, 2006 – 208с.
3. Ковалев М.М., Козлов В.П. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет): Монография // М.М. Ковальов, В.П. Козлов. – тверское областное книжно-журн. из-во, 2002. -208с.
4. Rowe A. J., Simulation – A Decision-Aiding Tool / A. Rowe // AIJE International Conference Proceeding. – New York, 1963. – 112 у.
5. Форрестер Д. Основы кибернетики предприятия / Д. Форрестер – изд-во «Прогрес», М., 1971. – 205с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400с.
7. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем: Монографія / О.В. Сидорчук. – К., 2007. – 263с.

© О.О.Налобіна, М.Г.Грушецька, Д.Е.Селезньов