

УДК 631.316

© В.І. Залужний, к.т.н.  
Львівський національний аграрний університет  
Г.А. Хайліс, д.т.н.  
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ КОМБІНОВАНИХ МАШИН**

*В статті розкрито умови забезпечення пропускнуої спроможності комбінованих машин із різним порядком виконання технологічних операцій.*

### **КОМБІНОВАНІ МАШИНИ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАТЕРІАЛ, ПРОДУКЦІЯ.**

**Постановка проблеми.** Машини із різним порядком розміщення робочих органів і, відповідно, із різною послідовністю виконання технологічних операцій, все частіше застосовуються в виробництві, особливо для підготовки ґрунту та збирання продукції. Технологічна надійність виконання робочих процесів безпосередньо пов'язана із пропускнуою спроможністю технічних засобів. У комбінованих машинах порядок виконання технологічних процесів над різними матеріалами може виступати у найрізноманітніших варіантах, що зумовлює необхідність дослідження умов узгодженості пропускнух спроможностей різних робочих органів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглядаючи сільськогосподарські машини як технічні системи, М.М. Хелемендик [1] вважав за доцільне взаємодію між робочими органами враховувати під час моделювання складних машин як сукупності елементів та сукупності зв'язків між структурними елементами. Аналіз функціонально – потокової структури технічних систем О.О. Налобіна [2] розглядає як основу вдосконалення льонозбиральної техніки. О.В. Сидорчуком [3] розкрито чинники, які сукупною дією зумовлюють ризики формування неоднорідного технологічного матеріалу.

Багатьма дослідниками вивчено умови стабільності функціонування окремих робочих органів, однак проблеми сукупної надійності виконання технологічного процесу комбінованими машинами, як складними технічними системами, висвітлено не повністю.

**Мета дослідження** – розкриття умов забезпечення пропускнуої спроможності комбінованих машин.

**Результати дослідження.** Умова забезпечення надійності виконання технологічного процесу будь-якою машиною полягає в тому, щоб пропускна спроможність робочого органу, який виконує яку-небудь  $i$ -ту операцію в машині, була меншою або дорівнювала пропускній спроможності робочого органу, що виконує наступну операцію  $i+1$ :

$$Q = Q_1 \leq Q_2 \leq Q_i \leq Q_{i+1} \leq Q_{i+2} \leq \dots \leq Q_n, \quad (1)$$

де  $Q$  – пропускна спроможність машини;  $Q_i$  – пропускна спроможність  $i$  – го робочого органу; індекси 1 і 2 – номери першої і другої операцій;  $i$  – номер  $i$ -ої операції (номер робочого органу);  $n$  – число операцій (робочих органів) в машині.

Схема послідовного виконання технологічного процесу комбінованою машиною (перетворення технологічного матеріалу ТМ в продукцію Пр) із відповідною пропускною спроможністю робочих органів показана на рис. 1.

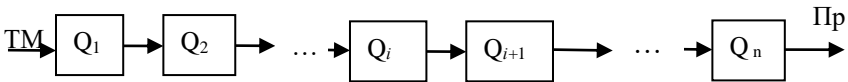


Рис. 1 – Схема роботи комбінованої машини із послідовним проведенням операцій

Зважаючи на необхідність встановлення величини зростання пропускної спроможності наступного робочого органу у порівнянні з попереднім, введемо відповідний коефіцієнт  $\xi$  та індексом вкажемо, якого робочого органу він стосується. Наприклад,  $\xi_{1-2}$  буде коефіцієнтом, що стосується другого робочого органу, до якого переходить технологічний матеріал від першого. Тоді, за аналогією, для інших робочих органів пропускну спроможність визначаємо за формулами:

$$\left. \begin{aligned} Q_3 &= Q_2 \xi_{2-3}, \\ \dots & \dots \dots \dots \\ Q_i &= Q_{i-1} \xi_{i-1}, \\ Q_{i+1} &= Q_i \xi_{i-(i+1)}, \\ \dots & \dots \dots \dots \\ Q_n &= Q_{n-1} \xi_{(n-1)-n}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Коефіцієнт  $\xi_{1-2}$  може бути прийнятий рівним 1,1 – 1,2.

Якщо коефіцієнти зростання пропускної спроможності прийняти рівними, то на підставі формул (1) і (2) можемо встановити співвідношення між пропускною спроможністю першого робочого органу і пропускними спроможностями подальших робочих органів в комбінованій машині з послідовним розташуванням робочих органів, що дозволяє забезпечити роботу машини без забивок технологічним матеріалом.

$$\left. \begin{aligned} Q_2 &= Q_1 \xi, \\ Q_3 &= Q_1 \xi^2, \\ &\dots\dots\dots \\ Q_i &= Q_1 \xi^{i-1}, \\ &\dots\dots\dots \\ Q_n &= Q_1 \xi^{n-1}, \\ Q_{i+1} &= Q_1 \xi^i. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Проте, можливі випадки іншої послідовності виконання технологічних операцій у комбінованій машині. На рис. 2, 3 і 4 представлені схеми машин із паралельним і варіантами змішаного проведення операцій.

За паралельного розміщення робочих органів (рис. 2, а), їх пропускні спроможності практично не залежать одна від іншої, а залежать від конструктивного виконання цих робочих органів.

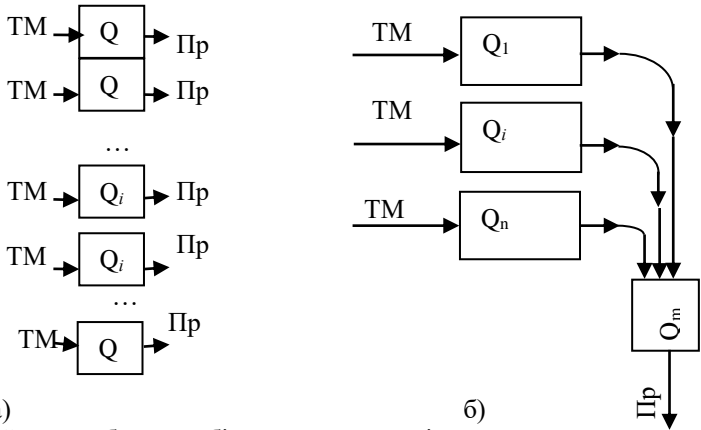


Рис. 2 – Схема роботи комбінованої машини із паралельним (а) та паралельно-сумарним (б) проведенням операцій

У такому випадку пропускна спроможність машини буде визначатись сумою пропускних спроможностей всіх робочих органів:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i . \quad (4)$$

У комбінованій машині можлива наявність декількох паралельно розміщених робочих органів, які проводять паралельні операції, і одного робочого органу, що виконує операцію з'єднання потоків матеріалу та їх транспортування до виходу з машини (рис. 2, б). За такою схемою працює льонобральна машина з поздовжніми бральними апаратами і поперечним транспортером. У даному випадку пропускні спроможності  $Q_1, Q_2, \dots, Q_i, Q_{i+1}, \dots, Q_n$  не впливають одна на іншу, а пропускна спроможність  $Q_m$  робочого органу, що виконує кінцеву операцію  $m$ , повинна бути більшою від суми пропускних спроможностей паралельних робочих органів, що виконують попередні операції. З урахуванням викладеного маємо:

$$\sum_{i=1}^n Q_i \leq Q_m . \quad (5)$$

Якщо також, як у попередньому випадку, прийняти, що  $Q_m$  повинна бути рівна сумі пропускних спроможностей паралельних робочих органів, помноженій на коефіцієнт  $\xi$  зростання пропускної спроможності робочого органу, що виконує операцію  $m$ , то отримаємо:

$$Q_m = \xi \sum_{i=1}^n Q_i . \quad (6)$$

Найскладнішим випадком є комбінована машина із змішаним розміщенням робочих органів і змішаним проведенням операцій (рис. 3). На схемі зображено, що під час операції 2 потік матеріалу розділяється на дві частини. Одна частина йде на операцію 3а, а інша частина йде на операцію 3б. Аналогічно розділяються потоки матеріалу під час операції 3а і 4б. Із схеми видно, що, якби не було операцій 3а, 4а і 4в, то на схемі був би ряд послідовних операцій. Аналогічно, якби були тільки операції 4а і 4б, то це були б паралельні операції.

З певним наближенням можна вважати, що за схемою, представленою на рис. 3, працює зернозбиральний комбайн. Так, робочим органом 1 для нього будуть ріжучий апарат і мотило, робочим органом 2 буде молотильний апарат, робочим органом 3а

буде соломотряс, органом 3б буде транспортна дошка, орган 4а є соломонабивач, органом 4б будуть решета очищення, а органом 4в є шнек і транспортер зерна.

Показані на схемі символи  $Q_1, Q_2, Q_{3,a}, Q_{3,b}, Q_{4,a}, Q_{4,b}, Q_{4,v}$  є масою або об'ємом матеріалу, що проходить в одиницю часу через щілини робочих органів, а  $\Delta Q_3$  та  $\Delta Q_4$  – маса (об'єм) відповідно сепарованого матеріалу. У випадку роботи комбайна: продукція а – це соломка, продукція б – це легкі і дрібні домішки (полова), а продукція в – це зерно.

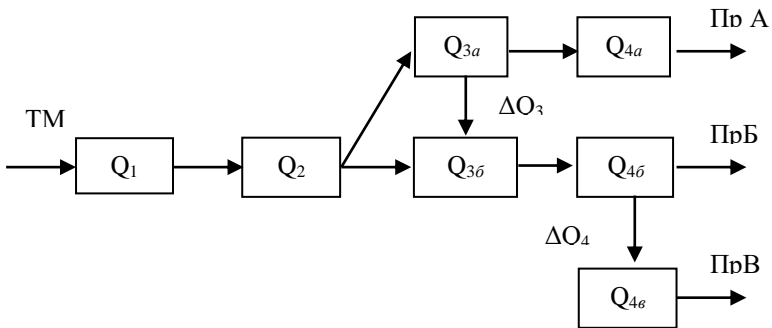


Рис. 3 – Зображення змішаних операцій, які виконуються в комбінованій машині з метою одержання трьох видів продукції

Розрахунки пропускних спроможностей робочих органів за наявності змішаних операцій складніші, ніж приведені вище. Проте, очевидно, що в даній схемі (рис. 4),  $Q_2$  повинно визначатися аналогічно, як в формулі (2). Для пропускних спроможностей робочих органів 3, а і 3, б буде справедливим наступне співвідношення:

$$Q_{3,a} + Q_{3,b} = Q_2 \xi_{2-3}, \quad (7)$$

де  $\xi_{2-3}$  – коефіцієнт зростання пропускних спроможностей робочих органів 3, а і 3, б порівняно з пропускною спроможністю робочого органу 2.

Для визначення  $Q_{3,a}$  і  $Q_{3,b}$  необхідно знати співвідношення між фракціями розподілу матеріалу або потоку  $Q_2$  матеріалу. Це

співвідношення знаходиться на підставі аналізу матеріалу на процентний вміст в ньому тієї або іншої фракції. Хай, за наслідками такого аналізу, встановлено, що

$$Q_{3,a} = K_1 \xi_{2-3} Q_2, \quad (8)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який визначений експериментально і показує, яка частка потоку  $Q_2$  припадає на потік  $Q_{3,a}$ . З іншої сторони

$$Q_{3,b} = (1 - K_1) \xi_{2-3} Q_2 + \Delta Q_3. \quad (9)$$

Розподіл матеріалу на робочому органі  $Q_{3,a}$  також визначаємо експериментально:

$$\Delta Q_3 = K_2 Q_{3,a}, \quad (10)$$

де  $K_2$  – експериментальний коефіцієнт, що показує частку потоку  $Q_{3,a}$ , яка припадає на потік  $\Delta Q_3$ .

Розв'язуючи спільно рівняння (7) – (10), знаходимо  $Q_{3,b}$ .

$$Q_{3,b} = (1 - K_1 + K_1 K_2) \xi_{2-3} Q_2. \quad (11)$$

Такі шляхи визначення потоків  $\Delta Q_3$ ,  $Q_{3,a}$  і  $Q_{3,b}$ .

Потік  $Q_{4,a}$  або продукція А, відповідно до неодноразово викладених вище даних, повинна бути більшою від відповідної частини потоку  $Q_{3,a}$  на  $\xi_{3,a-4,a}$ .

$$Q_{4,a} = (1 - K_2) \xi_{3,a-4,a} Q_{3,a}. \quad (12)$$

Матеріал, що виходить з робочого органу 3,  $\bar{b}$ , поступає до органу 4,  $\bar{b}$ . Частина потоку  $Q_{4,\bar{b}}$  виходить з машини (продукція Б), а фракція  $\Delta Q_4$  входить до органу 4,  $\bar{e}$  і виходить з нього у вигляді продукції В. Тому

$$Q_{4,\bar{a}} = \xi_{3,\bar{b}-4,\bar{b}} Q_{3,\bar{b}}, \quad (13)$$

де  $\xi_{3,\bar{b}-4,\bar{b}}$  – коефіцієнт зростання пропускної спроможності робочого органу 4,  $\bar{b}$  порівняно з пропускною спроможністю органу 3,  $\bar{b}$ . І, відповідно,

$$Q_{4,\bar{e}} = K_3 \xi_{4,\bar{b}-4,\bar{e}} Q_{4,\bar{b}}, \quad (14)$$

де  $K_3$  – дослідний коефіцієнт, що показує, яка частка потоку  $Q_{4,\bar{b}}$  припадає на потік  $\Delta Q_4$ .

Розглянемо ще схему комбінованої машини із змінними операціями, представлену на рис. 4. На цій схемі операції 1, 2 і 3 розміщені послідовно, в робочому органі 3 потік матеріалу розділяється на дві частини, які поступають до робочих органів 4а і 4б, з яких виходять продукції А і В.

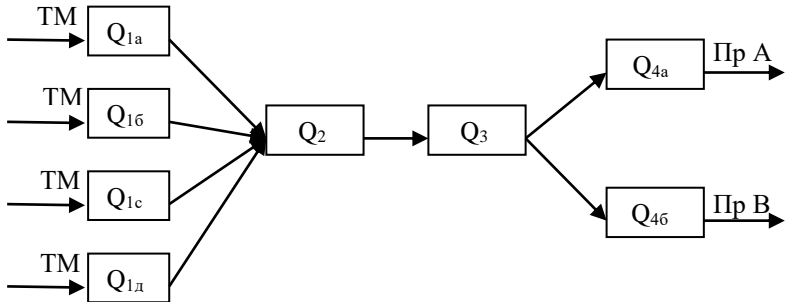


Рис. 4 – Зображення змішаних операцій, які виконуються в комбінованій машині з метою одержання двох видів продукції

За такою схемою працюють льонозбиральні комбайни ЛК-4Т і ЛК-4А. У цих машинах робочий орган 1 – це бральний апарат, орган 2 – поперечний транспортер, орган 3 – затискний транспортер і обчислюючий барабан, орган 4,а – розстиляльний пристрій, а робочий орган 4,б – є транспортером льоновороху. Продукція А – це стеблова стрічка, а продукція В – льоноворох, який поступає в причіп.

Для розрахунку пропускних спроможностей робочих органів такої машини застосовуються наведені вище залежності, тому  $Q_2$  і  $Q_3$  визначаються відповідно за розрахунковими формулами (6) і (2). Так як у зоні четвертого робочого органу потік матеріалу ділиться на дві частини, то величину розподілу цих частин можна врахувати експериментальним коефіцієнтом  $K_4$ . Тоді, за аналогією

$$Q_{4,a} = K_4 \xi_{3-4,a} Q_3 = Q_1 K_4 \xi_{1-2} \xi_{2-3} \xi_{3-4,a} = Q_1 K_4 \xi^3$$

$$Q_{4,b} = (1 - K_4) \xi_{3,b-4,b} Q_{3,b} = Q_1 (1 - K_4) \xi_{1-2} \xi_{2-3} \xi_{3,b-4,b} =$$

$$= Q_1 (1 - K_4) \xi^3.$$

**Висновок.** Наведена методика визначення пропускних спроможностей робочих органів комбінованих сільськогосподарських машин за різних умов їх компонування, надає можливість забезпечити

технологічну надійність різних технічних систем на стадіях їх проектування та експлуатації.

#### Література

1. Хелемендик М.М., Люлька Г.І., Хелемендик І.М. Теорія технічних систем АПК: Навчальний посібник. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. – 196 с.
2. О.О. Налобіна. Удосконалення технічних систем – основа модернізації льонозбиральних машин / Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012. Стор 639 – 644.
3. Сидорчук О.В. Інженерія машинних систем: Монографія. – К. ННЦ "ІМЕСГ" УААН, 2007. – 263 с.

УДК 629.436

© О.В. Захарчук

Луцький національний технічний університет

### **ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ УСТАЛЕНОГО РУХУ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З ГАЗОВИМ ДВИГУНОМ**

*Наведено результати теоретичних досліджень показників колісного трактора з газовим двигуном в одному з характерних режимів транспортного процесу – руху з усталеною швидкістю.*

#### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, КОЛІСНИЙ ТРАКТОР, ГАЗОВИЙ ДВИГУН, ЇЗДОВИЙ ЦИКЛ, ПАРАМЕТРИ КЕРУВАННЯ**

**Постановка проблеми.** Інтенсивне зростання ціни на дизельне паливо за останні роки і пов'язане з цим збільшення частки витрат на традиційне паливо в собівартості сільськогосподарської продукції зумовили актуальність розробок по використанню альтернативних видів палива. Крім того, сьогодні стоїть проблема зниження викидів шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами (ВГ) транспортних дизелів. Одним з ефективних шляхів зниження токсичності дизелів є застосування стиснутого природного газу (СПГ).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Як показали попередні наукові дослідження [1, 2], одним із ефективних способів поліпшення екологічних показників колісних тракторів з дизелями є їх переобладнання для роботи на СПГ, в тому числі з можливістю роботи