

УДК 631.171.075.3

АНАЛІТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ РОБОТОЗДАТНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН З РЕЗЕРВУВАННЯМ

Болтянська Н.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38 (0619) 42-31-29

Анотація – у статті представлено результати щодо опису математичної моделі функціонування технологічних ліній сільськогосподарських машин агропромислового комплексу з резервуванням.

Ключові слова – модель, резервування, роботоздатний стан, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми. Характеризувати сучасний світовий ринок сільськогосподарських машин необхідно через опис широкої гами типорозмірних рядів машин, що дозволяє задовольнити попит усіх типів споживачів. Однак підприємства галузі сільськогосподарського машинобудування України характеризуються предметною спеціалізацією виробництва з жорсткими технологічними лініями, які не дозволяють швидко і з малими витратами переходити на нові прогресивні моделі сільськогосподарських машин [1].

Технології і обладнання підприємств сільськогосподарського машинобудування України морально застаріли, а їх фізичне зношення обладнання досягає 40-90% [2]. Виробничі потужності розраховані на великі обсяги виробництва, а попит на ринку суттєво зменшився [3]. Застарілі технології і обладнання та низька якість конструкційних матеріалів, що застосовуються, не дозволяють виготовляти конкурентоздатні сільськогосподарські машини [4]. Отже, рівень технічного обслуговування таких машин повинен бути достатньо високим на всіх стадіях використання, але усунення відмов і пов'язані з цим простой наносять значні матеріальні збитки підприємствам [5]. Через це український ринок сільськогосподарських машин агресивно освоюють російські, західноєвропейські та американські фірми [6].

Проте ставка на імпорتنі сільськогосподарські машини є недоцільною з державної, економічної та соціальної позицій оскільки призведе до втрати виробничого та науково-технічного потенціалу, масового безробіття, залежності України від імпорту, а відтак до значного зменшення надходжень до державного бюджету.

Аналіз останніх досліджень. В системах підтримання роботозданого стану сільськогосподарських машин через технічне обслуговування за технічним станом, що використовують на деяких підприємствах АПК реалізують гнучкий облік міжремонтного ресурсу машин [7, 8], однак за цим положень відсутній інструментарій парирування відмов машин, які виникають безпосередньо в процесі виробництва продукції сільського господарства в режимі реального часу [9]. Застосування традиційних методів і підходів збільшення безвідмовності сільськогосподарських машин, пов'язаних з його резервуванням [10], призводять до збільшення маси конструкції, а також сприяють підвищенню енергетичних і вартісних показників виробництва продукції сільського господарства, що зменшує його конкурентоспроможність на сучасному аграрному ринку. Отже, за сформованих умов проектування, виробництва й експлуатації сільськогосподарських машин виникає необхідність у розробці аналітичних положень, які збільшують тривалість роботоздатного стану машин із використанням сучасних досягнень в області відмовостійких систем управління, а саме дозволяти зберігати його повну або часткову працездатність у випадку відмови елементів під час виробництва продукції сільського господарства у режимі реального часу.

Формулювання цілей статті. Розкрити аналітичні положення щодо опису математичної моделі роботоздатного стану технологічних ліній машин агропромислового комплексу.

Основна частина. Розглянемо просту фізичну модель функціонування технологічної лінії сільськогосподарських машин з резервуванням (рис.1), де перший блок формалізує всю сукупність машин і обладнання агропромислового комплексу до третього блоку споживача з другим опосередковано включеним блоком бункера-накопичувача.

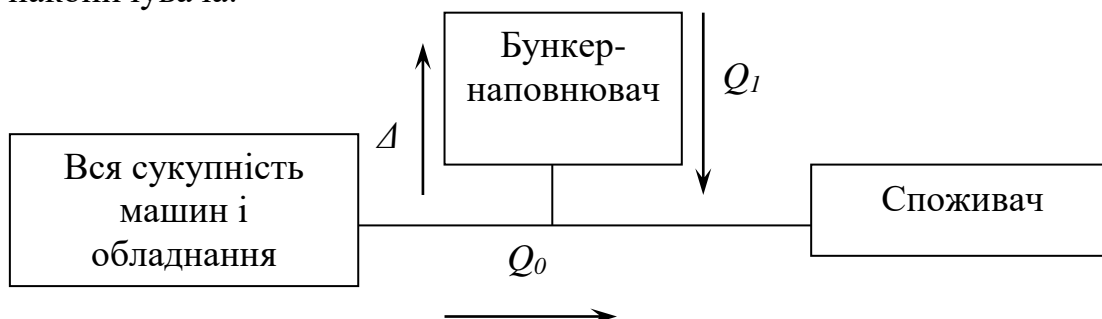


Рис.1. Фізична модель технологічної лінії функціонування сільськогосподарських машин з резервуванням.

Модель "вся сукупність машин і обладнання – бункер-накопичувач – споживач" функціонує за наступних можливих стадій:

Стадія 1 – якщо вся сукупність машин і обладнання перебуває в роботоздатному стані і бункер-накопичувач заповнений, тоді "вся сукупність машин і обладнання" з продуктивністю Q_0 надає продукцію до споживача;

Стадія 2 – якщо блок "вся сукупність машин і обладнання" перебуває в нероботоздатному стані, "бункер-накопичувач" наповнений, то він з продуктивністю Q_1 надає продукцію до споживача;

Стадія 3 – якщо блок "вся сукупність машин і обладнання" в нероботоздатному стані і "бункер-наповнювач" порожній, тоді продукція до споживача не надходить;

Стадія 4 – після відновлення роботоздатного стану блок "вся сукупність машин і обладнання" функціонує з продуктивністю $(Q_0 + \Delta)$, продукція з продуктивністю Q_0 надходить до споживача і з продуктивністю Δ заповнює бункер-накопичувач;

Стадія 5 – після заповнення бункера-накопичувача блок "вся сукупність машин і обладнання" функціонує за стадією 1

Прийmemo позначення $Q(t)$ продуктивність надходження продукції до споживача в момент часу t . Згідно прийнятої фізичної моделі (рис.1) процес її функціонування описується сукупністю станів за виразом (1):

$$Q(t) \left\{ \begin{array}{l} Q_0, \text{ в момент часу } t \text{ блок "вся сукупність машин і} \\ \text{обладнання" перебуває в роботоздатному стані;} \\ Q_1, \text{ в момент часу } t \text{ блок "вся сукупність машин і} \\ \text{обладнання" відновлює роботоздатний стан,} \\ \text{бункер - накопичувач заповнений} \\ 0, \text{ в момент часу } t \text{ блок "вся сукупність машин і} \\ \text{обладнання" відновлює роботоздатний стан,} \\ \text{а бункер - накопичувач порожній.} \end{array} \right. \quad (1)$$

Математичне очікування продуктивності фізичної моделі за період часу $t \in (0; T)$ $\bar{Q}(t)$ визначаємо за виразом (2):

$$\bar{Q}(t) = \frac{1}{T} \cdot \int_0^t Q(t) dt. \quad (2)$$

Визначимо математичне очікування стаціонарної продуктивності фізичної моделі \bar{Q}_c за виразом (3):

$$\bar{Q}_c = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T Q(t) dt. \quad (3)$$

Аналітичні викладки виконаємо за наступних передумов:

- час безвідмовної роботи (після чергового відновлення робото здатного стану) блоку “вся сукупність машин і обладнання” описується законом експоненціального розподілу випадкової величини за параметром $\lambda > 0$;

- час відновлення робото здатного стану блоку “вся сукупність машин і обладнання” (після чергової втрати робото здатного стану) описується законом експоненціального розподілу випадкової величини за параметром $\mu > 0$;

- об’єм бункера-накопичувач є гранично обмеженим і визначеним за V .

Опишемо випадковий процес фізичної моделі (рис.1) виразом (4):

$$z(t) = \{\alpha(t), V(t)\}, \quad (4)$$

де $V(t)$ – об’єм бункера-накопичувача в момент часу t ;

$$\alpha(t) \begin{cases} 2, \text{ в момент часу } t \text{ блок "вся сукупність машин і обладнання"} \\ \text{перебуває в робото здатному стані і бункер не повний;} \\ 1, \text{ в момент часу } t \text{ блок "вся сукупність машин і обладнання"} \\ \text{перебуває в робото здатному стані, бункер - накопичувач} \\ \text{заповнений} \\ 0, \text{ в момент часу } t \text{ блок "вся сукупність машин і обладнання"} \\ \text{відновлює робото здатний стан, а бункер - накопичувач} \\ \text{порожній.} \end{cases}$$

За наявних обмежень (4) $z(t)$ можна вважати як Марковський процес з фазовим простором $z(t) = \{0\} \times [0, V] \cup \{2\} \times [0, V] \cup \{1, V\}$ інфінізимальний оператор L_f якого має вид (5):

$$L_f(k, V) = \begin{cases} -Q_1 \frac{\partial}{\partial V} f(0, V) - \mu f(0, V) + \mu f(2, V) \\ \text{якщо } k = 0, \quad V \in (0, V) \\ -\mu f(0, 0) + \mu f(2, 0) \\ \Delta \frac{\partial}{\partial V} f(2, V) + \mu f(0, V) - \lambda f(2, V) \\ \text{якщо } k = 2, \quad V \in (0, V) \\ -\lambda f(1, V) + \lambda f(0, V) \end{cases} \quad (5)$$

Визначимо на фазовому просторі функцію $C(t)$ наступною рівністю:

$$C(t) = \begin{cases} Q_1, & \text{якщо } f = \{0, V\} \quad V \in [0, V] \\ Q_0, & \text{якщо } f = \{1, V\} \quad V \in [0, V] \\ Q_0, & \text{якщо } f = \{2, V\} \quad V \in [0, V] \\ 0, & \text{якщо } f = \{0, 0\} \quad z \in \{0\} \times \{0, V\} \end{cases} \quad (6)$$

Тоді згідно визначенню продуктивності в момент часу t отримаємо вираз (7):

$$\bar{Q}_c(t) = C(z(t)), \quad (7)$$

за яким

$$\bar{Q}_c(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T C(z(t)) dt. \quad (8)$$

Процес $z(t)$ є ергодичним. Позначимо через ρ його ергодичний розподіл. Нижче аналітично викладемо положення, що такий ергодичний розподіл процесу має атоми в точках $\{1, V\}$ і $\{0, 0\}$ з абсолютно неперервністю на іншій частині фазового простору.

Отже,

$$\bar{Q}_c(t) = \int_z C(z) \rho(dz) = Q_1 \int_{0+}^V \rho(0, V) dV + Q_0 \rho\{1, V\} + Q_0 \int_0^V \rho(2, V) dV \quad (9)$$

Тоді отримаємо:

$$\begin{aligned} \bar{Q}_c(t) &= Q_1 V \frac{\mu \cdot \lambda \cdot \Delta}{Q_1 \Delta (\mu + \lambda) + \mu \lambda (Q_1 + \Delta) V} + Q_0 \frac{\mu \cdot \Delta \cdot Q_1}{Q_1 \Delta (\mu + \lambda) + \mu \lambda (Q_1 + \Delta) V} + \\ &+ Q_0 V \frac{\mu \cdot \lambda \cdot Q_1}{Q_1 \Delta (\mu + \lambda) + \mu \lambda (Q_1 + \Delta) V} = \\ &= \frac{\mu \cdot \lambda \cdot Q_1 \cdot \Delta \cdot V + \mu \cdot Q_0 \cdot Q_1 \cdot \Delta + \mu \cdot \lambda \cdot Q_1 \cdot Q_0 \cdot \Delta \cdot V}{Q_1 \Delta (\mu + \lambda) + \mu \lambda (Q_1 + \Delta) V} \end{aligned}$$

Як частковий випадок, коли $Q_0 = Q_1 = \Delta = 1$, $\mu = \alpha$ маємо

$$\bar{Q}_c(t) = \frac{1}{2} + \frac{\mu V}{2(1 + \mu V)} \quad \text{або} \quad \bar{Q}_c(t) = \frac{1 + 2\mu V}{2(1 + \mu V)}.$$

Висновок. При збільшенні об'єму бункера-накопичувача продуктивність процесу спрямовано до 1, така ж тенденція відслідковується і при збільшенні інтенсивності відновлення відмов в процесі відновлення роботоздатного стану блоку “вся сукупність машин і обладнання”.

Перспектива подальших досліджень лежить в площині перевірки адекватності розкритих аналітичних положень за експериментальними даними.

Література

1. *Молодик М.В.* Оцінювання надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті // *Механізація та електрифікація сільського господарства.* – 2008. – Вип. 92. – С. 381–389.
2. *Пастухов В.І.* Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт / Автореф. дис... д-ра техн. наук, 05.05.11. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2006. – 38 с.
3. *Басін В.С.* Надійність як умова подальшого розвитку // *Техніка АПК.* – 2007. – №10. – С. 14–15.
4. Конкурентоспроможність технологій і машин / *А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриченко, А.В. Спірін.* – Вінниця: Тірас, 2006. – 73 с.
5. *Басін В.С.* Надійність та конкурентоспроможність // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.* – Х., 2007. – Вип.51. – С. 16–21.
6. *Іванов В.І., Бантковський В.А., Козій Д.О.* Теоретичні положення забезпечення надійності машин підвищенням кореляції між їх елементами (селекція елементів в машині) // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.* – Х., 2007. – Вип.67. – Т.1. – С. 145–150.
7. *Сухарєв Е.О.* Експлуатаційна надійність машин. – Рівне: НУВГП, 2006. – 190 с.
8. *Бойко А.И., Мороз Н.Н.* Определение вероятности безотказной работы зерноуборочного комбайна в зависимости от вероятностей безотказной работы его элементов // *Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів".* – 2006. – Вип.№9(15). – С. 165–168.
9. *Мовчан В.Ф., Митин В.М., Катюха Д.А.* Теоретические основы предупреждения отказов машин / *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* – Мелітополь, 2008. – Вип.8. – Т.6. – С. 34–46.
10. *С.Карабиньош, В.Янків* Прогнозування ресурсу – запорука ефективної експлуатації сільськогосподарської техніки // *Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження.* – Дубляни: ЛНАУ, 2008. – Вип.№12. – Т.2. – С. 86–90.

ANALYTICAL POSITIONS OF WORK CAPACITY OF AGRICULTURAL MASHINES WITH RESERVING

N. Boltyanska

Summary

In paper the outcomes of the specification statement of mathematical model operation of the contribution link of agricultural mashines of agriculture with reserving are introduced.