

**УДК 631.173**

## **ЛОГІКО-ІМОВІРНІСНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ**

**Новицький А.В**

**Ружило З.В**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*В статті представлена логіко-імовірнісна модель дослідження надійності складної сільськогосподарської техніки.*

*В статье представлена логико-имитационная модель исследования надёжности сложной сельскохозяйственной техники.*

### **Постановка проблеми**

Резерви забезпечення надійності машин ефективно можуть бути виявлені в результаті системних досліджень технологічних процесів, в яких беруть участь складові «людина» – «машина» – «середовище». Зокрема, досліджуючи технологічний процес приготування і роздавання кормів, як складну структурну систему «людина – машина – середовище» (ССС «ЛМС»), можна досить детально виявити ступінь впливу вказаних компонент на надійність функціонування системи.

Складність представленої системи визначається не тільки і не скільки тим, скільки елементів входить до її складу, але також складністю функціональних і логічних зв'язків між елементами і підсистемами, багаторежимністю, ймовірністю відновлення або ж невідновлення елементів, залежністю виду пошкоджень. Можна також відмітити, що надійність представленої ССС в значній мірі залежить від професійного рівня оператора та від стану середовища з яким ці системи взаємодіють. Теоретичною основою оцінки та забезпечення структурної надійності складних систем є логіко-імовірнісні методи надійності.

### **Аналіз останніх досліджень**

Історія логіко-імовірнісних методів та особливості їх використання викладені в багатьох науково-практичних роботах [3, 7, 9]. Привабливість вказаних методів знайшли своє використання інженерами та науковцями в багатьох галузях народного господарства, тому що дають можливість використання ЛІМ для аналізу впливу окремих підсистем на надійність системи в цілому. ЛІМ знайшли широке впровадження не лише для оцінки техногенних ризиків в енергетиці, нафтогазовій та хімічній промисловості, але й на військових об'єктах, морському, залізничному та автомобільному транспорті [3, 7, 9]. Лише за останні 10-20 років вказані методи знайшли своє застосування при дослідженні надійності складних систем, включаючи сільськогосподарську техніку [1, 2, 4].

ЛІМ можуть бути використані для аналізу та синтезу надійності систем «ЛМС» до складу яких відносяться засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПК). Можна відмітити, що в останні роки розглядались окремі питання аналізу та оцінки надійності вказаних машин, але в більшості представлених статей авторами розглядались переважно питання аналітичного огляду конструкцій засобів для приготування і роздавання кормів [2, 6, 8].

### Формулювання мети доповіді

Виходячи з представленої вище аналізу, можна оцінити надійність ЗПРК «DeLaval», як складної структурної системи «людина – машина – середовище». Згідно попередніх досліджень [2, 5], основними підсистемами системи ЗПРК «ЛМС» виступають наступні механізми машини: завантаження, подрібнення-змішування, рама з ходовою частиною, вивантаження кормової суміш. Аналіз показує, що дане питання не достатньо досліджене в розрізі механізму вивантаження кормової суміші (МВКС). Виходячи з цього, виникає необхідність формування ЛІМ механізму вивантаження кормової суміші ЗПРК системи «ЛМС» із врахуванням взаємодії складових «машина», «оператор», «середовище».

### Виклад основного матеріалу

Оцінка ризиків виникнення відмов механізму вивантаження кормової суміші розпочинається із встановлення послідовності небезпечних ситуацій (ПНС) - відмови підсистеми. В логіко-імовірнісній теорії аналітичний опис небезпечного стану здійснюється з використанням логічної функції відмов систем (ЛФВС), аргументами якої виступають вихідні події (ВП) та вихідні умови (ВУ), в якості яких виступають відмови МВКС засобу для приготування і роздавання кормів, помилки оператора та негативний вплив середовища. Наступним кроком формування логіко-імовірнісних моделей після складання та апробації послідовностей небезпечних ситуацій, є перехід до складання ЛФВС з методом найкоротших шляхів виникнення відмов або ж методом мінімальних перерізів попередження відмов. Для попередження відмов механізму вивантаження кормової суміші ЗПРК «DeLaval», як системи «ЛМС», можна передбачити комплекс заходів, які залежать від моделі машини, режиму використання та її надійності. Для вирішення поставленого в статті завдання, можна провести оцінку ризику виникнення відмов МВКС, як підсистеми, яка лімітує надійність системи - ЗПРК «DeLaval». Надійність механізму вивантаження кормової суміші лімітується технічним станом стрічки транспортера, підшипниками вісі транспортера та гідроциліндра транспортера, для яких характерні поступові відмови від зношування та аварійні відмови. Представлений ЗПРК керується і обслуговується людиною-оператором, тому оператор розглядається, як важлива складова, від якої залежить надійність підсистеми і всієї системи «ЛМС». Виходячи з цього, для аналізу надійності системи ЗПРК «ЛМС» на рисунку представимо модель формування ризиків виникнення відмови механізму вивантаження кормової суміші під впливом трьох складових «машина», «людина», «середовище».

Механізм відмовить, тобто відбудеться подія «відмова МВКС», якщо буде виконано ряд вихідних умов: відсутність контролю оператора ( $r_1 - r_3$ ); відмова деталей механізму ( $r_4 - r_9$ ); вплив середовища (стан кормової суміші) на формування відмови ( $r_{10}$  та  $r_{11}$ ). При формуванні ЛІМ, одним із обмежень є врахування всіх вихідних подій та умов, які призводять до відмови механізму в цілому. Для математичного опису представленої моделі доцільне використання логічних функцій відмов механізму, які можуть бути записані у вигляді логічної матриці вихідних умов  $r_i$ :

$$y_c(r_1, K, r_{11}) = \begin{vmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} r_4 \\ r_5 \\ r_7 r_8 \end{vmatrix} = |r_9| = \begin{vmatrix} r_{10} \\ r_{11} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

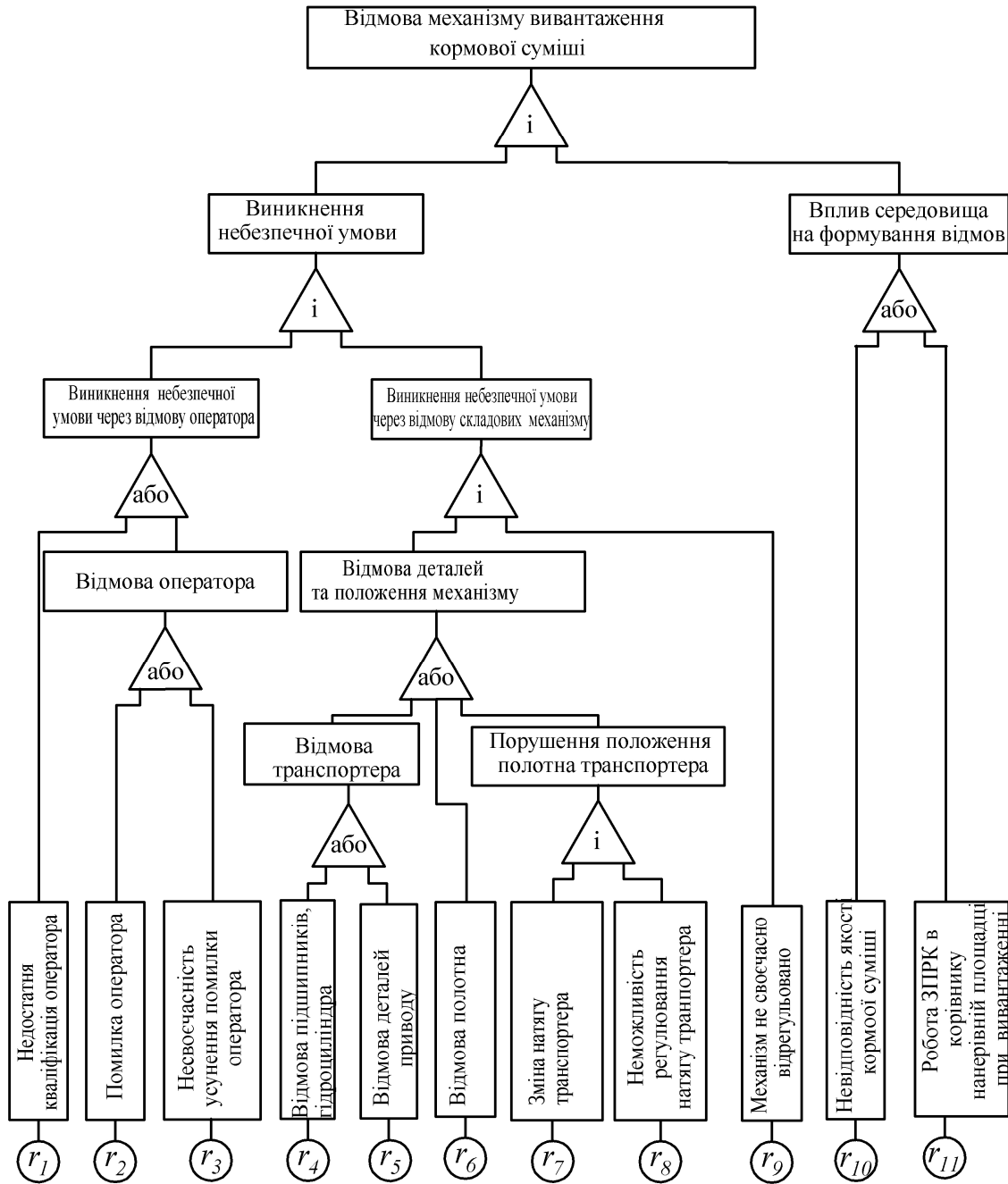


Рис. Модель формування відмови механізму вивантаження кормової суміші.

Отримана функція монотонна і повторна, оскільки заміна будь-якого елемента, який відмовив на справний не призведе до відмови підсистеми (механізму). Розкриємо дужки і отримаємо логічні функції відмов підсистеми у вигляді диз'юнкції 24 найкоротших шляхів виникнення відмов (2). Аналіз матриці (2) дозволяє стверджувати, що ризик виникнення відмови механізму вантаження кормової суміші пов'язаний з проходженням одного з 12 різних способів формування відмови.

$$y_c(r_1, K, r_{11}) = \begin{vmatrix} r_1 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{10} \\ r_1 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{10} \\ r_1 & r_6 & r_9 & r_{10} & \\ r_1 & r_6 & r_9 & r_{11} & \\ r_1 & r_4 & r_9 & r_{10} & \\ r_1 & r_4 & r_9 & r_{11} & \\ r_1 & r_4 & r_9 & r_{10} & \\ r_1 & r_4 & r_9 & r_{11} & \\ r_2 & r_4 & r_9 & r_{10} & \\ r_2 & r_4 & r_9 & r_{11} & \\ r_2 & r_5 & r_9 & r_{10} & \\ r_2 & r_5 & r_9 & r_{11} & \\ r_2 & r_6 & r_9 & r_{10} & \\ r_2 & r_6 & r_9 & r_{11} & \\ r_2 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{10} \\ r_2 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{11} \\ r_3 & r_4 & r_9 & r_{10} & \\ r_3 & r_4 & r_9 & r_{11} & \\ r_3 & r_5 & r_9 & r_{10} & \\ r_3 & r_5 & r_9 & r_{11} & \\ r_3 & r_6 & r_9 & r_{10} & \\ r_3 & r_6 & r_9 & r_{11} & \\ r_3 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{10} \\ r_3 & r_7 & r_8 & r_9 & r_{11} \end{vmatrix} \quad (2)$$

Перетворюючи формулу (2), можемо отримати логічні функції безпеки системи (ФБС) у вигляді диз'юнкції 5 мінімальних перерізів попередження відмов:

$$y_c(r_1, K, r_{11}) = \begin{vmatrix} & r'_9 & & & \\ r'_1 & r'_2 & r'_3 & & \\ r'_4 & r'_5 & r'_6 & r'_7 & \\ r'_4 & r'_5 & r'_6 & r'_8 & \\ & r'_{10} & r'_{11} & & \end{vmatrix} \quad (3)$$

Аналізуючи отримані матриці (2) та (3): ФНС - найкоротші шляхи виникнення відмов та ФБС - мінімальні перерізи попередження відмов, можемо прийти до висновку, що для запобігання відмов МКВС достатньо своєчасно проводити контроль та регулювання стану деталей безпосередньо самого механізму (тобто  $r'_9$  та  $r'_9$ ). Генерація послідовностей, які представлені в матрицях (2) і (3) відкриває можливості аналізу та синтезу причин відмов, і відповідно, необхідності постановки задач про посилення вимог до окремих складових системи «ЛМС» ЗПКР, що забезпечать необхідний рівень її надійності. Аналіз найкоротших

шляхів виникнення відмов (2) та мінімальних перерізів їх попередження (3) вказують на те, що недопущення відмов механізму достатньо своєчасного проведення контролю та регулювання механізму (тобто  $r_9$  та  $r_9'$ ). На основі аналізу логічних функцій відмов підсистеми, які представлені в матрицях (2) і (3), можна запобігти втраті працездатності механізму вивантаження кормової суміші і таким шляхом зменшити ризик виникнення відмови об'єкту дослідження в цілому.

### Висновки

Проведений логіко-імітаційний аналіз дає можливість виявити вплив на надійність складної структурної системи «людина-машина-середовище» ЗПРК вихідних умов та подій. Перспективними в цьому напрямку можуть бути дослідження, які направлені на статистичний збір інформації про відмови ЗПРК з кількісною і якісною їх оцінкою для забезпечення зворотнього зв'язку з виробниками по питаннях забезпечення їх надійності.

### Література

1. Бойко А.І. Вплив оператора на надійність систем «людина-машина-середовище» (на прикладі засобів для приготування і роздавання кормів) / А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, А.З. Ружило // ХНТУСГ ім. Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків, ХНТУСГ, 2011. – Вип. 114. – С. 103–108.
2. Бойко А.І. Сучасні проблеми забезпечення надійності машин для приготування і роздавання кормів / А.І. Бойко, А.В. Новицький // ХНТУСГ ім. Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків., Вісник ХНТУСГ, – Випуск 100. – 2010. – с.119-126.
3. Ветошкин А.Г. Надёжность технических систем и техногенный риск / А.Г. Ветошкин. – Пенза: ПГУАиС, 2003. – 155 с.
4. Лехман С.Д. Методология дослідження небезпечних процесів при функціонуванні ергативних систем аграрного виробництва / С.Д. Лехман, М.В. Панфілова // Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць НУБіПУ. – К.: НУБіПУ, 2011. – Вип.166, ч.1. – С. 294-301.
5. Новицький А.В. Сучасні проблеми забезпечення надійності засобів для приготування і роздавання кормів/ А.В.Новицький // Науковий вісник НУБіПУ, Техніка та енергетика АПК. – К.: НУБіПУ, 2011. – Вип. 166, ч. 1. – С. 196-201.
6. Погорілий Л., Ясенецький В., Лінник М. Сучасна техніка для приготування кормів на фермах ВРХ // Л. Погорілий, В. Ясенецький, М. Лінник // Техніка АПК. - 1999. - №4. - С. 31-33.
7. Половко А.М. Основы теории надёжности/ А.М. Половко, С.В.Гуров// СПб.: БХВ-Петербург, 2006 – 704 с.
8. Ревенко І. Сучасний ринок засобів роздавання кормів рогатій худобі/ І. Ревенко, Т. Лісовенко, В. Хмельовський// Пропозиція. - 2008. - № 9. – С. 106 – 114.
9. Рябинин А.И. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем/ А.И. Рябинин – Санкт-Петербург: Политехника, 2000. – 248 с.