

Оцінка ризиків виникнення відмов складної техніки

Бойко А.І, Новицький А.В. к.т.н., доц., Банний О.О. інженер

(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

В статті представлена методика оцінки ризиків виникнення відмов складної сільськогосподарської техніки з використанням логіко-імовірнісних методів.

Постановка проблеми. Надійність складних технічних систем, якими є машини та комплекси машин залежить від трьох функціонально взаємопов'язаних складових: засобів технологічного оснащення (ЗТО) або машин, предметів виробництва (ПВ) або середовища і виконавця (В) або оператора, для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів (тобто систем «людина - машина - середовище» («ЛМС»)). Складність систем пояснюється не стільки великою кількістю елементів, скільки складністю функціональних і логічних зв'язків між елементами і складовими системи «ЛМС», багаторежимністю роботи, властивістю відновлення або ж невідновлення елементів, можливістю різних видів резервування.

Ймовірність виникнення аварій складних технічних систем менша, ніж простих, але наслідки їх більш масштабні, відновлення працездатності вимагає значних матеріальних і трудових витрат. Підвищення надійності таких систем можна досягти за рахунок введення структурної надлишковості елементів і підсистем, використовуючи взаємозамінність і можливість ремонтно-відновлювальних робіт. Разом з тим, їх надійність залежить від кваліфікації і професійного рівня операторів, від стану середовища в якому та з яким ці системи взаємодіють. Тобто, функціонування складних технічних систем залежить від стійкості їх до виникнення відмов. Теоретичною основою оцінки та забезпечення структурної надійності

складних систем є логіко-імовірнісні методи (ЛІМ) надійності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості застосування логіко-імовірнісних методів дослідження надійності машин і їх використання викладені в багатьох науково-практичних роботах [6, 7, 14]. Вони знайшли широке впровадження не лише для оцінки техногенних ризиків в енергетиці, нафтогазовій та хімічній промисловості, але й в об'єктах Міністерства оборони [6, 7, 14]. За останні 10-20 років ці методи знайшли своє застосування при проектуванні та розрахунку надійності складних систем [6-8], при дослідженні надійності сільськогосподарської техніки [1, 2, 4 - 6]. Серед опублікованих праць по даній проблемі науковий інтерес представляють роботи, в яких пропонуються нові методи дослідження ергативних систем, включаючи системи сільськогосподарського призначення [3, 9].

Основною метою аналізу надійності машин з використанням логіко-імовірнісних моделей є визначення причин та розрахунок ризиків виникнення відмов, формування заходів для їх запобігання та усунення. ЛІМ можуть бути використані для аналізу та оцінки ризику впливу основних складових на надійність систем «ЛМС», якими є засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПК). В останні роки розглядались окремі питання аналізу та оцінки надійності вказаних машин [1, 5], проте в більшості наукових досліджень авторами розглядались переважно питання аналітичного огляду конструкцій техніки для приготування і роздавання кормів [11 – 13].

Постановка завдання. Виходячи з представленого вище аналізу можна відмітити, що дослідження ризиків виникнення відмов складних систем «ЛМС» є актуальною проблемою, яка має важливе наукове і практичне значення. На сьогодні, дане питання не достатньо вивчене в розрізі машин та обладнання сільськогосподарського виробництва, особливо засобів для приготування і роздавання кормів. Метою побудови моделей є формування умов, які визначають ризики виникнення відмов із врахуванням таких складових, як «машина», «оператор», «середовище».

Виклад основного матеріалу. Оцінка ризиків виникнення відмов

розпочинається із встановлення послідовності небезпечних ситуацій (ПНС) - відмови системи. В логіко-імовірнісній теорії аналітичний опис небезпечного стану здійснюється з використанням логічної функції відмов систем (ЛФВС), аргументами якої висуваються вихідні події (ВП) та вихідні умови (ВУ), в якості яких виступають відмови машин, помилки операторів та негативний вплив середовища. Після складання і апробації послідовності небезпечної ситуації, робиться перехід до складання ЛФВС з допомогою найкоротших шляхів виникнення відмов або ж за допомогою мінімальних перерізів попередження відмов.

Для попередження відмов засобу для приготування і роздавання кормів «DeLaval», як систем «ЛМС», можна передбачити цілий ряд заходів, які залежать від режиму використання, терміну служби та умов використання. Структурно з позицій забезпечення надійності функціонування засіб «DeLaval» можна представити у вигляді наступної блок-схеми: механізм завантаження, механізм подрібнення-змішування, рама з ходовою частиною, механізм приводу, механізм вивантаження [5]. Для вирішення поставленого в статті завдання, проводиться оцінка ризику виникнення відмов механізму подрібнення-змішування, як підсистеми, яка найбільше лімітує надійність системи - засобу для приготування і роздавання кормів «DeLaval». Надійність механізму подрібнення-змішування лімітують ножі, протирізи, рейки та шнеки, для яких характерні поступові відмови від зношування та аварійні відмови, в результаті попадання в бункер забруднених компонентів корму та сторонніх предметів. Представлені машини керуються і обслуговуються людиною-оператором, тому оператор розглядається, як важлива складова, від якої залежить надійність підсистеми, яка розглядається і всієї системи «ЛМС».

Виходячи з цього, на рисунку представлена модель формування ризиків виникнення відмови механізму подрібнення-змішування трьох складових «машина», «людина», «середовище». Відмова механізму відбудеться, якщо буде виконано ряд вихідних умов: відсутність контролю оператора ($K_1 - K_3$); відмова деталей та робочих органів механізму ($K_4 - K_7$); вплив середовища (стан складових корму) на формування відмови (K_8, K_9). Крім того, одним із

обмежень при формування моделі є врахування всіх вихідних подій та умов, які призводять до відмови механізму. Для математичного опису представленої моделі доцільне використання логічних функцій відмов систем. Вони можуть бути записані у вигляді логічної матриці вихідних умов системи K_i :

$$y_c(K_1, \dots, K_{10}) = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_4 \\ K_5 \\ K_6 \end{vmatrix} = |K_7| = \begin{vmatrix} K_8 \\ K_9 \end{vmatrix}, \quad (1)$$

де K_1 – вихідні події.

При розкритті дужок отримуються логічні функції відмов підсистеми у вигляді диз'юнкції двадцяти семи найкоротших шляхів виникнення відмов.

$$y_c(K_1, \dots, K_9) = \begin{vmatrix} K_1 K_4 K_7 K_8 \\ K_1 K_4 K_7 K_9 \\ K_1 K_5 K_7 K_8 \\ K_1 K_5 K_7 K_9 \\ K_1 K_6 K_7 K_8 \\ K_1 K_6 K_7 K_9 \\ K_2 K_4 K_7 K_8 \\ K_2 K_4 K_7 K_9 \\ K_2 K_5 K_7 K_8 \\ K_2 K_5 K_7 K_9 \\ K_2 K_6 K_7 K_8 \\ K_2 K_6 K_7 K_9 \\ K_3 K_4 K_7 K_8 \\ K_3 K_4 K_7 K_9 \\ K_3 K_5 K_7 K_8 \\ K_3 K_5 K_7 K_9 \\ K_3 K_6 K_7 K_8 \\ K_3 K_6 K_7 K_9 \\ K_1 K_4 K_7 \\ K_1 K_5 K_7 \\ K_1 K_6 K_7 \\ K_2 K_4 K_7 \\ K_2 K_5 K_7 \\ K_2 K_6 K_7 \\ K_3 K_4 K_7 \\ K_3 K_5 K_7 \\ K_3 K_6 K_7 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Тобто, ризик виникнення відмови механізму подрібнення-змішування (підсистеми складної системи «ЛМС» представленої на рисунку), пов'язаний з проходженням одного з двадцяти визначених різних шляхів виникнення відмов.

Перетворюючи матрицю (2), отримаємо ЛФВС у вигляді диз'юнкції чотирьох мінімальних перерізів попередження відмов:

$$y_c(K_1, \dots, K_9) = \left| \begin{array}{ccc} K'_7 & & \\ K'_1 K'_2 K'_3 & & \\ K'_4 K'_5 K'_6 & & \\ K'_8 K'_9 & & \end{array} \right|. \quad (3)$$

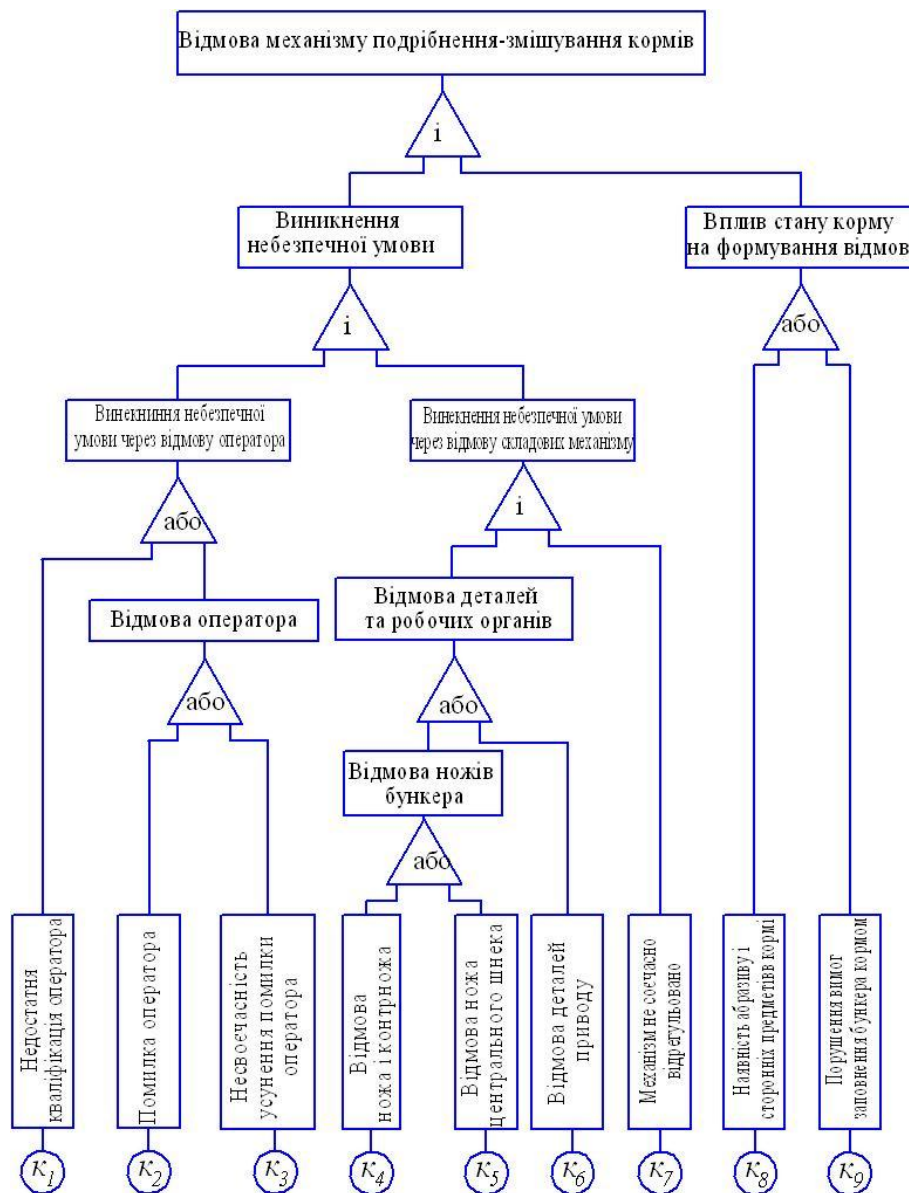


Рис. Модель формування відмови механізму подрібнення-змішування кормів.

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 робочих органів та інших деталей (тобто K_7 та K'_7).

На основі аналізу логічних функцій відмов підсистеми, які представлені в матрицях (2) і (3), можна запобігти втраті працездатності механізму подрібнення – змішування і таким шляхом зменшити ризик виникнення відмови об'єкт дослідження вцілому.

Представлену логічну функцію відмов системи також можна вирішити не використовуючи ортогоналізацію, тобто знайти ймовірність виникнення відмови механізму подрібнення-змішування безпосередньо з виразу (1):

$$P_{\text{смпз}} = P \left\{ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{matrix} = \begin{matrix} K_4 \\ K_5 \\ K_6 \end{matrix} = K_7 = \begin{matrix} K_8 \\ K_9 \end{matrix} = 1 \right\} =$$

$$= P_7 \cdot [1 - G_1 \cdot G_2 \cdot G_3] \cdot [1 - G_4 \cdot G_5 \cdot G_6] \cdot [1 - G_8 \cdot G_9], \quad (4)$$

де G_i - імовірність безвідмовної роботи;

P_7 – імовірність відмови.

Для розв'язку аналітичної залежності (4) підставляються вихідні дані ймовірностей подій K_i , які беруться з таблиці. На підставі цього розраховується ймовірність виникнення відмов механізму подрібнення-змішування системи «ЛМС» ЗПРК.

Таблиця. Вихідні ймовірності подій K_i механізму подрібнення-змішування

Вихідні події, K_i ,	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9
Імовірність вихідної події, P_{ki}	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,4	0,15	0,15

Після підстановки вихідних ймовірностей в залежність (4) визначається загальна ймовірність виникнення відмови, яка становить $O_{\text{смпз}} = 0,012$.

Висновки. Встановлення ризику виникнення відмов складної техніки, як складової системи «ЛМС» дозволяє прогнозувати появу потенційних відмов в конструкціях, а звідси - і проводити пошук відповідних конструктивно-технологічних та організаційних заходів по їх запобіганню.

Перспективними в цьому напрямку можуть бути дослідження, які направлені на більш детальний опис інших механізмів машин для приготування і роздавання кормів.

За даними системного аналізу ризиків виникнення відмов можна розробити оперативні заходи запобігання втрати працездатності комплексів машин та обладнання, які спрямовані на забезпечення їх надійності.

Список літератури:

1. Andriy Novitskiy. Аналіз надійності засобів для приготування і роздавання кормів методом дерева відмов/ Andriy Novitskiy, Oleksandr Bannyi // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – Vol. 13B. – С. 117–123.

2. Ivan Rogovski. Вплив показників надійності на періодичність технічного обслуговування сільськогосподарських машин / Ivan Rogovski // Motrol, motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, 2011. – Vol. 13B. – С. 92 – 97.

3. 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.

4. Бойко А.І. Стохастичне моделювання роботи пневмомеханічного висівного апарату/ А.І. Бойко, О.О. Банний // Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць НУБіПУ. – К.: НУБіПУ, 2011. – Вип.166. ч.1. – С. 112-118.

5. Бойко А.І., Новицький А.В. 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.
6. Ветошкин А.Г. Надёжность технических систем и техногенный риск / А.Г. Ветошкин. – Пенза: ПГУАиС, 2003. - 155 с.
7. Джеральд Сандлер. Техника надёжности систем / С. Джеральд // Серия «Теоретические основы технической кибернетики». – М., 1966. – 300 с.
8. Крижанівський Є.І. Теоретичні основи обґрунтованого вибору критеріїв відмов і шляхів підвищення довговічності тришарошкових бурових доліт / Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина // Вестник Национального технического университета Украины „Киевский политехнический институт”. Машиностроение – К.: НТУУ „КПИ”. – 2008. – Вып. 56. – С. 6 – 13.
9. Лехман С.Д. Методологія 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.
10. 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.
11. 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.
12. Посібник. Машини для тваринництва та птахівництва/ За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого. – 2009. – 207 с.

13. Ревенко І. Сучасний ринок засобів роздавання кормів рогатій худобі/ І. Ревенко, Т. Лісовенко, В. Хмельовський// Пропозиція. - 2008. - № 9. – С. 106 – 114.

14. Рябинин А.И. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем/ А.И. Рябинин – Санкт-Петербург: Политехника, 2000. – 248 с.

Аннотация

Оценка риска возникновения отказов сложной техники

Бойко А.И. д.т.н., проф., Новицкий А.В. к.т.н., доц., Банний О.О. инженер

В статье представлена методика оценки риска возникновения отказов сложной сельскохозяйственной техники с использованием логико-вероятностных методов.

Abstract

Estimation of risk of origin of refuses of difficult technique

A. Boyko, A. Novitskiy, O.Bannuy

In the article the methods of estimation of risks of origin of refuses of difficult agricultural technique are presented with the use of логико-вероятностных methods.