

УДК 631.173

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ МЕТОДОМ ДЕРЕВА ВІДМОВ

Andriy Novitskiy, Oleksandr Bannyi

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str. 15, Kiev, 03041, Ukraine

Анотація. В статті представлена методика оцінки надійності машин методом дерева відмов. Проведено аналіз відмов і несправностей засобів для приготування і роздавання кормів.

Ключові слова: надійність, відмови, засоби для приготування і роздавання кормів, дерево відмов.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Забезпечення надійної роботи засобів для приготування і роздавання кормів вимагає створення універсальних методів і засобів для оцінки функціонування вказаних машин, як в поточний момент, так і на деяких минулих і майбутніх проміжках часу. Тому розробка ефективних методів контролю технологічних параметрів машин в період функціонування, виявлення дефектів і несправностей на ранній стадії їх виникнення є досить актуальною проблемою. Успіх діагностування значною мірою обумовлений обґрунтованістю вибору інформативних компонент для побудови принципів діагностичних моделей об'єкту і моделей розпізнавання надійності систем. Але, разом з тим, ще не вирішене питання розпізнавання складних відмов і несправностей з кількісною та якісною оцінкою параметрів надійності машин для приготування і роздавання кормів (ЗПРК).

Не менш важливим завданням, в комплексній системі оцінки технічного стану представлених об'єктів дослідження, є пошук несправностей, дефектів та відмов, які зароджуються в механізмах засобів для подрібнення і змішування. Вирішення цієї проблеми дозволить своєчасно виявляти небезпечні режими експлуатації засобу, в разі їх виникнення, що дасть можливість оперативного здійснювати регулювання механізмів та заміну зношених деталей і, тим самим, запобігти непередбаченим простоям.

Проаналізовані і класифіковані існуючі методи оцінки технічного стану можна розподілити в залежності від точності ідентифікації, характеру відмов, дефектів і несправностей. Розглянемо наступні види діагностування засобів для приготування і роздавання кормів:

1) динамічні методи - контроль вібрацій, шумів і поточних параметрів машин (параметрична діагностика);

2) дефектоскопія - сукупність методів неруйнівного контролю, призначених для виявлення і запобігання появи дефектів або типових пошкоджень таких як: знос і зносостійкість; деформування та руйнування виробу; контроль за швидкістю корозії; контроль за швидкістю старіння матеріалів, рідин та металів; контроль за накопиченням на поверхні деталей різних видів наростотворень (забруднень) і т.д.;

3) аналіз тенденцій формування відмови це прогнозування розвитку виявленого дефекту в часі з метою запобігання виникненню критичних ситуацій;

4) аналіз передумов - запобігання появі можливих відмов і несправностей відповідно до дерева відмов, на підставі вивчення досвіду експлуатації машин та протоколів випробувань;

5) вивчення нормативно-технічної і ремонтної документації.

Перші три методи можна віднести до активного (оперативного) контролю, останні - до пасивного. Щонайкраще завдання оцінки технічного стану та діагностики вирішуються при комплексному використанні представлених методів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В сучасній літературі по теорії надійності описано багато методів і способів оцінки та розрахунку надійності технічних систем. Для аналізу і синтезу складних систем та вивчення причин, що викликають відмови може бути використано метод дерева відмов [1, 2, 4, 5]. За останні роки цей метод знайшов своє застосування при проектуванні систем та встановленні їх надійності [4, 7, 8, 9]. Метод дерева відмов використано для оцінки надійності механічних і транспортних систем [3, 6, 10], трубопроводів [2], для дослідження причин виникнення аварій і травм у сільському господарстві та промисловості, техногенного і природного впливу [3, 5]. Основною метою аналізу надійності машин з використанням дерева відмов є визначення причин та розрахунок ймовірності виникнення відмов, формування заходів для підвищення технічного рівня машин.

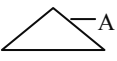
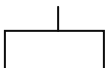



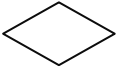
ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Відмови систем «ЛМС», складовими яких є засоби для приготування і роздавання кормів, являються предметом дослідження машин на протязі всіх життєвих циклів. Виходячи з представленого вище аналізу можна відмітити, що дослідження рівня надійності системи «людина-машина-середовище» методом дерева відмов є актуальною проблемою, яка має важливе наукове і практичне значення. На сьогодні, дане питання не достатньо вивчене, особливо в розрізі засобів для приготування і роздавання кормів із врахуванням таких компонент, як «машина», «оператор», «середовище». Метою побудови дерева відмов для засобів для приготування і роздавання кормів є моделювання умов, які формують верхню подію – відмову системи під впливом відмов машини.

РЕЗУЛЬТАТИ І ДИСКУСІЯ

Метод дерева відмов є дедуктивним методом, який використовується при діагностуванні відмов систем та їх причин з позицій надійності. Для якісного і кількісного опису формування відмов розробляються логіко-імітаційні моделі та використовуються рівняння булевої алгебри. Дерево відмов розробляється з допомогою логічних і стандартних символів подій і переносу, окремі з яких представлені в таблиці.

Таблиця. Позначення логічних і стандартних символів та переносу

№	Назва події, оператора	Символ	Опис події, оператора
1.	Основне перенесення		Перенесення. Використовується для перенесення підструктури із іншої гілки /сторінки/
2.	Подія на виході із "дверей" (верхня або підверхня)		Подія, яка з'являється після логічного узгодження на вході
3.	Оператор "або"		Оператор, який забезпечує вихід, якщо відбудеться одне або більше вхідних подій
4.	Оператор "і"		Оператор, який забезпечує вихід, якщо відбудеться кожна із вхідних подій
5.	Первинна основна подія		Подія, яка не потребує подальшої розробки
6.	Вторинна основна подія		Подія, що не розроблена до власної причини через відсутність інформації, через низький ризик або ж для запобігання паралельного аналізу подій

Побудова моделі починається з головної події, якою є відмова системи. Наступні події розміщуються зверху вниз, аж до базових. При побудові логіко-імітаційних моделей використано оператори "І" та "АБО". Взаємодія між подіями та процесами, які викликають відмови засобів для приготування і роздавання кормів можна представити у вигляді схеми (дерева відмов), яка представлена на рис. 1.

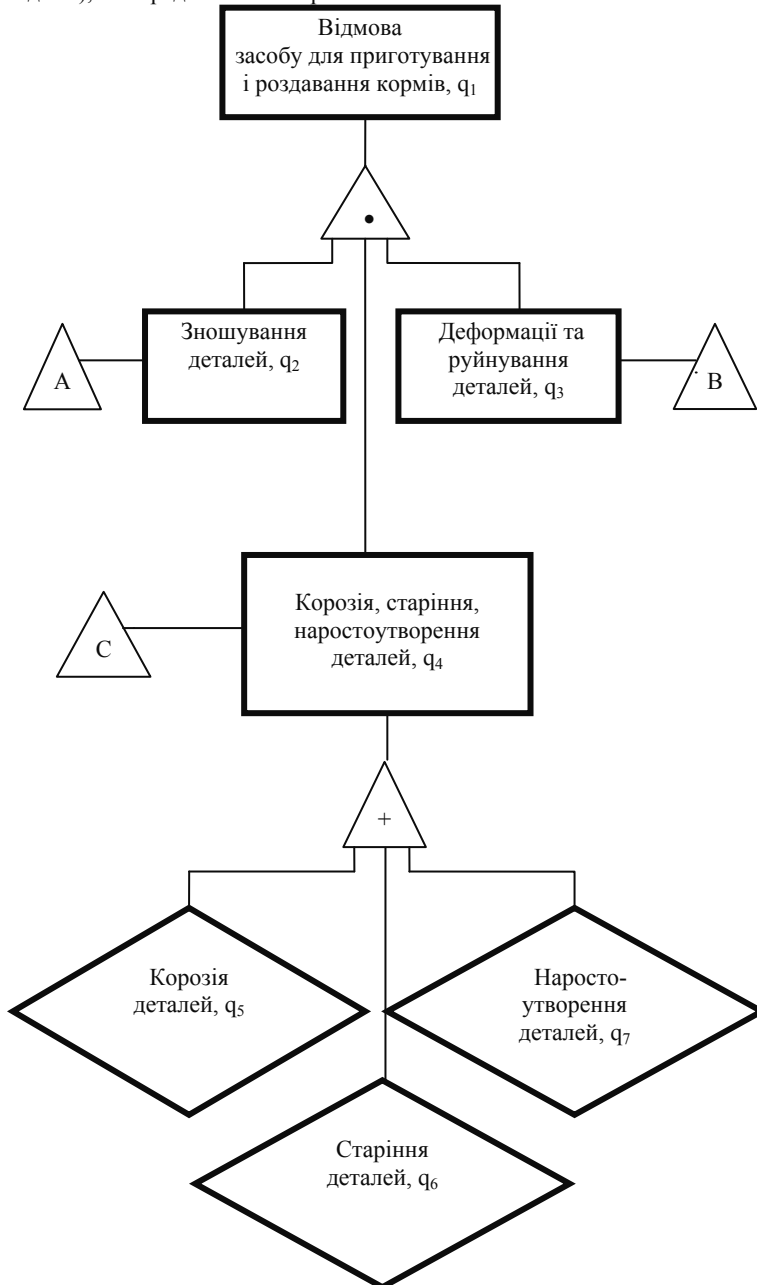


Рис. 1- Дерево відмов засобу для приготування і роздавання кормів.

На схемі виділені найбільш важливі події, які суттєво впливають на надійність засобів для приготування і роздавання кормів, як складових складної системи «ЛІМС». Більш глибокий

аналіз втрати працездатності об'єкту дослідження ЗПРК проведено із врахуванням зношування деталей, їх деформації та руйнування, представленого на рис. 2 і 3. Використовуючи побудовані моделі формування відмов зв'язок між подіями можна представити аналітично у вигляді відповідних рівнянь алгебри логіки.

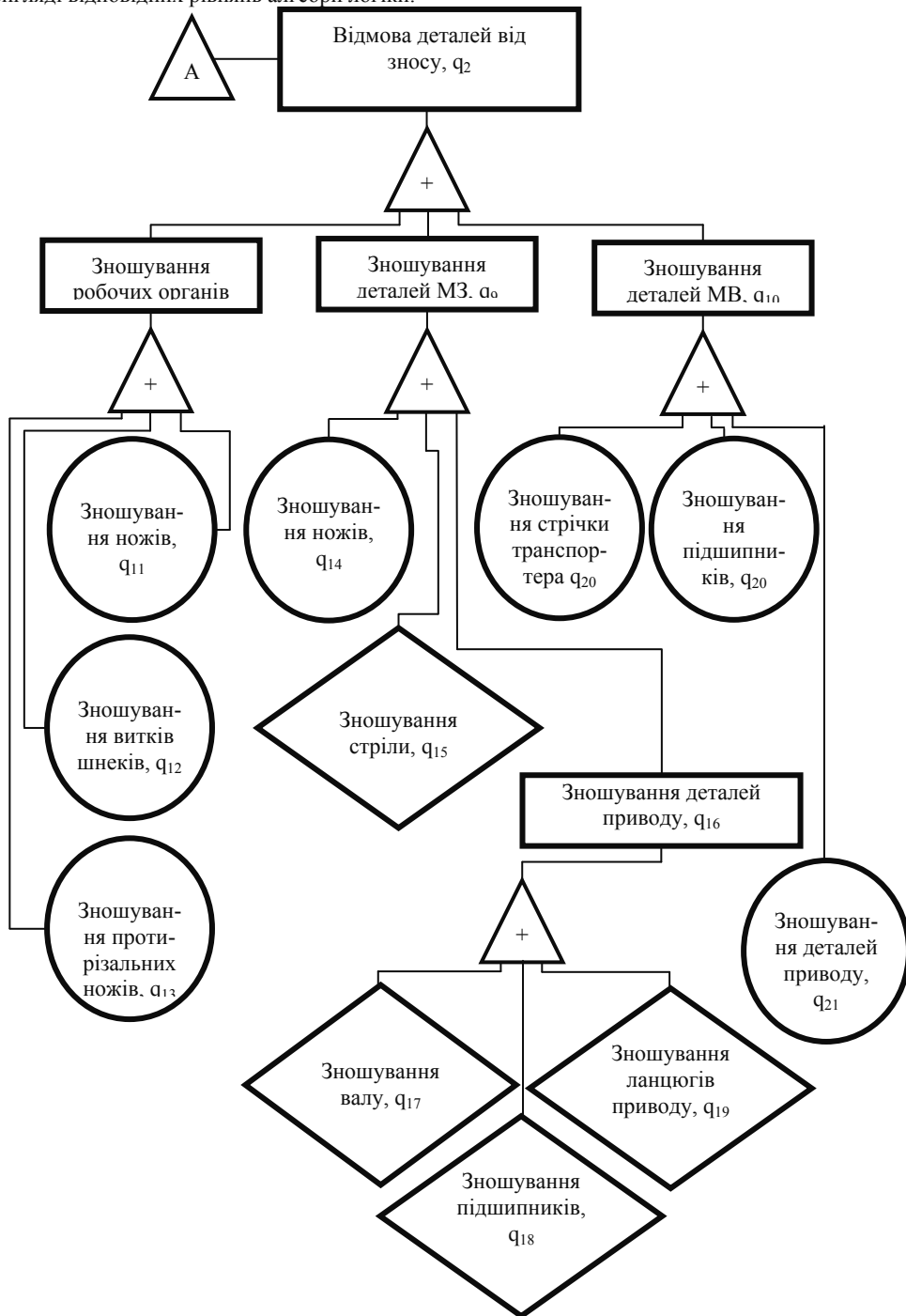


Рис. 2. Гілка дерева відмов “Зношування деталей”

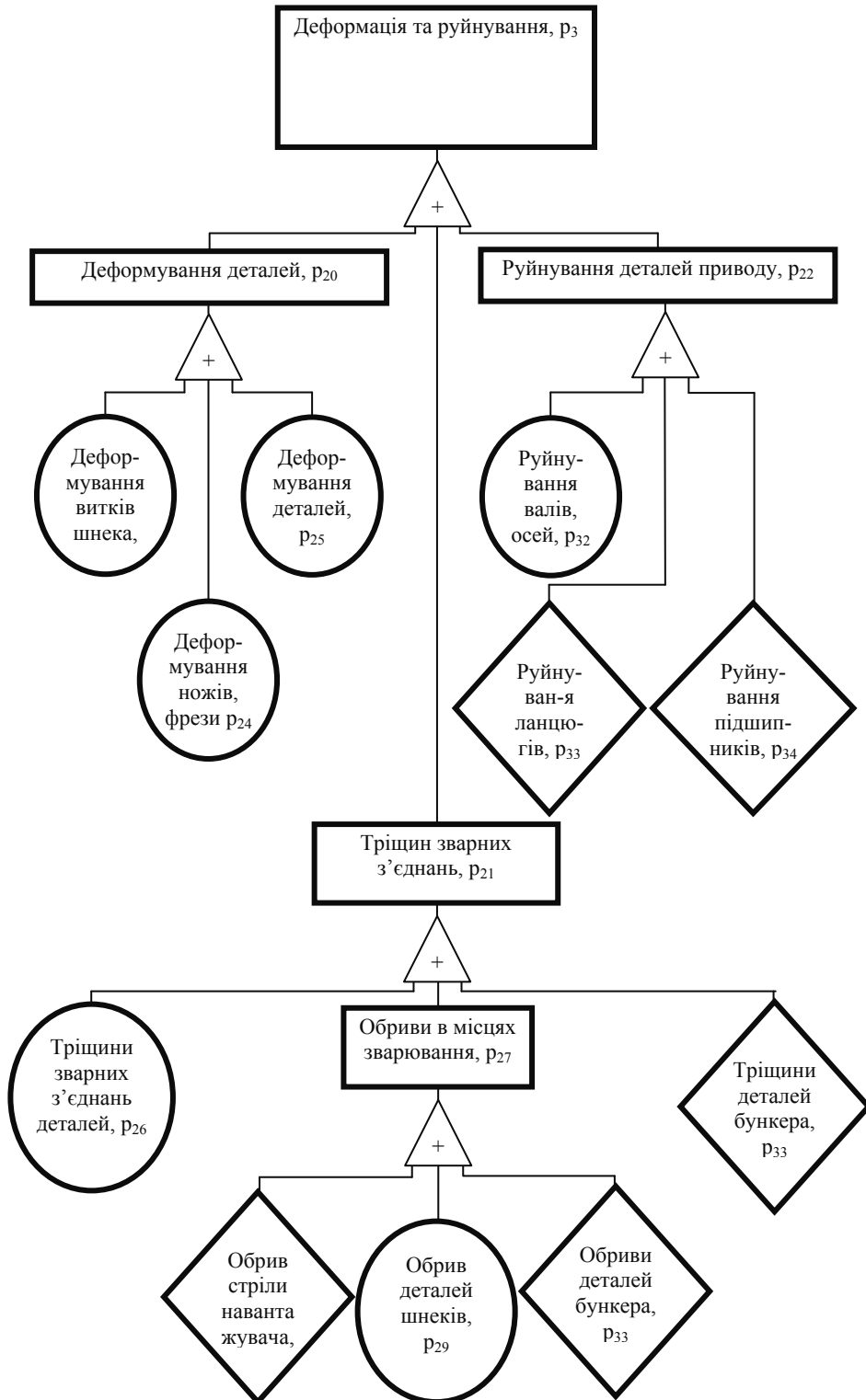


Рис. 3. Гілка дерева відмов “Деформації та руйнування деталей”

Ймовірності виникнення базових подій можна розрахувати згідно відомого рівняння:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

де p_i – ймовірність виникнення базової події (відмови);

n_i – кількість відмов i -го виду,

N – загальна кількість відмов.

Для зручності побудови моделі (структура А), були введені наступні позначення: МПЗ – механізм подрібнення-змішування; МЗ – механізм завантаження; МВ – механізм вивантаження. У відповідності до положень булевої алгебри рівняння для визначення ймовірностей відмов деталей під впливом зношування можуть бути представлені на основі аналізу структури А, (рис. 2):

$$\begin{aligned} Q_8 &= Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} - Q_{11} \cdot Q_{12} - Q_{11} \cdot Q_{13} - Q_{12} \cdot Q_{13} + Q_{11} \cdot Q_{12} \cdot Q_{13}, \\ Q_9 &= Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} - Q_{14} \cdot Q_{15} - Q_{14} \cdot Q_{16} - Q_{15} \cdot Q_{16} + Q_{14} \cdot Q_{15} \cdot Q_{16}, \\ Q_{10} &= Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} - Q_{20} \cdot Q_{21} - Q_{20} \cdot Q_{22} - Q_{21} \cdot Q_{22} + Q_{20} \cdot Q_{21} \cdot Q_{22}. \end{aligned} \quad (2)$$

Тоді ймовірність виникнення відмов деталей ЗПРК під впливом зношування можемо розрахувати за наступною залежністю:

$$Q_2 = Q_8 \cdot Q_9 + Q_{10} - Q_8 \cdot Q_9 - Q_8 \cdot Q_{10} - Q_9 \cdot Q_{10} + Q_8 \cdot Q_9 \cdot Q_{10}.$$

У випадку втрати працездатності ЗПРК при виникненні відмов причиною яких є деформація і руйнування деталей (структура В, рис. 3), ймовірності відмов визначаються за наступними рівняннями:

$$\begin{aligned} Q_{20} &= Q_{23} + Q_{24} + Q_{25} - Q_{23} \cdot Q_{24} - Q_{23} \cdot Q_{25} - Q_{24} \cdot Q_{25} + Q_{23} \cdot Q_{24} \cdot Q_{25}, \\ Q_{21} &= Q_{26} + Q_{27} + Q_{28} - Q_{26} \cdot Q_{27} - Q_{25} \cdot Q_{26} - Q_{26} \cdot Q_{27} + Q_{25} \cdot Q_{26} \cdot Q_{27}, \\ Q_{27} &= Q_{28} + Q_{29} + Q_{30} - Q_{28} \cdot Q_{29} - Q_{28} \cdot Q_{30} - Q_{29} \cdot Q_{30} + Q_{28} \cdot Q_{29} \cdot Q_{30}, \\ Q_{22} &= Q_{31} + Q_{32} + Q_{33} - Q_{31} \cdot Q_{32} - Q_{31} \cdot Q_{33} - Q_{32} \cdot Q_{33} + Q_{31} \cdot Q_{32} \cdot Q_{33}. \end{aligned} \quad (3)$$

На основі отриманих ймовірностей відмов q_{20} , q_{21} , q_{22} та q_{22} , запишемо рівняння для визначення ймовірності виникнення відмов деталей ЗПРК під впливом деформації та руйнування:

$$Q_3 = Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} - Q_{20} \cdot Q_{21} - Q_{20} \cdot Q_{22} - Q_{21} \cdot Q_{22} + Q_{20} \cdot Q_{21} \cdot Q_{21}.$$

Відмови засобу для приготування і роздавання кормів, як складової системи «ЛМС», також пов'язані з відмовами деталей причиною яких є корозія, старіння та наростотворення (структура С, рис. 1) і можуть бути визначені наступним рівнянням:

$$Q_4 = Q_5 \cdot Q_6 + Q_7 - Q_5 \cdot Q_6 - Q_5 \cdot Q_7 - Q_6 \cdot Q_7 + Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7. \quad (4)$$

Як показує аналіз структури С, на ймовірність відмови машини також впливають корозія, старіння та наростотворення. Але вказані події є вторинними і не розроблені до власної причини через відсутність повної інформації та низький ризик у порівнянні з представленими вище відмовами деталей та робочих органів ЗПРК.

Отримані ймовірності основних складових подій, які обумовлюють втрату працездатності ЗПРК сумісно з розробленою моделлю дозволяють записати математичну залежність для визначення ймовірності відмови всієї системи із врахуванням таких компонент, як q_2 , q_3 та q_4 :

$$Q_1 = Q_2 \cdot Q_3 + Q_4 - Q_2 \cdot Q_3 - Q_2 \cdot Q_4 - Q_3 \cdot Q_4 + Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4. \quad (5)$$

Аналіз складових формули (5) вказує на те, що найбільший вплив на ймовірність виникнення відказу системи (дробарки) має поява незалежних подій p_2 , p_3 , p_4 , які складають близько 90% від загальної ймовірності виникнення відказу. Ймовірність сумісної появи двох незалежних подій, тобто одночасного виникнення двох видів пошкоджень(відказів) становить біля 3%. І лише до 1% припадає на ймовірність виникнення одночасно трьох незалежних подій – відмова деталей через зношування, відмова деталей через деформацію та руйнування, відмова машини через низьку надійність оператора.

Враховуючи, що ймовірність безвідмовної роботи та ймовірність відмови складають повну групу подій, рівняння для визначення ймовірності безвідмовної роботи системи (засобу для приготування і роздавання кормів) можна записати в наступному вигляді:

$$P_{\text{б.р.з.}} = 1 - q_1, \quad (6)$$

де: $P_{\text{б.р.з.}}$ – ймовірність безвідмовної роботи засобу для приготування і роздавання кормів.

ВИСНОВОК

Встановлення ймовірностей відмов деталей засобів для приготування і роздавання кормів, як складової системи «ЛМС» в залежності від основних видів пошкоджень дозволяють прогнозувати появу потенційних відмов в конструкції, а звідси - і проводити пошук відповідних конструктивно-технологічних заходів по їх запобіганню. Метод дає уявлення про поведінку системи, допомагає виявляти відмови; виконувати кількісний і якісний аналіз надійності; полегшує оцінку надійності складних систем. Перспективними в цьому напрямку можуть бути дослідження, які направлені на більш детальний опис впливу на надійність системи «ЛМС» таких складових, як «оператор» та «середовище».

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко А.І. Аналіз надійності кормодробарок методом дерева відказів / А.І. Бойко, А.В. Новицький // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Кіровоград: КДТУ, 1999. – Вип. 28. – С. 46-54.
2. Берман А.Ф. Метод «дерева отказов» для анализа надежности и безопасности технологических трубопроводов / А.Ф. Берман // Надежность и контроль качества. – 1990. – №10. – С. 58–62.
3. Ветошкин А.Г. Надежность и безопасность технических систем / А.Г. Ветошкин, В.И. Марунин, под ред. А.Г. Ветошкина. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2002. – 129 с.
4. Димлон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Димлон, Ч. Синх ; [Пер. с англ.]. – М.: Мир, 1984. – 318 с.
5. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. – К.: Урожай, 1993. – 272 с.
6. Панич Л. Анализ надежности механических систем методом дерева отказов / Л. Панич, Г. Иванович // Вестник машиностроения. – 1997. – №8. – С. 24–30.
7. Рябинин А.И. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / Рябинин А.И. – Санкт-Петербург: Политехника, 2000. – 248 с.
8. Хенли Х. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / Х. Хенли, Х. Кумамото ; под ред. В.С. Сыромятникова. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
9. Кочкаров А.А. Стойкость и обоснование стойкости сложных технических и социально-технических систем / А.А. Кочкаров, Г.Г. Малинецкий. – М.: Мир, 1976. – 455 с.
10. Дедков В.К. Основные вопросы эксплуатации сложных систем / В.К. Дедков, Н.А. Северцев. – М.: Высшая школа, 1976. – 406 с.

ANALYSIS OF RELIABILITY OF MEANS FOR PREPARATION AND DISPENSE OF FORAGE BY METHOD OF TREE OF FAILURES

Summary. In paper the methodology of estimation of reliability of means by method of tree of failures is presented. The analysis of refuses and disrepairs of facilities for preparation and distribution of forage is conducted.

Key words: reliability, failures, means for preparation and dispense of forage, tree of failures.