

УДК: 631.172.

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СУЧАСНОЇ СКЛАДНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Бойко А.І

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Бондаренко О.В

Миколаївський державний аграрний університет

У статті приведений аналіз перспективних напрямків забезпечення надійності машин. Вказується, що ускладнення сільськогосподарської техніки вимагає приділяти більше уваги аналітичним методам розрахунку надійності на стадії проектування. На основі системного аналізу відкривається можливість ефективного використання принципу резервування при введенні мінімальної кількості додаткових елементів.

In the floor the brought analysis over of perspective directions of providing of reliability of machines. Specified, that complication of agricultural technique requires to spare more attention to the analytical methods of calculation of reliability on the stage of planning. On the basis of analysis of the systems possibility of the effective use of principle of backuping is opened at introduction of the least of additional elements.

Основна частина

Подальший розвиток технологій сільського господарства невідомо приводить до ускладнення машин і автоматизацій робіт. Ускладнення техніки обумовлене, насамперед, впровадженням новітніх технологій сільськогосподарського виробництва, бажанням знизити енерговитрати на проведення сільськогосподарських робіт, скорочення строків їх виконання, зменшення витрат продукції, тощо. Як наслідок реалізація цих напрямків, сільськогосподарські машини стають більш енергонасиченими і багатофункціональними.

Нові вимоги до сучасних машин ставлять і нові проблеми до забезпечення їх надійності.

Простими очевидними методами заміни матеріалів на більш міцні чи зносостійкі ці проблеми вирішуються тільки частково для локальних вузлів і деталей, що не відображає загальну концепцію створення високонадійної техніки.

Поняття складна машина з позицій надійності передбачає, насамперед, таку машину чи комплекс машин, які мають розвинуту структурну схему надійності. В той же час більшість існуючих багатоопераційних сільськогосподарських машин не відповідають цій умові структурно залишаючись послідовним з'єднанням елементів. При такій побудові машин різного ступеня універсальності і багатофункціональності підвищення рівня надійності може бути досягнуто тільки за рахунок використання матеріалів з високими фізико-механічними властивостями. В той же час нові широкі можливості в забезпеченні надійності складних конструкцій відкриває структурний підхід в удосконаленні самої побудови машин. Це означає, що при вирішенні архітектури конструкції необхідно закладати елементи надійності в саму структуру машини. Таким чином, сучасні складні сільськогосподарські машини своєю структурною побудовою повинні відповідати при наймі двом важливим вимогам: виконанню

функціонального призначення і бути надійними в роботі на протязі заданої наробітки або часу експлуатації.

Приведений вище принцип розробки сучасних складних машин з урахуванням надійності техніки передбачає, як правило, впровадження нових конструктивних рішень з введенням надлишкових елементів, що не є вкрай необхідними для виконання основних виробничих функцій.

Розвинуті структурні схеми надійності машин включають застосування пасивних або активних видів резервувань. Прикладами пасивного резервування можна вважати різні конструктивні рішення деталей і вузлів з передбаченими запасами на зношування, регулювання, переточки зміни положень, тощо. Незважаючи на те, що структурні схеми надійності приведених прикладів не представляють труднощів (рис. 1), їх графоаналітичний опис і математична формалізація приводить до достатньо складних систем стохастичних диференціальних рівнянь.

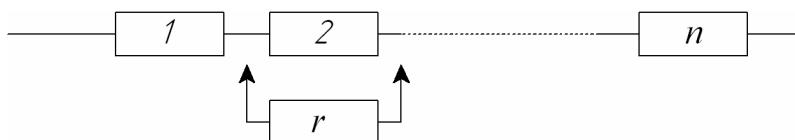


Рис. 1. Типова структурна схема надійності систем з невантаженим пасивним резервуванням

Завдання суттєво ускладнюється при урахуванні змін, що відбуваються в технічній системі (машині) по мірі зростання термінів її експлуатації (старінні). При цьому в період старіння інтенсивності відмов (λ – характеристики) зростають, що потребує спеціальних мір введення фіктивних станів при побудові графів опису переходів систем в різні можливі стани за період експлуатації техніки (рис. 2).

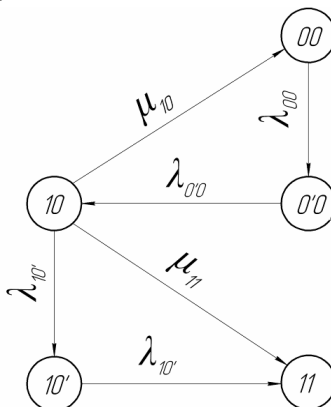


Рис. 2. Розмічений граф станів і переходів системи (машини) в різні стани при застосуванні пасивного резервування.

- 00 – працездатний стан, коли основний і резервний елементи справні;
- 10 – працездатний стан, коли основний елемент відмовив а резервний працює;
- 0'0, 10' – проміжний перехідний стан;
- 11 - стан відмови системи;
- λ_{ij}, μ_{ij} – інтенсивності відмов і відновлень системи.

Опис ймовірносної поведінки приведеної системи потребує складання стохастичних рівнянь балансу ймовірностей виду

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_{00}(t) = -\lambda_{00} P_{00}(t) + \mu_{10} P_{10}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{0'0}(t) = \lambda_{00} P_{00}(t) - \lambda_{0'0} P_{0'0}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{10}(t) = \lambda_{0'0} P_{0'0}(t) + \mu_{11} P_{11}(t) - \mu_{10} P_{10}(t) - \lambda_{10} P_{10}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{10'}(t) = \lambda_{10} P_{10}(t) - \lambda_{10'} P_{10'}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{11}(t) = \lambda_{10'} P_{10'}(t) - \mu_{11} P_{11}(t), \end{cases}$$

де P_{ij} - ймовірності знаходження системи в тому чи іншому стані.

Вирішення представленої системи диференціальних рівнянь представляє певні математичні труднощі. Однак при отриманні результату відкривається можливість визначення ймовірностей знаходження технічної системи (машини або їх комплексу) в тому чи іншому стані. Тобто, встановлюються всі основні характеристики і показники надійності.

Основною перевагою аналітичного методу є можливість, ґрунтуючись на накопичений досвід експлуатації попередньої техніки, що працювала в аналогічних умовах експлуатації і отриманих даних інтенсивностей відмов, міняти структурну побудову машин з позицій надійності до досягнення необхідних показників. Так при навантаженому резерві, що відображено структурною схемою надійності на рисунку 3, граф станів і переходів для старіючої техніки представляється слідуючим чином(рис. 4).

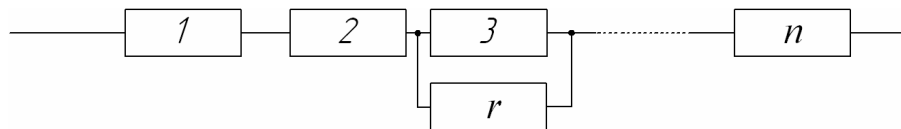


Рис. 3. Типова структурна схема надійності системи з навантаженим активним резервуванням.

Відмінністю побудованого графа є наявність шести можливих станів, що потребує для математичного опису складання такої ж кількості стохастичних диференціальних рівнянь балансу ймовірностей (рівнянь Колмогорова).

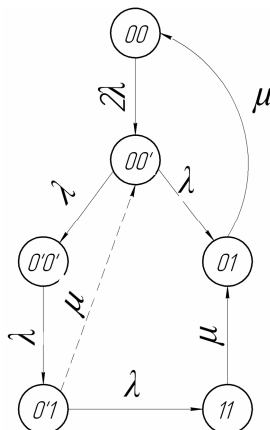


Рис. 4. Розмічений граф станів і переходів старіючої системи (машини) при активному постійно включеному резервуванні.

При активнодубльованні системи “техніка – база технічного обслуговування”, коли як перша, так і друга складові системи старіють, маємо граф станів і переходів зображений на рис. 5 [1].

З урахуванням динаміки процесів змін як машин, так і сфери їх технічного обслуговування розмічений граф має десять вершин з'єднання між собою ребрами можливих переходів з відповідними інтенсивностями. Вирішення поставленого завдання знаходження ймовірностей станів представляє певні математичні проблеми. Велика розмірність задачі потребує використання відповідних методів пониження рангу матриці. При цьому члени виразів, що визначають показники надійності і мають порядок малості якими можна знехтувати відкидаються без суттєвої втрати точності розрахунку.

При розгляді ненавантаженого резерву, старіючої техніки і бази технічного обслуговування, що поступово втрачає свій потенціал, пропонується наступний граф станів і переходів системи (рис. 6).

В даному випадку розмірність задачі менша а її вирішення допускає складання семи диференціальних рівнянь.

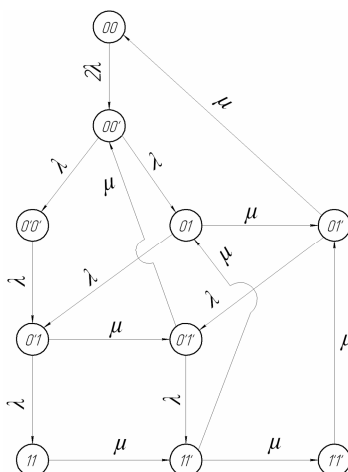


Рис. 5. Розмічений граф станів і переходів старіючої системи “машина – база технічного обслуговування” при активному постійному резервуванні.

Приведений огляд можливих графів і переходів технічних систем при застосуванні резервування показує, що незважаючи на певні математичні труднощі в описі поведінки складних технічних систем при їх відмовах і відновленні працездатності в умовах змін факторів впливу як зовнішнього середовища обслуговування техніки, так і внутрішніх змін в машинах (накопичуванні пошкоджень), аналітичні методи оцінки надійності на стадії проектування техніки відіграють велику роль особливо при розробці складної сільськогосподарської техніки.

Практика проектування і експлуатації сільськогосподарських машин має приклади успішного використання принципів резервування. Так, ножі кормозбиральних машин спроектовані з запасом на переточування лез для подальшої їх ефективної роботи.

Спеціальними регулюючими натяжними пристроями обладнані різні транспортуючі робочі органи, що допускають додатковий натяг ланцюгів і пасів у разі їх подовження. Пасивним резервуванням слід вважати комплектацію машин додатковими запасними деталями. Які використовуються у разі виходу з ладу основних. Прикладом цього можуть бути додаткові комплекти ножів, штифтів і молотків кормоприготувальних машин.

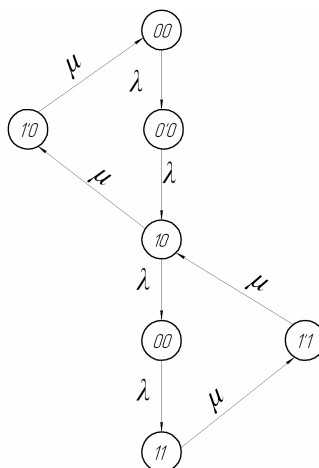


Рис. 6. Розмічений граф станів і переходів системи з ненавантаженим пасивним резервом при старіючій техніці і бази технічного обслуговування.

Принцип активного резервування використано у приводах механізмів на основі багатопасових передач, розробці фрезерних робочих органів подрібнювачів і навантажувачів кормів.

Однак приведені приклади технічних рішень незважаючи на їх ефективність в забезпеченні рівня надійності техніки не знайшли ще необхідного поширення і в основному використовуються без достатнього обґрунтування.

Причина цього полягає, насамперед, в складності оптимізації рівня і кратності резервувань того чи іншого вузла, деталі, або машини в цілому. По друге, як правило використання принципу резервувань пов'язано з введенням додаткових елементів в конструкції, значить і з додатковими економічними затратами у виробництві техніки. Окупляться ці витрати за межами виробництва тобто у споживачів техніки. Тому на додаткові затрати на виготовлення надійної техніки ідуть тільки ті розвинуті передові фірми для яких важливими факторами є репутація, конкурентоспроможність і попит машини на вільному ринку їх продажу.

Таким чином з викладеного видно, що крім відомих і розвинутих технологій зміцнення деталей і використання сучасних легованих конструкційних матеріалів для забезпечення необхідного рівня надійності машин заслуговує на увагу структурний метод, сутність якого полягає у зміні структурної схеми надійності виробу від найпростішого з послідовним з'єднанням елементів до більш розвинутих використанням різних видів резервувань.

Література

1. И.А. Ушаков Инженерные методы расчета надежности. Вып. 17. Из-во "Знание" М.-1970, С.-91