

Бойко А., д-р техн. наук, проф. (Національний університет біоресурсів і природокористування України),
Бондаренко О., канд. техн. наук, доцент (Миколаївський національний аграрний університет),
Савченко В., канд. техн. наук (Житомирський національний агроекологічний університет)

Резервування як ефективний метод забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки

Проаналізовано вплив структурних засобів резервування на надійність сільськогосподарської техніки, побудовано моделі станів і переходів системи «машина – технічне обслуговування».

Ключові слова: пасивне резервування, інтенсивність відмов, інтенсивність відновлень, граф станів.

Суть проблеми. Ускладнення сільськогосподарської техніки і надання їй багатофункціональності у поєднанні зі зниженням енергоємності виконуваних операцій вимагає до забезпечення необхідного рівня надійності машин [2].

Для механічних систем, якими в основному і є агрегатні вузли сільськогосподарських машин, підвищити рівень надійності можна двома шляхами [5]. Перший з них пов'язаний з підвищенням показників надійності складових (деталей) систем. Цей напрямок реалізований в основному у пошуку і впровадженні нових, більш міцних, зносостійких і корозійностійких матеріалів, методів і технологій зміцнення.

Другий шлях передбачає структурні зміни в конструкційних рішеннях тих чи інших вузлів і агрегатів. На жаль, цей перспективний напрямок ще не отримав поширеного застосування в механічних системах, в тому числі сільськогосподарських машинах. Причин тут кілька. По-перше, структурні зміни передбачають введення додаткових елементів, не вкрай необхідних для виконання функціонального призначення системи. По-друге, структурне резервування потребує нових рішень в побудові конструкцій, що в свою чергу потребує нетрадиційного підходу до розроблення машин з необхідністю використання аналізу їх потенційної надійності на стадії проектування.

В напрямку структурного резервування – як ненавантаженого (пасивного), так і навантаженого (активного) для механічних систем зроблено зовсім мало. Кожен з цих видів резервувань має свої переваги і недоліки.

В поняття пасивного резервування слід включити необхідність введення в технічну систему визначеної номенклатури і кількості деталей, нормованих в запасні частини, ресурс яких менший за загальний ресурс машин. До цього виду резервування також відносяться різні можливі регулювання, передбачені конструкцією машини і обумовлені спрацюванням деталей, вібрацією і зміною їх взаємного розташування під час припрацювання, переточування тощо.

Таким чином, необхідність пасивного резервування продиктована природним процесом експлуатації і втраю роботоздатності агрегатів і вузлів внаслідок проявлення тих чи інших видів пошкоджень.

Мета дослідження: проаналізувати вплив поступового старіння сільськогосподарської техніки на її надійність при застосуванні резервування.

Результати досліджень. Сільськогосподарська техніка в основі своїй відноситься до механічних відновлюваних систем. Періоди її роботи змінюються періодами відновлень у разі пошкодження або розрегулювання тих чи інших деталей і вузлів.

Відновлення нормального функціонування машин залежить не лише від конструкційно передбаченої їх ремонтпридатності і наявності запасних елементів, але також від технічного оснащення, використання передових методів діагностування і кваліфікації персоналу бази ремонту і технічного обслуговування. Таким чином, підтримка машин у роботоздатному стані – комплексне завдання, вирішення якого залежить не лише від конструкції машини, але також і від стану сфери ремонту і технічного обслуговування.

У цьому зв'язку техніка і сфера її обслуговування може розглядатися як цілісна єдина система, ефективно функціонування якої є необхідною умовою досягнення заданого рівня надійності машини.

В реальній експлуатації машини завжди старіють. Фізично це обумовлено процесами зношування, втомленості, корозії, забивання тощо. Протікання цих процесів неминуче призводить до зниження рівня роботоздатності, який може бути охарактеризований величиною інтенсивності відмов.

В той же час ремонтно-обслуговоча база технічного сервісу машин може знаходитись в різних можливих станах – від тих, що характеризуються зменшенням потенціалу і можливостей (старіння), до стану розвитку, обумовленого впровадженням новітніх технологій і методик технічного обслуговування і ремонту.

Для комплексної оцінки стану і тенденцій змін в загальному рівні забезпечення надійної роботи машин, зокрема сезонного призначення, необхідно розглянути цілісну систему "машина – технічне обслуговування" в динаміці проявлення їх характеристик.

Однією з поширених ситуацій еволюції розвитку системи можуть бути події, коли при загальному природному старінні техніки ремонтна обслуговоча база залишається на певному досягнутому рівні. Тоді в умовах наявності пасивних резервувань окремих вузлів і деталей, граф станів і переходів цієї системи матиме схему, зображену на рис. 1.

Система починає роботу з роботоздатного стану «00», поки основний елемент, включений в роботу, і додатковий резервний є справними. В процесі експлуатації

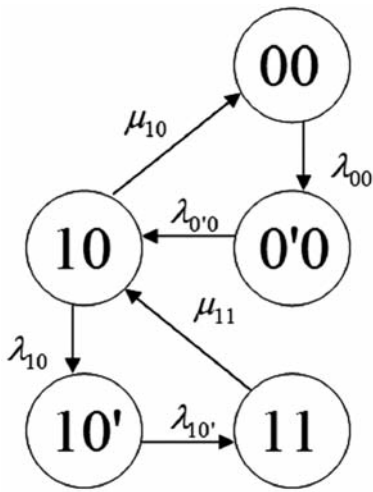


Рис. 1 – Граф станів і переходів системи «машина – технічне обслуговування» за пасивного резервування, старіючої техніки і незмінного рівня сфери технічного обслуговування

сивності її переходів із стану в стан є величинами змінними [4].

Із стану «10», коли система може працювати лише на резервному елементі, вона перейде в стан повної відмови «11» через другий проміжний стан «10'».

В результаті відновлення елементів система з нероботоздатного стану «11» переходить в роботоздатний «10» при відновленні одного з елементів, або в повністю роботоздатний початковий «00» при відновленні обох елементів (основного і резервного).

На розміченому графі (рис. 1) стрілками показано можливі переходи, які відбуваються з інтенсивностями λ_i і μ_i . Причому λ_i -характеристики є інтенсивностями відмов, а μ_i -характеристики – інтенсивностями відновлень.

Таким чином, система за пасивного резервування має два роботоздатних стани – «00» і «10» і один нероботоздатний «11», що характеризує її відмову.

Навантажене резервування на сьогодні ще не знайшло широкого використання в механічних технічних системах. Найбільше прикладів його ефективного застосування можна знайти в радіоелектроніці, комп'ютерній техніці, електротехніці, системах автоматики [1, 3]. Ще більше прикладів активного резервування спостерігаємо в біологічних системах, де проблеми надійності перетворюються в еволюційні проблеми виживання і розвитку того чи іншого виду.

Проведенню досліджень з виявлення впливу поступового старіння техніки на її надійність при застосуванні активного резервування можливе шляхом системного аналізу та моделювання процесів переходів досліджуваної системи в різні можливі стани і виявлення ймовірностей знаходження її в тому чи іншому стані.

Графічний опис поведінки дубльованої системи з навантаженим резервом можна представити розміченим графом (рис. 2):

Як видно з рисунка граф має достатньо розвинуту структуру. В ньому міститься шість станів, об'єднаних відповідними зв'язками переходів системи із стану в стан.

плуатації навантаженого включений елемент може відмовити, і тоді система переходить в стан "10". Він характеризується тим, що перший (основний) елемент відмовив, а другий (резервний) справний, і вся система залишається роботоздатною. Однак такий перехід можливий через проміжний стан «00», який штучно вводиться в опис системи як фіктивний для спрощення вирішення завдання математичної формалізації функціонування системи, коли інтенсивності її переходів із стану в стан є величинами змінними [4].

Робота системи починається з положення «00», що відповідає роботоздатному стану системи, коли обидва елементи (основний і резервний) знаходяться в справному початковому положенні. У випадку паралельного з'єднання рівнозначних елементів за активного резервування немає різниці між основним і дублюючим елементами, які рівноправні і рівнозначні для підтримки загальної надійності системи.

Припустимо, що після включення в роботу за поступового старіння навантаженого основний елемент системи накопичує пошкодження і вся система переходить в проміжний стан «00'». З цього положення може бути два напрямки розвитку подій. Або, продовжуючи роботу у встановленому режимі, система переходить в стан, коли навантажений (працюючий) елемент відмовляє «01», або в роботу більш підключається і навантажується резервний елемент, який внаслідок накопичувальних процесів пошкоджень переводить систему в стан «0'0'». З цього стану, так само як із стану «01», система у разі продовження експлуатації в будь-якому випадку переходить в стан «0'1'», який характеризується відмовою одного з елементів і накопиченим пошкодженням іншого. Таке положення попереджує про можливу повну відмову системи – як основного, так і резервного елементів. Ця ситуація описується станом «11», виходом з якої може бути лише відновлення системи під час її технічного обслуговування або ремонту з переведенням в початковий, повністю роботоздатний стан «00».

Характерним для системи з активним резервуванням, наявністю старіння техніки і прийнятною незмінною базою технічного обслуговування є висока її «живучість» незважаючи на постійне накопичення пошкоджень. Це означає, що за певного правильно вибраного рівня надійності системи, вона може залишатися роботоздатною протягом тривалого часу експлуатації. Тому особливістю відображення на графі є те, що єдиним положенням, коли система втрачає роботоздатність, є стан «11». Решта можливих станів вказує на роботоздатність системи. Однак доцільно

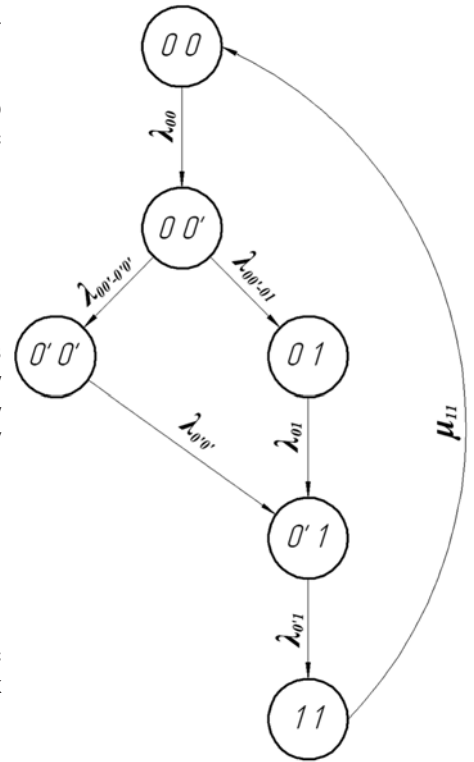


Рис. 2 – Розмічений граф станів і переходів системи за активного навантаженого резервування, старіючої техніки і незмінного рівня сфери технічного обслуговування

зауважити, що виявлені роботоздатні стани нерівноцінні за запасом надійності, а може й за функціональними їх можливостями. В останньому випадку все залежить від конкретного конструкційного рішення системи і її призначення.

Висновки. Таким чином, без перебільшень можна стверджувати, що для досягнення необхідного рівня надійності технічних систем, особливо складних, слід більше уваги приділяти структурним засобам резервування.

Розв'язання проблеми ефективного використання резервувань набуває особливої актуальності для аналізу відмов техніки з урахуванням реальних умов її використання. Крім того, визначення динаміки зміни показників надійності в залежності від стану бази технічного обслуговування машин має на сьогодні велике практичне значення.

Список літератури

1. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики. Учебное пособие. – К.: НАУ. 2004. – 164с.
2. Бойко А.І. Дослідження функції готовності механічних систем при накопичуванні пошкоджень / А.І. Бойко,

К.М. Думенко // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. пр. ДНУ. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2010. – Вип. 14. – С. 72-78.

3. Волкович В.Л., Волошин А.Ф., Заславский В.А., Ушаков И.А. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем; под ред. Михалевича В.С. – К.: Наукова думка, 1993. – 311с.

4. Надежность технических систем: справочник; под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.

5. Некипоренко В.И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность) / В.И. Некипоренко. – М.: Советское радио, 1977. – 214 с.

Аннотация. Проанализировано влияние структурных средств резервирования на надежность сельскохозяйственной техники, построены модели состояний и переходов системы "машина -техническое обслуживание".

Summary. Conducted analyze the impact of the gradual aging of agricultural machinery for its reliability in the application of reservation, built model states and transitions subsystems.

Стаття надійшла до редакції 18 березня 2013 р.