

al factors, such as performance, technical capacity of the company, soil and climatic conditions, training of service personnel, systems of maintenance and repair. The mathematical model of machine-tractor units' efficiency has been constructed and its analysis has been carried out. The relationships of the type 'reliability – productivity' have been determined. It has been proved that the efficiency of these units depends on their reliability, performance and technical use factor.

Key words: reliability, efficiency, productivity, aggregation, power module, operational capacity.

УДК 631.362-192

ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ

Невзоров А.В., к.т.н., доц. *

Пушка О.С., к.т.н., доц.

Кутковецька Т.О., викл.

Уманський національний університет садівництва

м. Умань, Україна

Тел. +380474439837

e-mail: 2andrey2@ua.fm

Анотація. У запропонованій статті проаналізовано, який вплив мають структурні засоби резервування на показники надійності сільськогосподарської техніки. В цьому розрізі побудовано моделі станів і переходів об'єктів сільськогосподарської техніки як систем із ненавантаженим (пасивним) резервуванням її елементів і систем, так і як системи з навантаженим (активним) резервуванням. Також проаналізовано інші існуючі шляхи підвищення показників надійності сільськогосподарської техніки як складних технічних механічних об'єктів. В результаті їх порівняння з методами резервування вказано на складність та часом

* Публікується по рекомендації: д.т.н., проф., акад. МААО Дідюра В.А.

неможливість їх застосування. Внаслідок такого аналізу у статті зроблено висновок, що саме структурне резервування є одним з найбільш перспективних шляхів підвищення показників надійності сільськогосподарської техніки як складного механічного об'єкта та вказано на доцільність його широкого застосування не дивлячись на окремі його недоліки, основним з яких є підвищення загальної вартості експлуатації техніки.

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

Постановка проблеми. Ускладнення сільськогосподарської техніки і надання їй багатофункціональності одночасно зі зниженням енергоємності операцій, які вона виконує, вимагає проведення заходів щодо забезпечення високого рівня надійності машин [1, 6 – 8, 10].

Для механічних систем, якими в основному і є агрегатні вузли сільськогосподарських машин, підвищити рівень надійності можна двома шляхами [5, 6]. Перший з них пов'язаний з підвищенням показників надійності деталей. Цей напрямок реалізований в основному у пошуку і впровадженні нових, більш міцних, зносостійких і корозійностійких матеріалів, методів і технологій зміцнення, розробці нових технологій виготовлення і обробки деталей.

Другий шлях передбачає структурні зміни в конструкційних рішеннях вузлів і агрегатів. Слід зауважити, що цей напрямок не має поширеного застосування в механічних системах, в тому числі сільськогосподарських машинах, що викликано рядом об'єктивних та суб'єктивних причин. По-перше, структурні зміни передбачають використання додаткових елементів, що, в свою чергу, підвищує масо-габаритні характеристики машин і вимагає додаткових площ для зберігання запасних деталей. По-друге, структурне резервування потребує нових рішень в побудові конструкцій, що в свою чергу потребує нових підходів до проектування та конструювання сільськогосподарської техніки (СГТ) та необхідності аналізу її показників надійності на всіх стадіях життєвого циклу [2 – 4].

Мета дослідження. Метою даної роботи є аналіз впливу структурного резервування (структурної надлишковості) на пока-

знижки надійності СГТ з урахуванням процесів її зносу та старіння.

Основна частина. Структурне резервування для будь-яких технічних систем (в тому числі і СГТ) поділяється на навантажене (активне) та ненавантажене (пасивне). В залежності від конкретного типу техніки та поставлених задач кожен з цих типів має свої переваги та недоліки, а у деяких випадках якийсь з них взагалі неможливо застосовувати. Так, наприклад, комплектування машинно-тракторного парку комплектом запасного інструменту і приладдя (ЗІП) можна розглядати як ненавантажене (пасивне) резервування [3, 9]. З цієї точки зору слід включити необхідність розрахунку визначеної номенклатури і кількості деталей, нормованих в запасні частини, ресурс яких менший за загальний ресурс СГТ. До цього виду резервування також відносяться різні можливі регулювання, передбачені конструкцією машини і зумовлені спрацюванням деталей, вібрацією і зміною їх взаємного розташування в процесі експлуатації. Таким чином, необхідність пасивного резервування викликана процесом експлуатації СГТ і втратою працездатності агрегатів і вузлів внаслідок прояву раптових чи поступових пошкоджень.

СГТ в основі своїй відноситься до механічних відновлюваних систем. Періоди її роботи змінюються періодами відновлень у разі відмов тих чи інших деталей і вузлів. Відновлення нормального функціонування СГТ залежить не лише від конструкційно передбаченої її ремонтпридатності і наявності запасних елементів, але також від технічного оснащення, використання передових методів діагностування і кваліфікації персоналу ремонтних органів і самої організації системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Таким чином, підтримка СГТ у працездатному стані є комплексною задачею, успішне вирішення якої залежить від багатьох різних факторів (соціальних, економічних, технічних, організаційних тощо).

В реальних умовах експлуатації машини завжди зношуються і старіють, що призводить до зростання інтенсивності відмов λ [1, 2]. Одночасно з цим і сама база ТОіР СГТ може знаходитись як у стані зменшення потенціалу і можливостей (старіння), так і у стані розвитку завдяки впровадженню новітніх технологій і методик ТОіР.

Для комплексної оцінки стану і тенденцій змін в зага-

льному рівні забезпечення надійної роботи СГТ необхідно розглянути цілісну систему «машина – технічне обслуговування» в динаміці прояву їх характеристик. Однією з поширених ситуацій еволюції розвитку системи можуть бути події, коли при загальному природному старінні техніки база ТОiP залишається на високому технічному рівні. Тоді в умовах наявності пасивних резервувань окремих вузлів і деталей, граф станів і переходів цієї системи матиме схему, зображену на рис. 1.

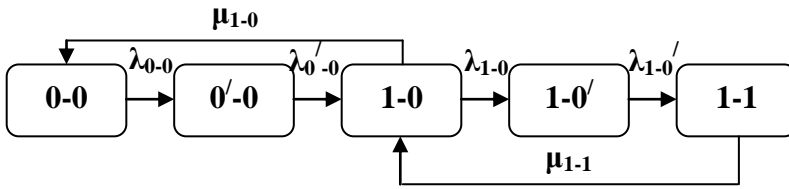


Рисунок 1 – Граф станів і переходів об'єкта сільськогосподарської техніки як системи з пасивним (ненавантаженим) резервуванням і старінням

Система починає роботу з працездатного стану «0-0», поки основний елемент, включений в роботу, і додатковий резервний є працездатними. В процесі експлуатації навантажений включений елемент може відмовити, і тоді система переходить в стан «1-0». Він характеризується тим, що перший (основний) елемент відмовив, а другий (резервний) працездатний, і вся система залишається також працездатною. Однак такий перехід можливий через проміжний стан «0'-0», 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 [3].

Із стану «1-0», коли система може працювати лише на резервному елементі, вона перейде в стан повної відмови «1-1» через другий проміжний стан «1-0'».

В результаті відновлення елементів система з непрацездатного стану «1-1» переходить в працездатний «1-0» при відновленні одного з елементів, або в повністю працездатний початковий «0-0» при відновленні обох елементів (основного і

резервного).

На графі (рис. 1) стрілками показано можливі переходи, які відбуваються з відповідними інтенсивностями відмов λ і інтенсивностями відновлень μ . Таким чином, система за пасивного резервування має два працездатних стани - «0-0» і «1-0» і один непрацездатний «1-1».

Навантажене резервування в механічних технічних системах менш поширене. Найбільше прикладів його ефективного застосування можна знайти в радіоелектроніці, комп'ютерній техніці, електротехніці, системах автоматики [1, 4, 5].

Проведенню досліджень з виявлення впливу поступового старіння СГТ на показники її надійності 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 [2, 3].

Графічний опис поведінки дубльованої системи з навантаженим резервом можна представити графом, представленим на рис. 2

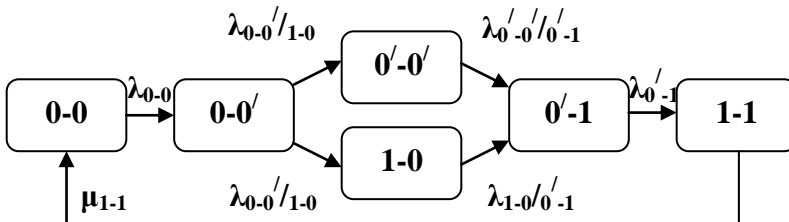


Рисунок 2 – Граф станів і переходів об'єкта сільськогосподарської техніки як системи з навантаженим (активним) резервуванням

Як видно з рисунка, граф має більш розвинуту структуру, ніж для випадку ненавантаженого резервування. В ньому міститься шість станів, об'єднаних відповідними зв'язками переходів системи із стану в стан.

Як і у попередньому випадку, робота системи починається з положення «0-0», що відповідає працездатному стану системи, коли обидва елементи (основний і резервний) знахо-

дяться в працездатному початковому стані. У випадку паралельного (з точки зору надійності) з'єднання рівнозначних елементів за активного резервування немає різниці між основним і дублюючим – вони рівноправні і рівнозначні для підтримки загальної надійності системи.

Припустимо, що після включення в роботу за поступового старіння навантажений основний елемент системи накопичує пошкодження і вся система переходить в проміжний стан «0-0'». З цього положення може бути два напрямки розвитку подій. Або, продовжуючи роботу у встановленому режимі, система переходить в стан, коли навантажений (працюючий) елемент відмовляє «0-1», 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 «0-1», 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 «1-1», виходом з якої може бути лише відновлення системи шляхом її технічного обслуговування або ремонту з переведенням в початковий стан «0-0».

Характерним для системи з активним резервуванням, наявністю старіння техніки і прийнятою 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 працездатною протягом тривалого часу експлуатації. Тому особливістю відображення на графі є те, що єдиним положенням, коли система втрачає працездатність, є стан «1-1». Решта можливих станів вказує на працездатність системи. Однак доцільно зауважити, що виявлені працездатні стани нерівноцінні за запасом надійності, а часом і за функціональними їх можливостями. В останньому випадку все залежить від конкретного конструкційного рішення системи і її призначення.

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

резервування. Розв'язання проблеми ефективного їх використання набуває особливої актуальності для аналізу відмов СГТ з урахуванням реальних умов її використання. Крім того, визначення динаміки зміни показників надійності в залежності від стану бази ТОiР СГТ має велике практичне значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Азарсков В.Н. Надежность систем управления и автоматизации: учебное пособие. / В.Н. Азарсков, В.П. Стрельников – 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. Бойко А.І. Математична формалізація опису станів і переходів пасивного резервування технічних систем / А.І. Бойко, О.В. Бондаренко, В.М.Савченко – Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Випуск 133, 2013. – С. 216 – 219.

4. Гаек Я. Теория ранговых критериев / Я. Гаек, З. Шидак– М.: Наука, 1971. – 376 с.

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

6. Надежность технической систем и техногенный риск: электронное учебное пособие. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/index.html>.

7. Надежность технических систем: справочник. / Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.

8. Надійність тракторів і автомобілів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://imetal.in.ua/uk/remont-traktoriv-i-avtomobiliv/nadijnist-traktoriv-i-avtomobiliv>.

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

10. Нечипоренко О. М. Основи надійності літальних апаратів [Текст]: навч. посіб. / О. М. Нечипоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 240 с.

BIBLIOGRAPHY

1. Azarskov V.N. Reliability of control and automation systems: a tutorial. / V.N. Azarskov, V.P. Strelnikov - K.: NAU. 2004. – 164 p.
2. Boyko A.I. Research tool readiness mechanical systems with accumulation of damages / A.I. Boyko, K.M. Dumenko // Problems computing mechanics and strength of structures: Coll. Science. pr. DNU. - Dnepropetrovsk: Science and Education, 2010. - Vol. 14. - P. 72-78.
3. Boyko A.I. Mathematical formalization description of states and transitions passive redundancy technical systems / A.I. Boyko A.V. Bondarenko V.M. Savchenko – Bulletin KNTUA them. P.Vasylenka. Issue 133, 2013. – P. 216 – 219.
4. Hajek J. Theory of rank tests / J. Hajek, Z. Shidak- M.: Nauka, 1971. – 376 p.
5. Models and methods of optimization of reliability of complex systems / [V.L. Volkovich, A.F. Voloshin, V.A. Zaslavsky, I.A. Ushakov], ed. V.S. Mikhalevich - K.: Naukova Dumka, 1993. – 311 p.
6. Reliability of technical systems and technological risks: an electronic textbook. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.obzh.ru/nad/index.html>.
7. Reliability of technical systems: a handbook. / Ed. I.A. Ushakov. - M.: Radio and Communications, 1985. - 606 p.
8. Reliability tractors and cars. [Electronic resource]. – Access mode: <http://imetal.in.ua/uk/remont-traktoriv-i-avtomobiliv/nadijnist-traktoriv-i-avtomobiliv>.
9. V.I. Nechiporenko Structural analysis systems (efficiency and reliability) / V.I. Nechiporenko. – M.: Soviet Radio, 1977. – 214 p.
10. Nechiporenko O.M. Fundamentals of reliability of aircraft [Text]: teach. guidances. / A.N. Nechiporenko. - K.: NTUU "KPI", 2010. – 240 p.

IMPROVING AGRICULTURAL MACHINERY RELIABILITY INDEX BY USING STRUCTURAL REDUNDANCY

A.V. Nevzorov, O.S. Pushka, T.O. Kutkovetska

Summary

The article analyzes the impact of structural redundancy

means on backup reliability of agricultural machinery. In this context the models of states and transitions of agricultural machinery objects have been built for both systems with unloaded (passive) redundancy of components and systems of load (active) backup. Other existing ways of increasing the reliability indices of agricultural machinery as complex mechanical engineering objects have been analyzed. As a result of their comparison with the backup methods the complexity and impossibility of their application with the times are specified. Due to this analysis, the article concludes that structural redundancy is one of the most promising ways to improve the reliability indices of agricultural machinery as a complex mechanical object. It indicates the feasibility of its widespread use despite some of its imperfections, the main of which is increase in the total cost of the operating machinery.

Key words: passive redundancy, active redundancy, failure rate, redundancy rate.

УДК 631.3

САМОХІДНА ПЛАТФОРМА – ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА НЕОБХІДНІСТЬ

Адамчук В.В., д.т.н., проф. *

Третяк В.М., к.т.н., доц.

Третяк М.В., к.т.н, с.н.с.

Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

смт. Глеваха, Васильківський район, Україна

e-mail: victor_tretyak@mail.ru

Оляднічук Р.В., к.т.н., викладач

Уманський національний університет садівництва

м. Умань, Україна

Тел. +380474439837

e-mail: olyadnichukr@gmail.com

* Публікується по рекомендації: д.т.н., проф., акад. МААО Пастухова В.І.