

Бойко А. І.

Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
e-mail: zoya140790@mail.ru

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У
ДОСЛІДЖЕННІ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ
ТЕХНІКИ**

УДК 519.863:621.028.02

В статті зростаюча роль досліджень в області надійності в зв'язку з ускладненням сучасних сільськогосподарських машин і їх комплексів. Наголошується на важливості проведення попередніх аналітичних досліджень по удосконаленню конструктивних рішень складної техніки з позиції забезпечення її надійності. Запропоновано використання сучасних методів визначення показників надійності на стадії проектування машин.

Ключові слова: надійність, математична модель, складна система, багатофункціональність, структурна будова, схема надійності.

Вступ

Сучасне сільськогосподарське машинобудування переживає непростий період переходу до впровадження у сільськогосподарське виробництво більш складної і багатофункціональної техніки. Доповнюють необхідність такого переходу енергетичні та економічні проблеми необхідності зниження витрат на виконання робіт без внесення негативного впливу на навколишнє середовище.

Нове покоління машин (комбайни, комплекси, тощо) представляють собою, як правило складні соціо-технічні системи, вимоги до надійності яких суттєво відрізняються від тих, що пред'являлися раніше до відносно простої техніки.

Перехідний період розробки і впровадження цих машин характеризується теоретично-практичним втіленням досягнень науки про надійність в реальну практику сільськогосподарського виробництва.

Аналіз останніх досліджень

Для сучасних складних сільськогосподарських машин і їх комплексів вирішення проблем забезпечення надійності все в більшій мірі означає їх загальну принципову можливість існування. Еволюція розвитку машин, їх багатофункціональність при заданому рівні надійності, породжують необхідність введення в конструкції додаткових надлишкових елементів. Крім того, ускладнення прийнятих технічних рішень обумовлюється, також, ускладненням архітектури з'єднань окремих елементів між собою. Від простих розповсюджених послідовних з'єднань, притаманним механічним системам минулих поколінь, розвиток техніки приводить до більш складних схем надійності з урахуванням різних доцільних видів резервування. Такі системи все в більшій мірі наближаються до тих, що можна спостерігати в живій природі як таких, що в процесі еволюції набули розвинуту структурну побудову.

Незважаючи на суттєві досягнення науки про надійність як в напрямку ймовірної апріорної оцінки техніки, так і експериментального визначення її показників, сучасний рівень механізації і автоматизації робіт у сільськогосподарському виробництві вимагає нових підходів до вирішення проблем надійності складних машин і комплексів з урахуванням специфіки їх експлуатації і проявлення характерних видів відмов. Особливе значення дослідження цих проблем для прийняття рішень набуває на ранніх стадіях створення (розробки) машин.

Мета досліджень

Теорія надійності, насамперед, передбачає розробку математичних моделей функціонування технічних виробів, їх обслуговування і ремонту. Результатом моделювання

стає якісно порівняльна оцінка варіантів конструктивних рішень і кількісна оцінка параметрів у вигляді отриманих показників надійності.

Виклад основного матеріалу досліджень

Математичні моделі надійності відрізняються від інших тією особливістю, що мають ймовірнісний опис поведінки систем при обмежених, а інколи і недоступних, даних експлуатації. Незважаючи на це, створення моделей є необхідним процесом кількісної оцінки безвідмовності і довговічності систем, що особливо важливо на початку проектування машин. Тут виявляється раціональна, з позиції надійності, структурна побудова конструкцій, їх елементна база, раціональне використання і дисципліна обслуговування.

Як і інші моделі, моделі надійності є тільки наближеним описом поведінки систем. Для вивчення надійності важливим є розгляд систем, виходячи з тієї властивості, яка, як відомо, є скритною і проявляє свої характеристики тільки з часом експлуатації. В цьому полягає особлива складність розробки стохастичних математичних моделей надійності. Однак, сама краща модель є не більше ніж найбільш повним можливим наближенням до реального об'єкту. Стосовно моделей надійності правомірно ставити умови про необхідність створення достатньо точних моделей з урахуванням неминучої розбіжності вхідних даних, що, як правило, беруться із статистики експлуатації машин. Це обмежує точність і рівень складності побудов моделей в достатніх межах практичного їх використання.

Доцільно зауважити, що із ускладненням машин (систем) роль математичного моделювання надійності, а також безвідмовної експлуатації машин збільшується. При цьому показники надійності неминуче виходять на передові позиції основних характеристик техніки.

Сучасним складним сільськогосподарським машинам (комбайнам) і комплексам притаманні ускладнені структури будови із характерними особливостями опису функціонування і тривалої експлуатації. Тому, математична формалізація функціонування таких систем навіть в дискретних двох станах: (працездатності або відмови) представляє певні труднощі. Моделі можуть мати велику розмірність, що ускладнює обчислювальні процедури, навіть з використанням чисельних методів на ЕОМ.

Побудову відносно простих моделей, що адекватно з достатньою точністю описують поведінку технічних систем з позиції надійності скоріше можна віднести не тільки до знань, досвіду, але в певній мірі і до мистецтва дослідника, високого рівня розуміння, як працює і виходить з ладу система при повному уявленні її функціонування і структурної побудови.

Таким чином, основними вимогами до моделювання надійності слід вважати [1-3]:

1. Необхідність відображення в моделях головних властивостей систем, що вивчаються з позиції вивчення їх надійності.
2. По можливості, розробка спрощених (невеликої розмірності) моделей, що з достатньою точністю описують об'єкти моделювання і придатні для використання при неповних вхідних даних.
3. При необхідності легка модифікація моделей під нові вхідні дані або можливі зміни в їх структурній будові.

Як правило, для складних систем (машин) завдання моделювання зводиться до визначення показників надійності виходячи з відомих даних про надійність окремих елементів, зв'язків між ними і загальної структурної побудови системи [4].

Кінцевою метою такого дослідження є:

1. Виявлення принципів можливостей чи навпаки неможливості досягнення поставленого у завданні рівня надійності.
2. Пошук і вибір кращих структурних побудов конструкцій.
3. При необхідності, розробка пропозицій стосовно використання раціональних видів резервувань.

При аналізі на надійність для систем, що розглядаються важливо проаналізувати існуючі зв'язки між її елементами. Ці зв'язки витікають із функціональних особливостей систем і логічних побудов їх структурних схем. Таким чином, виявляються і стають можливими два напрямки у вирішенні завдань визначення рівня надійності складної техніки:

1. Шляхом складання логічних структурних схем надійності, що відображують функціонування систем з наступним описом їх переходів в різні можливі стани.
2. Використання тільки функціональних схем систем, що потім обробляються і аналізуються.

В практиці проведення досліджень отримав переважний розвиток і широкого використовується перший шлях як найбільш ефективний.

Для отримання математичної моделі надійності систем, в першу чергу необхідно виділити можливі стани з урахуванням суттєвих ознак знаходження в тому чи іншому стані. При цьому виявляються ті характерні стани, які впливають на надійність. Цим здійснюється шлях до формалізації завдання опису поведінки систем. Доцільно при описі систем враховувати і елементи технічного їх обслуговування або ремонту. Така робота необхідна при описі відновлювальних систем і потребує кваліфікованого підходу. Перевірка правомірності поставленого завдання моделювання можлива наступним чином:

1. Зворотними діями спочатку аналізують отриману математичну модель (схему) і через її апроксимацію переходять до реальних процесів, що відбуваються із системою.
2. Залученням до перевірки моделі спеціалістів, що раніше не приймали участі в її розробці.

Між реальним функціонуванням системи і її описом завжди є розбіжність. Мистецтво в складанні моделі полягає в тому, щоб урахувати важливі фактори впливу і знехтувати другорядними не втративши необхідної точності опису поведінки системи.

Найбільше розповсюдження отримали логічні моделі опису безвідмовної роботи систем. При цьому виділяють можливі стани при відмовах і відновленнях, інтенсивності переходів з одного стану в інший. По можливості враховуються всі стани виходячи із несумісності їх одночасного проявлення. При цьому функціональні зв'язки між елементами замінюються на логічні, що відображують працездатність або непрацездатність системи.

Математичні моделі надійності розробляються для отримання кінцевих розрахункових формул визначення показників надійності і якісного аналізу впливу окремих факторів на них. Крім того може бути виконана оцінка досконалості структурної будови системи, що проектується. Розробка відповідних математичних моделей виконується на основі використання:

- інтегральних рівнянь;
- диференціальних рівнянь;
- оцінки надійності за графом станів і можливих переходів системи в різні стани.

В останні роки все більшого поширення знаходять чисельні методи вирішення задач надійності в тому числі і шляхом ймовірнісного моделювання процесів переходів систем в різні можливі стани. При багатократній реалізації випадкових процесів переходів системи виявляються закони розподілу і статистичні характеристики випадкової величини.

Привабливим є використання спеціальних моделюючих установок реалізуючих процеси роботи складної системи. На сьогодні такий підхід розвивається в напрямку імітації випадкових переходів системи з визначенням ймовірнісних характеристик знаходження їх в тому чи іншому стані.

Висновок

Сучасні технології сільськогосподарського виробництва вимагають застосування нової більш складної енергозберігаючої і надійної техніки. Вирішення питання забезпечення надійності складних сільськогосподарських машин і їх комплексів приводить до нових рішень і підходів, насамперед, в області аналітичних досліджень при математичному моделюванні функціонування машин як складних технічних систем.

Література

1. Ушаков И. А. Курс теории надежности систем / И. А. Ушаков. – М.: ДРОФА, 2008. – 239 с.
2. Ушаков И. А. Вероятностные модели надежности информационно-вычислительных систем / И. А. Ушаков. – М., Радио и связь, 1991. – С. 125.
3. Половко А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. – 701 с.
4. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных систем / Г. В. Дружинин. – М.: Энергия, 1977. – 536 с.

Summary

Boyko A.I. Mathematical modeling in research of reliability complex engineering

The article considers the increasing role of research in the field of reliability with the increasing complexity of modern agricultural machines and their complexes. Emphasizes the importance of conducting preliminary analytical works on improvement of constructive solutions to the complex technology from a standpoint of ensuring the reliability of functioning. The proposed use of modern methods of definition of indicators of reliability in the design stage of machines.

Reliability theory primarily involves the development of mathematical models of functioning of technical devices, their maintenance and repairs. The results of the simulation becomes qualitatively comparative evaluation of structural solutions and the quantification of parameters in the obtained reliability indices.

The reliability differ from the other feature that have a probabilistic description of the behavior of systems with limited and sometimes unavailable data exploitation in mathematical model. Despite this, the creation of models is a necessary process of quantitative assessment of the reliability and durability of systems, which is particularly important in the beginning of the machine design. Here is the rational from the standpoint of reliability, structural building designs, their components, management and discipline maintenance.

Modern technologies of agricultural production require new, more complex energy-saving

and reliable technology. The issues of reliability of agricultural machines and their complexes requires new solutions and approaches, especially in the field of analytical research in mathematical modeling of the functioning of machines as complex technical systems.

Key words: *reliability, mathematical model, complex system, multi-functionality, block structure, the circuit reliability.*

References

1. Ushakov Y. A. Kurs teoryy nadezhnosity system / Y. A. Ushakov. – M.: DROFA, 2008. – 239 s.
2. Ushakov Y. A. Veroyatnostnyye modely nadezhnosity ynformacyonno-vucheslytelnyx system / Y. A. Ushakov. – M., Radio y svyaz, 1991. – S. 125.
3. Polovko A. M. Osnovy teoryy nadezhnosity / A. M. Polovko, S. V. Gurov. – Sankt-Peterburg : BXV-Peterburg, 2006. – 701 s.
4. Druzhynyn G. V. Nadezhnost avtomatyzyrovannyx system / G. V. Druzhynyn. – M.: Energiya, 1977. – 536 s.