

УДК 681.324

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Болтянська Н.І., к.т.н.,

Шокарев О. М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Системний підхід є методом наукового пізнання, в основі якого лежить дослідження технічного об'єкта як системи. Тобто системний підхід розглядається як методологія наукового пізнання, в основі якого лежить дослідження технічних об'єктів як цілісної системи. При цьому розглядається розуміння системи у взаємозв'язку «людина – технічний об'єкт – середовище». Техніка, машини є складними механічними системами (ремонтованого класу). Технічною системою називається сукупність елементів, об'єднаних конструктивно і функціонально для виконання необхідних функцій. До технічних систем ми відносимо технічні об'єкти та машини. Технічна система на відміну від замкненої фізичної системи є відкритою і реагуючою, що змінюється в залежності від зовнішніх умов, умов експлуатації, технічного обслуговування і ремонту. Основні принципи, що визначають об'єкт як складну систему: ієрархічність, об'єкт як безліч елементів і міжелементних зв'язків, структурність, єдність і цілісність, можливість побудови математичних моделей і моделювання систем [1–4].

При системному підході вирішення проблеми надійності техніки пов'язано з наступними цілями:

1) досягнення найкращих показників надійності машин за функціональними, екологічними критеріями та критеріям безпеки з мінімальними витратами часу, праці і матеріальних засобів;

2) збереження в заданих межах показників надійності, працездатності в експлуатації, а також при зберіганні, транспортуванні, технічному обслуговуванні (ТО) і ремонту;

3) вдосконалення та модернізація технологічного обладнання.

Властивості систем машин, які є складними технічними системами. Назвемо ряд властивостей, що відносяться до складних систем. 1. Складним системам властиві самоорганізація, саморегулювання, самопристосовуваність. 2. Можливість відновлення працездатності по частинах без порушення працездатності і функціонування всієї системи. 3. Ієрархічність.

Надійність – це один з основних показників якості технічного об'єкта, що виявляється в часі і відображає зміни, що відбуваються протягом усього часу його експлуатації, включаючи весь життєвий цикл – від

створення до утилізації. Надійність розглядаємо як властивість машини зберігати необхідні техніко-експлуатаційні параметри, що характеризують надійність протягом всього періоду її експлуатації. При дослідженні надійності відстежується зміна якісних показників машини в часі, що дозволяє вивчати надійність через виконання процесів діагностування та прогнозування безпосередньо в період її роботи. Розглядаючи динаміку зміни стану машини як технічного об'єкта, можна прийти до висновку, що надійність є багатостадійна форма зміни стану машини [5,6].

Надійність виробу закладається при проектуванні, забезпечується при виготовленні і підтримується в експлуатації, тобто проблему забезпечення надійності машини слід вирішувати протягом всього життєвого циклу – від проектування до утилізації машини.

При проектуванні машини обґрунтовуються і закладаються всі основні і необхідні вимоги до забезпечення надійності машини після її виготовлення. При виготовленні машини з урахуванням передбачених режимів функціонування реалізується якість створення машини і контролюється якість виготовлення механізмів, вузлів, де кожен з них буде наділений характеристиками надійності, включаючи жорсткість конструкції, геометричну точність елементів конструкції та інші параметри.

В процесі експлуатації машини реалізується її надійність, при цьому вона залежить від методів і умов експлуатації машини, прийнятої системи її ремонту, методів технічного обслуговування, застосовуваних режимів функціонування вузлів і механізмів та інших експлуатаційних факторів [7-9]. Ігнорування забезпечення надійності технічного об'єкта є найбільш ненадійний шлях її створення, що приводить до зменшення технічного ресурсу застосування. Будь-які відмови машини призведуть до значних матеріальних і фінансових збитків. Статистика відмов та їх причин дає великий обсяг інформації про стан надійності механізмів та вузлів машин і є основним джерелом отримання інформації і виявлення фактичних значень параметрів надійності та причин втрати працездатності та довговічності [10-12]. Статистичні дані про процеси функціонування машини дозволяють отримати реальне уявлення про те, наскільки конструкція, виробництво і умови застосування, експлуатації відповідають закладеним проектом рівнем надійності і безпеки експлуатації. Статистичні дані, отримані під час діагностування, дозволяють проводити прогнозування майбутнього стану машини і вдосконалення процесу функціонування в умовах експлуатації. Таким чином, буде закладено комплексний підхід до вивчення та дослідження фактичного стану надійності технологічного обладнання.

В процесі експлуатації технічний стан машини постійно змінюється з різними швидкостями втрати працездатності. Якщо машина, її механізми та вузли ненадійні, то відбудеться часткова або повна втрата

працездатності, що змушує відновлювати її до заданого рівня за рахунок організації і проведення технічного обслуговування і ремонту. Надійна машина - це основна ознака втрати ефективності її застосування, так як кожна її зупинка через пошкодження механізмів або зниження технічних характеристик вузлів з втратою техніко-експлуатаційних параметрів призведе не тільки до великих матеріальних збитків, а й вплине на погіршення стану виробничої та техносферної безпеки. Загальновідомо, що за весь період експлуатації витрати на ремонт, технічне обслуговування машин в зв'язку з їх зносом часом в кілька разів перевищують вартість нової машини. Великий вплив на надійність машини надають, з одного боку, зовнішні умови експлуатації, з іншого - внутрішні фізико-хімічні процеси, що сприяють руйнуванню, такі як старіння, корозія, підвищений знос, зміни властивостей матеріалів, з яких виготовлені вузли і механізми.

Аналіз надійності складних систем має свої особливості. Специфіка оцінки надійності складної системи полягає в тому, що велику роль відіграють зв'язки між її елементами.

Побудова моделі надійної системи здійснюється з урахуванням властивостей, параметрів і характеристик. При цьому враховуються стан технологічного обладнання: S_1 – працездатний стан в режимі очікування; S_2 – працездатний стан в режимі виконання функцій, роботи, задачі; S_3 – непрацездатний стан, період відновлення працездатності.

При розрахунку надійності використовують структурні схеми з можливістю розчленування складної системи на окремі елементи, для кожного з яких можна визначити ймовірність безвідмовної роботи ($P_i(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента під час заданого періоду). Тоді можна визначити ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ всієї системи. Такі розрахунки називаємо розрахунком системної надійності. Розглядаючи вищезгадані параметри механізмів і вузлів, можна прийти до висновку, що найбільш характерними є випадки, коли простої одного механізму або вузла виводять з ладу всю систему.

Наприклад, більшість приводів машин і механізмів, передач підпорядковуються цій умові. Так, якщо в приводі машини вийде з ладу будь-що: шестерня, підшипник, муфта, важіль управління, електродвигун, насос мащення і т. п., то вся машина з приводом перестане функціонувати. Тоді ймовірність безвідмовної роботи такої системи буде дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи її механізмів і вузлів:

$$P(t) = P_1(t) P_2(t) P_3(t) \dots P_n(t) = \prod P_i(t).$$

Якщо вузол складається з 50 деталей, а ймовірність безвідмовної роботи кожної деталі за розглянутий проміжок часу складає $P_i(t) = 0,99$, то ймовірність безвідмовної роботи вузла складе $P(t) = (0,99)^{50} = 0,55$. Якщо ж вузол з 400 деталей з такою ж імовірністю, то $P(t) = (0,99)^{400} = 0,018$, що говорить про непрацездатність вузла.

Проблеми забезпечення надійності техніки вирішуються при комплексному і системному підходах з вирішенням завдань в організаційному, методичному та кадровому напрямках. Технічні об'єкти, наприклад, машини, є складними механічними системами. При комплексному підході вирішуються завдання забезпечення надійності на всіх етапах життєвого циклу машини. Системний підхід передбачає розгляд машини і забезпечення її надійності як системи причинно-наслідкових зв'язків. Організаційний напрям робіт передбачає розробку програми забезпечення надійності та зниження ризику для всіх етапів життєвого циклу машини, нормативних документів і стандартів, які визначають положення і вимоги до забезпечення надійності техніки.

Вивчення фізичних процесів, які призводять до зміни показників надійності об'єкта та його механізмів, найбільш повно можна провести в умовах системного аналізу стану «середовище, що змінюється - функціонуючий технічний об'єкт – діяльність людини».

Наслідком втрати працездатності є відмови вузлів, механізмів, що призводить до простоїв машини. Основні простої з'являються з технічних причин, у зв'язку з неякісним технічним обслуговуванням, з організаційних причин. Простої характеризують ненадійність машини з появою відмов її функціонування. Відмова функціонування розглядається як позациклова втрата і як подія, що полягає в порушенні працездатності машини. При цьому відмова машини має об'єктивні причини виникнення, але носить випадковий характер, і ймовірність її появи може бути описана різними законами ймовірнісного розподілу параметрів надійності в процесі експлуатації.

Втрата працездатності під час функціонування є природна властивість реальної системи машин. Різні види енергії, які виробляє сама машина і які впливають на машину ззовні, висловлюють оборотні і необоротні процеси зміни її стану, що призводять до погіршення початкових значень техніко-експлуатаційних параметрів машини.

До числа основних напрямків підвищення надійності системи машин слід віднести наступні три напрямки.

1. Підвищення опору системи машин зовнішнім діючим умовам експлуатації. Це має досягатися за рахунок розробки методів створення високоміцних, жорстких, зносостійких конструкцій вузлів і механізмів, а також застосування конструкційних матеріалів високої міцності, зносостійкості, антикорозійної стійкості та ін. 2. Ізоляція машин від шкідливих коливальних процесів і впливів за рахунок установки машини на фундамент для віброізоляції, створення спеціальних температурних умов і вологості. 3. Застосування методів саморегулювання, коли машина здатна автоматично відновлювати втрачені функції і реагувати на зовнішні впливи. Для цього напряму існують необмежені можливості вирішення проблем підвищення надійності, працездатності і довговічності машини.

Список використаних джерел

1. Скляр Р. В., Комар А. С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
2. Болтянська Н. І. Забезпечення високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва шляхом підвищення рівня надійності техніки. Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2018. Вип. 282, ч.1. С. 181–192.
3. Болтянська Н. І., Комар А. С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип.8. Т.2. С. 44-56.
4. Болтянська Н. І. Роль технічного сервісу при забезпеченні високоефективного функціонування технологічного процесу виробництва продукції тваринництва. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 3. Т.1, С. 103-110.
5. Болтянський О. В. Екологічна безпека виробництва та зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції. Науковий вісник НУБіП. Серія Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип.212, ч.1. С. 275-283.
6. Болтянська Н.І. Зміни техніко-експлуатаційних показників МЕЗ під впливом на них надійності. Вісник ХНТУСГ. 2009. Вип.89. С. 106-111.
7. Болтянська Н.І. Підвищення довговічності вузлів тертя мобільної сільськогосподарської техніки застосуванням нанотехнологій. Вісник ХНТУСГ. 2012. Вип.128. С. 132-137.
8. Комар А.С. Кількісні показники економічного аналізу надійності прес-гранулятора з нерухомою матрицею. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 97–104.
9. Болтянська Н. І., Комар А. С. Визначення умови економічної доцільності підвищення надійності прес-гранулятора. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 205. 2019. С. 398-405.
10. Skliar A., Boltyanskyi B., Boltyanska N., Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. Modern Development Paths of Agricultural Production. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P. 249-258.
11. Sklar O. G. Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook. Condor Publishing House. 2018. 380 p.
12. Комар А.С. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.