

1. Савченко Л.Г. Аналіз впливу мікроклімату в промислових теплицях на виробничий персонал/ В.М. Савченко, Л.Г. Савченко // Інженерія природокористування – 2018. – №2(10). – С. 122 – 129
2. Абрамова Л.В., Михайлова, Е.М. Определение оптимальных условий освещения объектов светодиодными установками // Известия вузов. Проблемы энергетики, 2012, № 1-2. – С. 102-106

121. В.В. Аулін, д.т.н., професор, А.В. Гриньків, к.т.н., С.В. Лисенко, к.т.н., доцент, Д.В. Голуб, к.т.н., доцент, Центральноукраїнський національний технічний університет

СИНЕРГЕТИКА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ МАРКІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ

Структура складних динамічних систем і агрегатів машин в синергетиці обумовлюється передусім їх технічним станом, що виникає в результаті багатоваріантної і неоднозначної поведінки елементів (спряженні деталі, робоче (технологічне) середовище), трибоспряження їх деталей не деградують до стандартних елементів, властивих замкненим системам, усереднено термодинамічного типу, але розвиваються внаслідок відкритості притоку енергії і речовини із зовні, реалізуються нелінійні внутрішні процеси, з'являються особливі режими. Одним з найбільш діючих методів підвищення надійності функціонування динамічних систем є структурне резервування, тобто введення додаткових резервних елементів структури, які при абсолютній надійності елементів вихідного стану системи не є функціонально необхідними.

Моделювання життєвого циклу (ЖЦ) машини, як складної динамічної системи здійснювали за допомогою методів марківського аналізу з використанням діаграм станів і переходів для моделювання надійності поведінки їх трибоспряжень деталей, систем і агрегатів в часі. Метод дозволяє легко моделювати стратегії їх технічного обслуговування (ТО). Крім цього в марківській моделі можна відобразити порядок, в якому відбуваються багатократні відмови, на відміну від інших методів аналізу надійності.

Зазначеним методом виявляють проблеми підвищення експлуатаційної надійності машин, рішення яких можуть бути знайдені на шляху взаємодії марківських моделей різних видів, оскільки у відповідності з принципами синергетики, коли нелінійні динамічні підсистеми об'єднуються. При цьому нове утворення не рівне сумі частин, а створюється система іншої організації або іншого рівня.

В той час при створенні моделей систем і агрегатів машин слід враховувати, що кількість їх станів і можливих переходів швидко зростає з ростом кількості елементів. Крім цього, існуючі види марківських моделей не дозволяють поєднати стохастичну основу підходу з детермінованими подіями, що відбуваються при їх реальній експлуатації.

Застосовуючи структурний аналіз складних динамічних систем зі структурним резервуванням на основі марківських моделей, припускають, що вони в цілому можуть існувати в різних станах, кожний з яких визначається специфічною комбінацією працездатного та непрацездатного станів елементів. У випадковий момент часу, при відмові або відновленні працездатності хоч би одного елементу, вся система може перейти у наступний стан. Важливим компонентом такого аналізу є прогноз пошкоджень та структурних перетворень, як розклад виявлення майбутніх відмов окремих елементів резервованих систем. Прогностична модель повинна при цьому містити дві основні підмоделі: машин в цілому прогнозу пошкоджень структури проєктованих (керованих) системи і агрегатів і машин в цілому на протязі ЖЦ та їх чисельної оцінки за критеріями надійності.

Існує багато видів марківських моделей, частина з яких найбільш підходить для прогнозування і оцінки як параметричної, так і структурної експлуатаційної надійності систем. Наприклад, емпірично-статистична модель (ЕСМ), робота якої побудована на безпосередній оцінці пошкоджень, що відбулися в системі при її стендових і полігонних випробуваннях. Разом з тим за допомогою цієї моделі не можна оцінити поточний стан об'єкта в цілому та ідентифікувати його відмову при експлуатації машин.

Для цього можливе використання напівмарківських моделей (НММ), створених для моделювання дискретних систем в безперервному часі. Але при цьому необхідна інформація про випробування об'єкту моделювання на стані проєктування. Морфологічні марковські моделі (МММ) застосовують при ідентифікації станів складних систем. Дослідження свідчать, що вони практично не придатні для моделювання ЖЦ реальних об'єктів.

Виходячи із викладеного матеріалу можна твердити, що марківські моделі є універсальним засобом для вивчення і прогнозування багатьох динамічних процесів. Разом з тим реальне їх застосування здебільшого обмежується відсутністю інформації про тенденцію поведінки в розвитку динамічних систем, а також швидкодіючих методів ідентифікації відмов і інтегральної оцінки експлуатаційної надійності. За їх допомогою можна оцінювати запропоновані технічні рішення при проектуванні і управлінні динамічними системами. Ефективним при цьому є методи, що включають резервування і базуються на синергетичному об'єднанні можливостей різного виду марківських моделей.

Нехай технічна система складається з n окремих взаємозалежних елементів і має стан z . В цьому стані вона знаходиться в деякий випадковий час, а потім внаслідок відмови або відновлення елементів переходить в новий стан. Зазначимо, що усі реалізації фазового процесу $\{Z(t)\}$ динамічного стану систем, агрегатів і машин в цілому є кусково-постійними функціями. Вважаючи зв'язки між елементами і підсистемами у системах абсолютно надійними, а елементи можуть знаходитися тільки у двох станах: справному і несправному (працездатному та непрацездатному) приймаємо, що вони є невідновлювальними, тобто їх елементи, що відмовили не відновлюються і подальші переходи з них неможливі.

Головною особливістю прогнозування експлуатаційної надійності систем з резервуванням є те, що на усіх етапах ЖЦ, крім останньої, сумарне пошкодження окремих елементів не приводить до відмови усієї системи. При цьому виникає проблема призначення деякої сукупності пошкоджень на кожному етапі ЖЦ. В реальних умовах накопичення пошкоджень носить стохастичний характер, оскільки через особливості виготовлення не буває двох однакових технічних об'єктів, а через особливості експлуатації не буває однакових умов їх роботи і однакових їх випадковостей.

Якщо n елементів системи у вихідному стані S_{0i} справні, то система володіє властивістю "марковості", тобто відсутністю післядій. Граф переходу у наступний можливий новий стан $j_k, k \geq 1$ містить можливу множину S_n варіантів зміни станів:

$$S_n = C_n^1 + C_n^2 + C_n^3 + \dots + C_n^q + \dots + C_n^{n-1} + C_n^n = \sum_{q=1}^n C_n^q, \quad (1)$$

де C_n^q – число сполук з n елементів по q елементів.

Якщо система має надлишкову структуру, то частина цих станів $S_{n,відм.}$ приведе до відмови системи в цілому, а частина тобто справні стани $S_{n,спрв.}$ – ні:

$$S_n = S_{n,відм.} + S_{n,спрв.} \quad (2)$$

На даному етапі ЖЦ система в будь який момент часу зі стану S_{0i} може перейти в стан S_{ji} , $j=1,2,\dots$ і можуть відмовити всі елементи. При цьому кожний із переходів від S_{0i} до S_{ji} характеризується ймовірністю $p_{1i} \dots p_{ji}$, значення яких визначається трьома групами факторів:

- внутрішні властивості систем: конструкція елементів, їх зв'язки, технологічні переходи;
- умови зовнішнього середовища і механічні навантаження, температурний вплив та ін.;
- непередбачувані випадкові впливи, джерела яких знаходяться як в середині, так і зовні системи.

При цьому визначають як величини ймовірностей P_j , так і статистичні характеристики часу τ_{ji} реалізації переходу для реальної системи, що працює в реальних умовах експлуатації. Якщо після почергової стадії система працездатна, то моделювання може бути продовжено від вибраної вершини – еволюцією корня. Вибір може бути обґрунтовано сукупним впливом факторів і необов'язково відповідати найбільш ймовірнісному переходу.

На кожній стадії ЖЦ систем, агрегатів і машин в цілому ітераційно вибирається один шлях серед множини станів $S_{ni,спрв.}$, що визначається кількістю елементів і їх характером функціонування. Вирішується питання про вибір "корня" подальшої еволюції системи. Це завдання вирішується в результаті комплексного застосування НММ і МММ. Аналогічні міркування можна застосувати до усіх переходів ЖЦ системи $j \rightarrow (j+1); (j+1) \rightarrow (j+2)$ і т.д., що зберігають працездатність системи. У разі відмов проводиться ідентифікація відмови на послідовних переходах еволюції системи на основі комплексного застосування ЕСМ і МММ (табл. 1) із обчисленням ентропійного критерію надійності:

$$K_H = - \sum_{i=n_1+1}^{n_2-1} [p_j \log_2 p_j + (1-p_j) \log_2 (1-p_j)] \quad (3)$$

де p_j – ймовірність відмови системи після проходження n її елементів.

Таблиця 1 – Застосування марковських моделей при розв'язанні проблеми синергетичного підвищення експлуатаційної надійності систем, агрегатів і машин в цілому

Зміст задачі	Моделі, які застосовуються		
	ЕС М	НМ М	М ММ
Визначення ймовірнісного переходу p_i	+	+	–
Визначення тривалості переходу t_{ij}	+	+	–
Вибір кореню для наступного переходу	–	+	+
Ідентифікація відмов	+	–	+
Інтегральна оцінка надійності	–	–	+

Використання ентропії для оцінки і порівняння складних технічних систем, поведінка яких має ознаки стохастичності, набуває широкого поширення. Передусім вона дає можливість при діагностиці оцінити технічний стан системи одним критерієм K_H що відіграє головну роль для швидкого підбору варіанту конструкції або структурної перебудови системи в управлінні.

Таким чином, при вирішенні проблеми інформаційного підтримання прогнозування експлуатаційної надійності систем, агрегатів та машин в цілому при їх проектуванні і управлінні як складними динамічними системами з резервуванням, виконанні поточної і інтегральної оцінок їх структурної і поведінкової відмовостійкості запропоновано комплексне застосування марковських моделей різних типів.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 9-20.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Бруцький О.П. Прогнозування діагностичних параметрів технічного стану систем і агрегатів транспортних засобів // Вісник інж. академії України. – 2016. – №4. – С. 202-206.
4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості // Вісник інж. академії України. – 2015. – №3. – С. 66-72.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В. Использование теоретико-информационного подхода для анализа технического состояния топливной системы автомобиля // "MOTROL" journal according of the Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, CULS. 2016. Vol.18. №2. p.63-69.
6. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. – 2016. – №2 (77). – С.36-41.
7. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304с.
8. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів // Збірник наук. праць КНТУ. Техніка в с-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2016. – №29. С. 25-32.
9. Аулін В.В., Гриньків А.В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів // Науковий журнал "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів". – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-

10. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування підходу системи адаптивного керування технічним станом засобів транспорту // Збірник тез Десятої міжнародної науково-практичної конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2017)", 16-17 травня 2017 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2017. – С.15-17.
11. Гриньків А.В., Аулін В.В. Связь информационной энтропии с показателями надежности агрегатов и транспортных средств // Материалы X между. научно-техн. конф. "Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта, ПГУАС. г. Пенза. 2015. С.39-44.
12. Аулін В.В., Каліч В.М., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Прогнозування залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва за їх технічним станом // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 45, ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.28-36.
13. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лукашук А.П., Чернай А.Є. Формування діагностичної бази даних трансмісії транспортних машин за критерієм статистичної інформативності // Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2018 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2018.– С. 308-311.
14. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Чернай А.Є., Замота Т.М. Обґрунтування критеріїв інформативності і відносної чутливості діагностичних параметрів технічного стану трибосистем агрегатів транспортних машин // Проблеми трибології (Problems of Tribology). - 2018. - № 3. - С.23-32
15. Аулін В.В., Замота Т.М., Гриньків А.В., Замота О.М., Чернай А.Є. Преимущества интеллектуальной стратегии технической эксплуатации с точки зрения экономической эффективности // Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. 2018. - Випуск 192. - С.29-40
- Аулін В.В., Гриньків А.В. Реалізація удосконалення стратегії технічної експлуатації засобів транспорту та її техніко-економічна оцінка // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017, С. 12-13

122. В.В. Аулін, д.т.н., професор, А.В. Гриньків, к.т.н., О.Л. Ляшук, к.т.н., Д.О. Великодний, к.т.н., Центральноукраїнський національний технічний університет

ПРИНЦИПОВІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Режим роботи або зберігання систем, агрегатів або транспортних машин (ТМ) в цілому доцільно оцінювати статистично. Однотипні ТМ можуть перебувати в різних умовах експлуатації. Однотипні конструктивні елементи їх систем та агрегатів в різних спряженнях деталей однієї системи знаходяться в різних експлуатаційних режимах, наприклад при різних температурних та навантажувальних режимах. У більшості випадків для не великих періодів експлуатації випадкове навантаження можна представити у вигляді суми випадкової величини, що характеризує загальні умови, в яких експлуатується система або агрегат транспортної машини і стаціонарної випадкової функції часу, що обумовлює стабільність цих умов експлуатації. В даному випадку з великою ймовірністю можливо оцінювати остаточні відмови, що виникають в результаті накопичення незворотних змін, що відбуваються в матеріалах деталей систем і агрегатів. Результати попередніх досліджень впливу їх режимів роботи на надійність свідчать коливання навантажень, що будуть мати випадковий характер для розглянутого періоду експлуатації.

Іноді розкид значень параметрів режимів експлуатації або зберігання систем та агрегатів ТМ настільки малий, що ці характеристики можна вважати невинновими процесами. Наприклад, ТМ можуть зберігатися в приміщенні з оптимальним кліматом. Системи та агрегати ТМ не можуть володіти однаковим опором зовнішнім факторам та їх впливу. На їх якість впливає розподіл внутрішніх напружень поверхневих шарів деталей, приховані дефекти внутрішньої структури матеріалів, випадкові коливання технології виготовлення та інші випадкові причини. Тому при однакових навантаженнях та режимах експлуатації напрацювання до відмови однотипних систем та