

ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Д. П. Домущі канд. техн. наук
Одеський державний аграрний університет

Представлена модель ефективності складної технічної системи, яку можливо легко розповсюджувати на обслуговуючі агрегати, машини різних складних технологічних систем.

Ключові слова: складна технічна система, ефективність, надійність, математична модель, функціонування, відмова, імовірність, машина.

Вступ. Складність технічних засобів і підвищення швидкодії технологічних машин, які використовуються в сільськогосподарському виробництві, ставлять перед інженерами нові науково-технічні завдання. Серед них істотне місце займають питання, пов'язані з вивченням властивостей і специфіки функціонування машин в складних технологічних системах. Ми будемо вважати систему складної, якщо вона складається з великого числа взаємопов'язаних та взаємодіючих між собою машин і спроможна виконувати декілька операцій технологічного процесу - наприклад, технологічні збирально-транспортні системи при збиранні зернових та інших культур.

Проблема. При розробці, проектуванні і створенні технологічних систем виникають проблеми, що відносяться не тільки до властивостей окремих машин, але також і до закономірностей функціонування відповідної складної системи в цілому. Різні складні технічні системи створюються для рішення відповідної виробничої задачі. На протязі періоду експлуатації з погіршенням їх властивостей виникають потреби в резервуванні повнокомплектних машин, а також в періодичному профілактичному обслуговуванні. Однією з основних задач при експлуатації таких систем є забезпечення їх надійного функціонування.

Найбільш універсальною характеристикою складної технічної системи (СТС) прийнято вважати ефективність, розуміючи під цим ступінь пристосованості системи до виконання заданих нею функцій [1]. Ефективність СТС залежить від ряду показників або параметрів. Основні з них: вартість розробки, виготовлення і експлуатації виробу (комбайну, автомобіля та ін.), якість функціонування, потужність споживаної енергії, маса, габарити, умови нормального функціонування та ін. Окрім цього ефективність виробу залежить від його структури, характеру зв'язків між елементами, виду алгоритмів, що управляють, і ряду інших закономірностей функціонування, непіддатливих опису за допомогою вказаних параметрів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ефективність автоматизованої виробничої системи характеризується: вартістю всіх видів устаткування, надійністю технічних засобів швидкодією технічних засобів, чисельністю обслуговуючого персоналу, числом програм, що управляють, продуктивністю, коефіцієнтом завантаження технологічного устаткування, гнучкістю, рентабельністю, живучістю, тривалістю виробничого циклу. Ефективність засобів обчислювальної техніки характеризується: об'ємом пам'яті оперативної і пристрою, що запам'ятовує, якістю візуального відображення, числом каналів зв'язку, вартістю [2]. Вирази для показників ефективності, що враховують широкий круг тих, що діють на виріб внутрішніх і зовнішніх чинників, як правило, вельми складні. Розрахунок таких показників вимагає переробки великого об'єму інформації і тому проводиться при виборі зовнішності майбутнього виробу, а також при остаточній оцінці технічного рівня створеного виробу. В процесі розробки, виготовлення і експлуатації виробу використовують зазвичай приватні показники ефективності. Так, головним показником ефективності функціонування систем управління є точність [3].

Мета досліджень: В процесі експлуатації СТС можливі різного вигляду відмови, що призводять до зниження ефективності. Обумовлене цими відмовами зниження ефективності характеризується надійністю. Найбільш універсальним показником надійності є вірогідність безвідмовної роботи виробу за певних умов. Для набуття чисельних значень показника надійності необхідно визначити поняття відмови. Поняття відмови допускає велика різноманітність інтерпретацій. Для конкретизації цього поняття вводять поняття умовної ефективності, тобто ефективності, отриманій при відмові того або іншого компоненту виробу.

Результаті досліджень. По мірі накопичення відмов компонентів ефективність виробу знижується. Зниження ефективності може відбуватися поступово або стрибком. Прикладом поступового зниження ефективності може служити збільшення погрішності системи чисельно-програмного управління (ЧПУ) верстата при некритичних відмовах в системі управління. Як приклад стрибкоподібного зниження ефективності можна привести зміну характеристики резервованої системи при відмові резервних компонентів. Вироби, ефективність яких при відмові рівна нулю, називаються простими. Поступове зниження ефективності характерне для складних виробів. Для визначення відмови складного виробу необхідно задати допустиму межу зниження ефективності. Тоді стан виходу її значень за цю межу можна вважати відмовою. Так, наприклад, може бути задане граничне значення погрішності позиціонування. Вироби, в яких може бути задана допустима межа ефективності, називають квазіпростими. Їх надійність визначається вірогідністю безвідмовної роботи. Проте існує велике число виробів, для яких вказати строго межу допустимої області не можна. У випадках, коли поняття відмови не визначене, використовується інша інтерпретація показника надійності. Поняття надійності при цьому зв'язується з

властивістю виробу зберігати при зміні технічного стану ефективність протягом певного відрізання часу в певних умовах. В цьому випадку як показник надійності приймається відношення ефективностей реального і ідеального виробів. Даний показник носить назву коефіцієнта зниження ефективності, а також відносній ефективності складного виробу [3]. Розглянемо основні кількісні показники надійності і ефективності виробів, що не обслуговуються. Хай виріб складається з n компонентів, кожен з яких може знаходитися в одному з двох взаємовиключних станів - працездатному і непрацездатному. Тоді стан виробу описується числом $N=2^n$ несумісних станів $H = \{H_m\}$, складаючих повну групу подій і занесених в матрицю станів H :

$$H = \begin{pmatrix} H_0 \\ H_1 \\ \dots \\ H_n \\ H_{12} \\ \dots \\ H_{12\dots n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \bar{X}_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_1 & X_2 & \dots & \bar{X}_n \\ \bar{X}_1 & \bar{X}_2 & \dots & X_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{X}_1 & \bar{X}_2 & \dots & X_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

де X_m - позначає подію працездатного стану m -го компоненту;

\bar{X}_n — подія відмови m - го компоненту.

З матрицею станів H можна зіставити матрицю вірогідності цих станів $P = \{P_m\}$:

$$P^T = \{P(H_0)P(H_1)\dots P(H_n)P(H_{12})\dots P(H_{12\dots n})\} \quad (2)$$

Оскільки стани $\{H_m\}$ утворюють повну групу несумісних подій, сума елементів матриці P рівна одиниці:

$$1 = \sum P_m = P(H_0)+P(H_1)+\dots+P(H_n)+P(H_{12})+\dots+P(H_{12\dots n}) \quad (3)$$

Для отримання показників надійності і ефективності виробу необхідно також задати зміну умовній ефективності $\Phi = \{\Phi_m\}$ залежно від можливих станів системи $\{H_m\}$. Хай ця залежність описується деякою матрицею: $\Phi^T = \{\Phi(H_0) \Phi(H_1)\dots \Phi(H_n) \Phi(H_{12})\dots \Phi(H_{12\dots n})\}$ (4)

Використовуючи матриці H , P , Φ , можна побудувати дискретний закон розподілу вірогідності умовної ефективності $P_m = P(\Phi_m)$.

Як показник безумовної ефективності виробу можуть бути прийняті різні характеристики цього закону, наприклад математичне очікування, мода, медіана [4]. Найбільш поширеним показником є математичне очікування:

$$W = \sum_m \Phi_m P_m = \Phi_0 P_0 + \Phi_1 P_1 + \dots + \Phi_n P_n + \Phi_{12} P_{12} + \dots \quad (5)$$

Якщо задатися деякою допустимою межею зниження умовної ефективності Φ_r , то показник надійності визначиться як сума

працездатних станів:

$$R = \sum_{m=1}^{m_r} P_m, \quad (6)$$

де m_r – індекс, який знаходиться з умови $\Phi_m \geq \Phi_r$.

Якщо таку межу задати не можна, надійність складного виробу визначається як відношення показника безумовної ефективності до ефективності ідеальної системи, тобто

$$R = \frac{W}{\Phi_0} = \sum_m \frac{\Phi_m}{\Phi_0} P_m. \quad (7)$$

У окремому випадку для простих систем, коли умовна ефективність може приймати тільки два дискретні значення (Φ_0 і 0), обидві формули розрахунку показника надійності співпадають. Так, складний виріб з відносною ефективністю W/Φ_0 статистично еквівалентен простій системі з цією ж надійністю: $R = W/\Phi_0$.

Властивість статистичної еквівалентності надійності простій і відносній ефективності складної системи широко використовується також при формуванні узагальнених показників ефективності в завданнях оцінки технічного рівня різного роду виробів і систем.

Розглянута модель ефективності легко розповсюджується на обслуговуючі вироби - наприклад, комбайни, транспортні засоби в технологічних збирально-транспортних системах при збиранні зернових та інших культур. Статистичним аналогом вірогідності безвідмовної роботи систем, що не обслуговуються - є стаціонарний коефіцієнт готовності обслуговуваних систем:

$$K_r = T_{cp0} / (T_{cp0} + T_v) \quad (8)$$

де T_{cp0} - середній час безвідмовної роботи, годин;

T_v - середній час відновлення, годин.

Висновки. Таким чином, поняття надійності і ефективності тісно пов'язані між собою, але надійність є більш приватною характеристикою, ніж ефективність. Розглянутий простий математичний апарат допускає безліч узагальнень, що роблять його універсальним. Це положення має велике практичне значення при розрахунку ефективності ієрархічних систем, наприклад, в технологічних збирально-транспортних системах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буклагин Д.С. Технический уровень сельскохозяйственной техники: Обзорн. информ. (НИИТЭИ - Агропром. -М., 1993. - 112с.
2. Концепция стандартизации в области надежности//Надежность и контроль качества. 1997, № 1.

3.Перечень Международных стандартов и проектов МС, разрабатываемых МЭК/ТК 56 «Надежность»//Надежность и контроль качества.1998, № 9.

4.Эффективность и надежность сложных систем. - М. Машиностроение, 1977.

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Д.А. Домуши

Ключевые слова: сложная техническая система, эффективность, надежность, математическая модель, функционирование, отказ, вероятность, машина.

Резюме

Представлена модель эффективности сложной технической системы, которая легко распространяется на обслуживаемые агрегаты, машины разных сложных технологичных систем.

MODEL THE EFFECTIVENESS OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

D.A. Domuschy

Key words: complex technical system, efficiency, denote', mathematical model, operation, abandonment, probability, machine.

Summary

Of model performance complex technical system that easily distributes SJ on appliances, machines of different complex technological systems.