

ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЯ, ЯК МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ

В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., ХНАДУ

***Анотація.** Наведені визначення одиничні і комплексні показники надійності автомобіля. Для автомобіля важливими є комплексні показники, такі як коефіцієнт готовності та коефіцієнт технічного використання. Як мехатронна система сучасний автомобіль має бортовий комп'ютер, тому розглянуті також і показники надійності програмних засобів. Представлені формули для розрахунку імовірності безвідмовної роботи автомобіля.*

***Ключові слова:** Надійність, одиничні та комплексні показники, наробіток на відмову, імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, мехатронна система.*

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЯ, КАК МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ

В.Я. Фролов, доцент, к.т.н., В.Г. Кубата, доцент, к.т.н., ХНАДУ

***Аннотация.** Приведенные определения единичных и комплексных показатели надежности автомобиля. Для автомобиля важны комплексные показатели, такие как коэффициент готовности и коэффициент технического использования. Как мехатронна система современный автомобиль имеет бортовой компьютер, поэтому рассмотрены также и показатели надежности программных средств. Представлены формулы для расчета вероятности безотказной работы автомобиля.*

***Ключевые слова:** Надежность, единичные и комплексные показатели, наработка на отказ, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, мехатронна система.*

THE RELIABILITY OF THE CAR AS MECHATRONIC SYSTEMS

**V. Frolov, assistant professor, cand. eng. sc.,
V. Kubata, assistant professor, cand. eng. sc., KhNADU**

***Abstract.** The definition of single and complex indexes of reliability of the car. For car important integrated indicators, such as availability factor and utilization rates. As Megatron modern system the car has onboard computer, and also therefore considered indicators of weak requirements on the reliability of software. The formulas presented for calculating the probability of failure-free operation of the vehicle.*

***Key words:** Reliability, simple and complex indicators, mean time to failure, probability of failure, failure rate, mechatronis system.*

Вступ

Надійність є однією із самих важливих властивостей автомобіля, від якої залежить ефективність використання автомобіля за призначенням. Надійність автомобіля – властивість зберігати в часі значення всіх параметрів в установлених межах, які характеризують здатність виконувати потрібні функції протягом необхідного часу або необхідної наробітки [3].

висть зберігати в часі значення всіх параметрів в установлених межах, які характеризують здатність виконувати потрібні функції протягом необхідного часу або необхідної наробітки [3].

Наробіток автомобіля (об'єм роботи) вимірюється в кілометрах пробігу або тонно-кілометрах. В окремих випадках наробіток автомобіля може вимірюватись в годинах.

Аналіз публікацій

В джерелі [1] приведені показники якості програмних засобів. В джерелі [2] наведені показники надійності програмних засобів, наведені також і статистичні дані по видам відмов. В джерелі [3] наведені основні визначення надійності об'єкта.

В джерелі [4] наведені розрахункові формули для оцінки надійності мехатронних систем, коли відомі інтенсивності відмов механічних, електронних і інформаційних систем. В джерелі [5] наведені основні визначення мехатроніки автотранспортних засобів, як синергетичне з'єднання механічних, електричних, електронних і інформаційних складових. Таке з'єднання дає нову якість автотранспортного засобу.

Мета і постановка задачі

По відомим ймовірностям безвідмовної роботи механічних, електричних, електронних і інформаційних систем синтезувати показники надійності функціонально-інтегрованої мехатронної системи.

Наприклад, надійність автомобіля включає ряд більш простих властивостей (безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збережуваність).

Поряд з додатковим обладнанням, які виконують сервісні функції, такі як автоматичний підйом скла, поворот фар, сучасні автомобілі забезпечуються діагностичним обладнанням, задачею якого визначати технічний стан автомобіля з високою достовірністю. Додаткове обладнання з одної сторони зменшує ймовірність безвідмовної роботи, так як додаткове обладнання приєднується послідовно по структурній схемі надійності, а з другої сторони зменшує час відновлення. Таким чином коефіцієнт готовності збільшується.

Показники надійності автомобіля

Надійність автомобіля включає одиночні показники такі як безвідмовність, ремонтпридатність, збережуваність а також довговіч-

ність його агрегатів, вузлів і деталей. Безвідмовність автомобіля – властивість зберігати працездатність протягом деякого пробігу без вимушеної перерви. Показниками безвідмовності автомобіля є, наприклад, ймовірність безвідмовної роботи, наробіток на відмову інтенсивність відмов, коефіцієнт готовності [3].

Комплексним показником надійності є готовність. *Готовність* – властивість об'єкта бути здатним виконувати потрібні функції в заданих умовах в будь-який час або протягом заданого інтервалу часу при умові забезпечення необхідними зовнішніми ресурсами. Коефіцієнт готовності K_G – це ймовірність того, що автомобіль буде працездатним в довільний момент часу, крім плануємих періодів, протягом якого використання за призначенням не передбачено. Цей коефіцієнт характеризує одночасно дві властивості – безвідмовність і ремонтпридатність. Кількісно коефіцієнт готовності визначають за формулою:

$$K_G = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (1)$$

де T_0 – середній час безвідмовної роботи за визначений період (наробіток на відмову); T_B – середній час, який затрачений на відновлення працездатності машини за цей же період експлуатації тобто. середній час на відновлення і усунення відмов.

Автомобіль є відновлювана система, може багаторазова піддаватися різним видам технічного обслуговування і ремонту, тобто він є ремонтпридатний.

Ремонтпридатність – властивість, яка полягає в його придатності до попередження, виявлення і усунення відмов і несправностей шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту. В залежності від рівня ремонтпридатності автомобіля змінюється тривалість простою при технічному обслуговуванні і ремонті, а також трудомісткість цих робіт. Показниками ремонтпридатності автомобіля можуть служити, наприклад, ймовірність виконання ремонту в заданий час, питома трудомісткість і середня вартість технічного обслуговування.

Збережуваність – властивість автомобіля

зберігати обумовлені експлуатаційні показники протягом і після терміну збереження і транспортування, який установлений в технічній документації. Збережуваністю визначаються відповідні терміни збереження і консервування автомобілів, а також допустимі відстані (час) транспортування, після яких автомобіль залишається придатним до експлуатації без ремонту. Показниками збережуваності може служити, наприклад, середній термін збережуваності.

Збережуваність автомобіля залежить від якості його виготовлення, інтенсивності протікання в його елементах незворотних процесів (старіння, корозії), зовнішніх факторів (температури і вологості повітря, агресивності середовища, сонячної радіації). На термін збережуваності значно впливає якість консервування і обслуговування автомобіля в процесі збереження, а також властивість експлуатаційних матеріалів, які застосовуються.

Довговічність автомобіля – властивість зберігати працездатність до граничного стану з необхідними переривами для технічного обслуговування і ремонту. Граничний стан автомобіля може визначатися по зношеності його базових і основних деталей, за умовами безпеки руху, відносно зміни експлуатаційних властивостей і обумовлюється в технічній документації. Найбільш часто граничний стан автомобіля визначають по економічним показникам.

Показниками довговічності автомобіля можуть служити, наприклад, ресурс (пробіг автомобіля або його агрегату до граничного стану, обумовленому в технічній документації), або термін служби (календарна тривалість експлуатації автомобіля до граничного стану обумовленому в технічній документації).

Автомобільна мехатронна система (рус. автомобильная мехатронная система; англ. automotive mechatronic system) – спеціальне впорядкована множення агрегатів, які вмонтовані в автомобіль як сукупність електромеханічних, електронних і мікропроцесорних приладів і пристроїв, які забезпечують його рух [5].

Особливості процесів, які протікають в підсистемах мехатронної системи (МТС) приводять до необхідності ввести поняття «відмо-

ви МТС» (як об'єкта дослідження теорії надійності). Особливості формування потоку відмов МТС зводяться до наступних подій: Подія

$$A_1 = (t_{\text{мех}} < t_{\text{ел}}, t_{\text{інф}}); \quad (2)$$

Обумовлена тим, що відмова МТС виникає по причині відмови механічної системи так, як випадковий час $t_{\text{мех}}$ появи відмови цієї системи менше, ніж випадковий час безвідмовної роботи електричних і інформаційних систем. Аналогічно, події

$$A_2 = (t_{\text{ел}} < t_{\text{мех}}, t_{\text{інф}}); \quad (3)$$

і

$$A_3 = (t_{\text{інф}} < t_{\text{ел}}, t_{\text{мех}}); \quad (4)$$

Обумовлені відмовами, власне, електричної і інформаційної підсистемами.

Друга особливість МТС є синергетичне з'єднання всіх систем в єдину мехатронну систему. С точки зору теорії надійності додаткове обладнання підключається послідовно по структурній схемі надійності.

Тоді

$$P_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (5)$$

Тобто загальна імовірність безвідмовної роботи системи дорівнює добутку ймовірностей безвідмовної роботи її складових частин. А так, як імовірність безвідмовної роботи менше одиниці, то загальна імовірність безвідмовної роботи зменшується із збільшенням числа її складових.

З другої сторони додаткове діагностичне обладнання приводить до зменшення часу відновлення МТС, тобто такий комплексний показник, як коефіцієнт готовності збільшується.

Додаткове сервісне обладнання робить роботу водія більш зручною, імовірність прийняття правильного рішення водієм, як оператором МТС збільшується, що приводить до зменшення числа аварійних подій.

Розглянемо модель МТС у випадку залежно-

сті механічних, електричних електронних складових. В цьому випадку імовірність безвідмовної роботи мехатронної системи дорівнює

$$P_{\Sigma} = P_m(t) \cdot P_e(t) \cdot P_i(t), \quad (6)$$

Постійна присутність в управлінні рухом автотранспортних засобів оператора (водія), який здатний адекватно оцінювати і реагувати на динаміку зміни ситуації на дорозі, дозволяє розглядати оператора, як фактор підвищення ефективності використання мехатронної системи, тобто, як паралельне об'єднання системи машина-оператор і імовірність безвідмовної роботи буде дорівнювати

$$P_{MTC} = 1 - [1 - P_{\Sigma}(t)] \times [1 - P_{оп}(e)] \quad (7)$$

Враховуючі синергетичний зв'язок складових мехатронної системи представимо модель сучасного автомобіля як роздільне резервування.

Якщо маємо n послідовно з'єднаних елементів, кожний з яких має m резервних елементів, то одержуємо так зване роздільне резервування.

Імовірність безвідмовної роботи окремого резервованого елемента системи

$$P_j = 1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - P_{ij}), \quad (8)$$

а всієї системи при роздільному резервуванні

$$P_s = \prod_{j=1}^n P_j = \prod_{j=1}^n [1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - P_{ij})]. \quad (9)$$

При однаковій надійності усіх елементів маємо

$$P_s = [1 - (1 - P_e)^{m+1}]^n. \quad (10)$$

Діагностичне обладнання з'єднується паралельно по структурній схемі надійності.

Якщо імовірність безвідмовної роботи електронного блока P_e , а діагностичного блока P_d , то імовірність безвідмовної роботи їх паралельного з'єднання буде дорівнювати

$$P_j = 1 - (1 - P_{ел}) \cdot (1 - P_d). \quad (11)$$

Тобто імовірність безвідмовної роботи даного резервного блока підвищується.

Аналогічно для програмного забезпечення і тестових програм маємо

$$P_j = 1 - (1 - P_{пр}) \cdot (1 - P_T) [0,1] \quad (12)$$

Кінцевий результат імовірності безвідмовної роботи мехатронної системи можна розрахувати за формулою (5).

Висновки

В статті представлені одиночні показники надійності автомобіля, такі як безвідмовність, ремонтпридатність, збережуваність і довговічність, а також комплексний показник надійності – готовність.. Показано, що поряд з надійністю механічної, електричної і електронних складових необхідно враховувати також і надійність функціонування програмних засобів. Представлені формули для розрахунку імовірності безвідмовної роботи автомобіля, як мехатронної системи.

Література

1. ДСТУ 2850-94 Програмні засоби ЕОМ. Показники і методи оцінювання.
2. Локазюк В.М. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК. – Київ: Академія, 2004. – 376 с.
3. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
4. Никитин В.И., Гуляев П.А. Надежность мехатронных систем.– Автомобильный транспорт №14, 2004. – С. 36-39
5. Алексієв В.О. та ін. Мехатроніка транспортних засобів та систем. – Харків: ХНАДУ, 2004. – 176 с.

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття постуила в редакцію 29.10.2015 р.