

УДК 656

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ СЕНСИТИВІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

В. В. АУЛІН, д.т.н., проф.

*Центральноукраїнський національний технічний університет**E-mail: aulinvv@gmail.com*

Вибір контрольованих параметрів визначення технічного стану систем і агрегатів машин і механізмів необхідний для виявленого переліку об'єктів контролю, що характеризуються кінцевою множиною контрольованих діагностичних параметрів, оцінки показників надійності, для обґрунтування їх сукупність, що мають найбільшу інформативність. Ця проблема вирішується побудовою інформаційної моделі об'єкта і розрахунком ймовірнісних характеристик його знаходження в справному і несправних станах внаслідок відмови складових частин. Після цього розраховують кількість інформації, що вноситься діагностичним параметром, на підставі чого визначають сукупність параметрів, що підлягає технічному діагностуванню та визначенню технічного стану систем, агрегатів і машин в цілому.

Інформацію про процеси, які протікають в них підчас експлуатації, і технічний стан систем і агрегатів машин отримують різними фізичними методами. Ефективно обробляти отриману базу даних можливо, використовуючи методи узагальненої теорії графів та теорії чутливості.

Проведений аналіз теорії сенситивів виявив її істотні переваги і широкі аспекти застосування відносної чутливості функцій у порівнянні з абсолютною їх чутливістю. Виявлено, що нагального розв'язання потребують наступні питання важливих технічних проблем і завдань: оцінка технічного стану та еволюція його розвитку; визначення показників надійності систем і агрегатів машин за діагностичною інформацією; уточнення зв'язків між діагностичними параметрами і показниками надійності систем і агрегатів машин.

Виявлено можливості теорії чутливості функцій на конкретному прикладі дослідження зміни технічного стану систем і агрегатів машин і механізмів як функцій за допомогою критерію відносної чутливості (сенситиву).

З'ясована математична сутність критерію відносної чутливості (сенситиву) будь-якої цільової функції, яка полягає у побудові відношення відносного приросту цільової функції  $S(D)$  стану до відносного приросту фактору або параметру:

$$\text{sen}S(D) = \frac{dS(D)}{S(D)} \cdot \frac{D}{dD} = \frac{dS(D)}{dD} \cdot \frac{D}{S(D)} = S'(D) \cdot \frac{D}{S(D)}. \quad (1)$$

З'ясовано форми представлення критерію відносної чутливості (сенситиву) з пропозицією використовувати його для оптимальної оцінки будь-якого діагностичного параметру, який необхідно піддавати контролю при визначенні технічного стану систем і агрегатів машин та механізмів. Взявши за

основу вираз (1), критерій відносної чутливості кожного діагностичного параметру від факторів  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$ , має вигляд:

$$\text{sen} D_i(\alpha_i) = \frac{D_i'(\alpha_i)}{D_i(\alpha_i)} \cdot \alpha_i = f'_{\alpha_i}(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i) \cdot \frac{\alpha_i}{f(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i)}; \quad (2)$$

$$\text{sen} D_i(\beta_i) = \frac{D_i'(\beta_i)}{D_i(\beta_i)} \cdot \beta_i = f'_{\beta_i}(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i) \cdot \frac{\beta_i}{f(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i)}; \quad (3)$$

$$\text{sen} D_i(\gamma_i) = \frac{D_i'(\gamma_i)}{D_i(\gamma_i)} \cdot \gamma_i = f'_{\gamma_i}(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i) \cdot \frac{\gamma_i}{f(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i)}; \quad (4)$$

$$\text{sen} D_i(\delta_i) = \frac{D_i'(\delta_i)}{D_i(\delta_i)} \cdot \delta_i = f'_{\delta_i}(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i) \cdot \frac{\delta_i}{f(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i)}. \quad (5)$$

З'ясовано, що крім загального характеру дослідження функцій технічного стану систем, агрегатів, машин і механізмів в цілому, можливо встановити закономірність відносної зміни їх приросту від відносного приросту сукупності діагностичних параметрів. При цьому спостерігають закономірності зміни відносної чутливості функцій стану з напрацюванням. На цій основі будується необхідний математичний апарат з використанням властивостей абсолютної і відносної чутливостей функції технічного стану  $S(D)$ , як функції діагностичних параметрів, які є також функціями від напрацювання  $D(t)$ .

Зазначено, що на практиці має сенс використання абсолютної та відносної чутливості першого і другого порядків. Абсолютна чутливість першого порядку від функції стану визначає швидкість зміни приросту функції стану від зміни значень діагностичних параметрів, а абсолютна чутливість другого порядку від функції стану – швидкість швидкості зміни функції стану або прискорення зміни приросту функції стану зі зміною приросту діагностичного параметру. Абсолютну чутливість другого і більш високих порядків можна використовувати для аналізу сходження розрахункових алгоритмів. Оскільки відносна чутливість першого і другого порядку функції стану від діагностичних параметрів є безрозмірними, то їх ефективно можна використовувати як критерії відносної чутливості при аналізі бази даних інформаційних технологій і методів обробки на ПК.

Корисним при розв'язанні технічних завдань є використання властивостей сенситивів (критеріїв відносної чутливості).

Показано, що розроблену методику реалізації теорії чутливості функцій технічного стану можливо отримати частинні критерії відносної чутливості по кожному з діагностичних параметрів при різному напрацюванні. При цьому функцію діагностичного параметру та загальну функцію надійності (ймовірність безвідмовної роботи) машин та механізмів, або систем і агрегатів можна вважати параметрично заданими.

Встановлено залежність відносної чутливості діагностичних параметрів від функції надійності агрегатів, систем або машин, механізмів в цілому. Разом

з тим реалізовано уточнення тенденції зміни функції діагностичного параметру  $D_i(t)$  від напрацювання. Для цього використано метод екстраполяції, який у своїй основі має припущення про те, що процес зміни діагностичного параметра є поєднанням регулярної і випадкової складових.

З'ясовано, що дослідження функції технічного стану систем, агрегатів, машин і механізмів в цілому, ґрунтуються на основі дослідження діагностичних параметрів. Більш ефективно це реалізувати за рахунок використання теорії відносної чутливості. Перевагою використання критерію відносної чутливості в аналізі технічного стану є те, що він є безрозмірною величиною і відображає фактичну відносну зміну діагностичного параметру відносно досліджуваної величини напрацювання та показника надійності систем, агрегатів, машин і механізмів в цілому.

Виявлено, що напрямок розвитку технічного стану систем, агрегатів, машин і механізмів базується на використанні зазначеної методики та методів теорії чутливості й обчисленні критерію відносної чутливості (сенситив) з напрацюванням. Зміна кожного діагностичного параметра не є постійною величиною через те, що машини, механізми експлуатуються в різних умовах та режимах функціонування.

Динамічний розвиток діагностичних параметрів як функції напрацювання дав можливість запропонувати при цьому сенситивний метод застосування у вигляді блок-схеми його реалізації.

Оскільки інтегральною характеристикою і оцінкою ресурсних показників машин, механізмів є ймовірність безвідмовної роботи їх систем та агрегатів, то для того, щоб визначити напрямок розвитку інтегрального показника надійності, доцільно представити функцію надійності відносно діагностичних параметрів у параметричній формі. До даного представлення доцільно застосувати методи чутливості і визначити критерій відносної чутливості діагностичного параметру. Критерій не має розмірності і відображає характер розвитку диференціального діагностичного параметра системи, агрегатів, машин і механізмів відносно такого інтегрального показника як ймовірність безвідмовної роботи.

Критерій відносної чутливості (синситив) діагностичних параметрів систем і агрегатів, спряжень їх деталей та машин і механізмів в цілому відображає взаємозв'язок між показниками їх надійності та діагностичними параметрами технічного стану. Враховуючи показники надійності систем і агрегатів машин та інформаційну базу значущих діагностичних параметрів, отримано залежності сенситивів досліджуваних діагностичних параметрів від напрацювання машин і механізмів. Обробку даних проводили за допомогою пакетів прикладних програм на ПК. Отримані залежності сенситивів діагностичних параметрів ЦПГ та системи мащення двигуна машин, що експлуатуються в умовах агропромислового виробництва, від напрацювання.

Спираючись на математичні моделі відносної чутливості (сенситивів) інформативно значущих діагностичних параметрів, отримаємо їх значення на діапазонах напрацювання машин. Оскільки значення сенситивів відображають

відносну залежність і відсутність одиниць вимірювання, то це свідчить про можливість дослідження різнорідних діагностичних параметрів. Математичний апарат теорії відносної чутливості (сенситивів) у цьому напрямі є ефективним інструментом розв'язання прикладних технічних завдань.

Аналізуючи отримані значення відносної чутливості (сенситивів) інформативно значущих діагностичних параметрів технічного стану трансмісії, можливо формувати такі діапазони напрацювань, на яких слід здійснювати контроль досліджуваних діагностичних параметрів, щоб підвищити показники надійності машин і механізмів.

Таким чином, розроблений підхід дослідження і контролю технічного стану систем, агрегатів, машин і механізмів в цілому, який полягає в тому, що використовуючи взаємозв'язок діагностичних параметрів і показників надійності. Визначаючи відносні чутливості (сенситиви), є реальна можливість виявлення і усунення слабких місць в планово-попереджувальній стратегії технічного обслуговування та ремонту машин і механізмів. Показано, що за критерієм відносної чутливості інформативно значущих діагностичних параметрів можливо визначити діапазони напрацювань, на яких доцільно проводити контроль та регулювання їх технічного стану та слід проводити відповідні технічні дії по його покращенню. Отримані результати дають підстави стверджувати, що впровадження критеріїв відносної чутливості (сенситиву) в теорію експлуатаційної надійності машин і механізмів сприяє її подальшому розвитку.

### **Список використаних джерел**

1. Гриньків А.В., Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 2015. № 158. С. 252-262.
2. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: Монографія. Кіровоград: Видавець Лисенко В.Ф. 2014. 370с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М. Математичний апарат для оцінки діагностичних параметрів та визначення оптимальної їх кількості. Зб. матеріалів IV Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології 17-19 листопада 2015 р., м. Харків: ХНАДУ, 2015. С.126-129.
4. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичний аналіз діагностичних параметрів технічного стану систем та агрегатів засобів транспорту за допомогою методів теорії чутливості. Науковий вісник НУБіПУ. Серія: техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 262. С.227-239.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів. Наук. журн. "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів", ХНТУСГ ім. П.Василенка. 2016. №5. С.109-117.