

УДК 631.3–192:662.63

ОБГРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Бондар А.М., к.т.н.

Журавель Д.П., д.т.н.

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

Надійність - одна з основних складових якості та експлуатаційних (або функціональних) характеристик сільськогосподарської техніки. Надійність - властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в установлених межах значення усіх параметрів, що характеризують здатність функціонувати у заданих режимах та умовах використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування [1-5].

Надійність закладається при проектуванні, забезпечується у виробництві (під час виготовлення) і підтримується (зберігається) в експлуатації. Важливе місце у підтриманні (збереженні), точніше, у реалізації необхідного рівня надійності, має експлуатація разом з технічним обслуговуванням та ремонтом.

Надійність як сукупність властивостей залежно від призначення об'єкта та умов його використання повинна забезпечувати окремо або у певному поєднанні такі властивості: безвідказність, довговічність, ремонтоздатність, збереженість (рис.1).

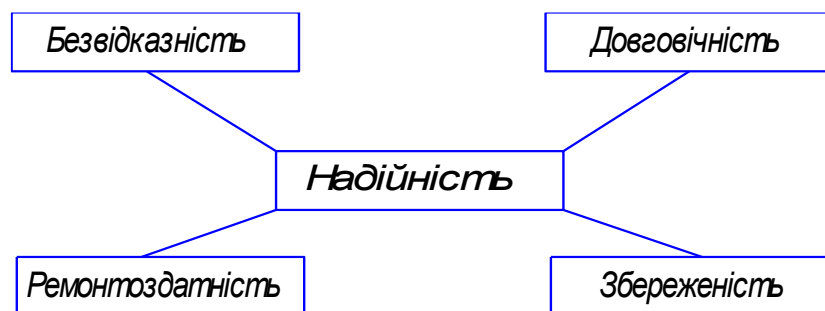


Рис. 1. Основні властивості надійності

Технічне обслуговування - окремі операції або їх комплекс для підтримки роботоздатності або справності об'єкта при використанні за призначенням, зберіганні і транспортуванні.

Ремонт - комплекс операцій, призначених для відновлення справності або роботоздатності об'єкта, а також відновлення ресурсу деталей або їх складових. Зміна стану об'єкта в процесі експлуатації наведена на рис. 2.

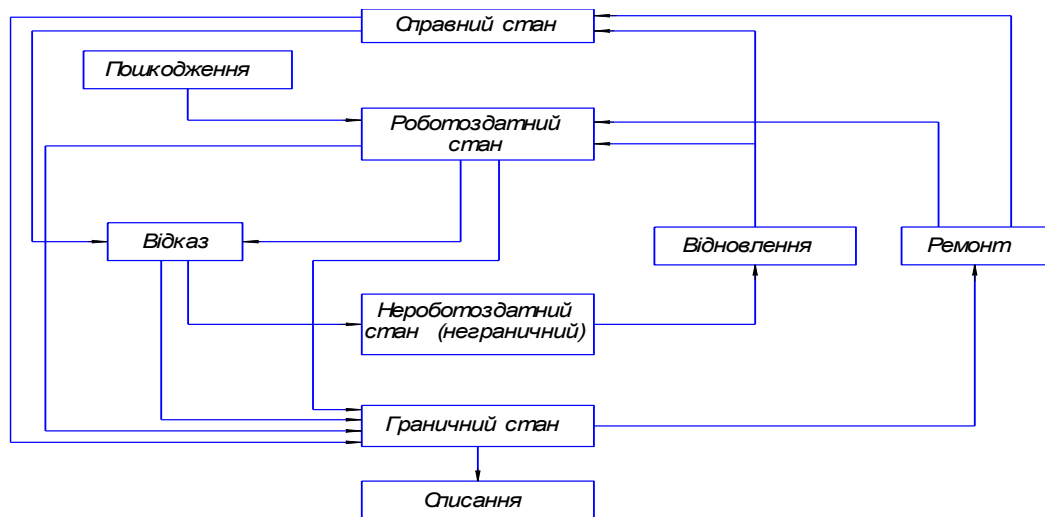


Рис. 2. Схема зміни стану об'єктів у процесі експлуатації

Від пристосованості машин до робіт, передбачених системами технічного обслуговування і ремонту, залежать збитки, які виникають через нероботоздатність машини під час експлуатації.

Ремонтоздатність машини її найважливіша експлуатаційно-технічна властивість, від неї залежить час відновлення роботоздатності та витрати на технічне обслуговування й ремонт сільськогосподарської техніки. Ремонтоздатною вважають таку конструкцію машини, яка при раціональних витратах на їх проектування, виготовлення та експлуатацію мінімальний час буде у нероботоздатному стані (за певний період експлуатації).

У технічній літературі з надійності й ремонту технічних об'єктів та на практиці технічні об'єкти можуть бути справними й несправними, роботоздатними й нероботоздатними, а також перебувати у граничному стані [1].

Справний стан (справність) - це стан об'єкта, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації (НТД) і (або) конструкторської документації (КД).

Несправний стан (несправність) - стан об'єкта, не відповідний хоча б одній з вимог НТД і (або) КД. До несправностей відносять: зниження продуктивності та економічності трактора понад допустимі межі, втрата верстатом точності, відхилення у товщині шару пофарбування кузова тощо.

Роботоздатний стан (роботоздатність) - стан об'єкта, за якого значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам НТД і (або) КД. Поняття «справність» ширше, ніж «роботоздатність». Справний об'єкт завжди роботоздатний. Роботоздатний об'єкт може бути несправним, проте несправність не впливає на його функціонування. Наприклад, коробка передач зберігає роботоздатність при спрацьованих шестернях, оскільки її експлуатаційні показники не вийшли за межі технічних вимог.

При нероботоздатному стані об'єкта значення хоча б одного заданого параметра, який характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам НТД і (або) КД.

У граничному стані використання об'єкта за призначенням або відновлення його справного або роботоздатного стану недопустиме або недоцільне. Ознаки (критерії) граничного стану встановлюються нормативно-технічною документацією на даний об'єкт.

Причини припинення експлуатації: неможливість забезпечення безвідказності або ефективності експлуатації об'єкта та мінімально необхідного рівня безпеки; значні витрати на ремонт (економічна недоцільність); моральне старіння об'єкта. Перехід об'єкта зі справного стану у несправний, з роботоздатного - у нероботоздатний характеризується його пошкодженням та відказом.

Пошкодження - подія, яка полягає у порушенні справного стану об'єкта при збереженні роботоздатного стану. Несуттєві пошкодження та випадки їх неусунення можуть стати суттєвими, з порушенням роботоздатності, тобто призвести до відказів.

Відказ - подія, що полягає у порушенні роботоздатного стану об'єкта. Роботу об'єкта необхідно припинити через недопустимі відхилення від заданих експлуатаційних характеристик (параметрів).

Відказ завжди пов'язаний з виникненням несправності. Зниження потужності двигуна автомобіля понад встановлені межі - це і є відказ, водночас автомобіль переходить у несправний стан. Але несправність не завжди визначає появу відказу. Наприклад, підтікання мастила в агрегатах трактора свідчить про їх несправність, але не завжди призводить до відказів. В надійності часто застосовують такі терміни як технічний ресурс, строк служби, строк збереженості.

Технічний ресурс (ресурс) - напрацювання об'єкта від початку експлуатації або поновлення її після певного ремонту до переходу в граничний стан; вимірюється в одиницях виміру напрацювання (наробітку).

Строк служби - календарна тривалість від початку експлуатації об'єкта або її поновлення після певного ремонту до переходу в граничний стан; вимірюється у роках.

Ресурс та строк служби мають багато спільного, оскільки характеризуються одним граничним станом, проте і суттєво відрізняються. При одному й тому ж ресурсі може бути різний строк служби залежно від інтенсивності експлуатації об'єкта. Наприклад, два двигуни з ресурсом 12 тис. мотогодин кожний та інтенсивністю експлуатації відповідно 3 тис. і 6 тис. мотогодин на рік будуть мати: перший - термін служби 4, другий - 2 роки.

Строк збереженості - календарна тривалість зберігання і (або) транспортування об'єкта, протягом (після) якої зберігаються значення заданих показників безвідказності, довговічності та ремонтоздатності в установлених межах; вимірюється у роках або місяцях.

Для кількісної оцінки надійності застосовують одиничні й комплексні показники надійності.

Одиничний показник кількісно характеризує тільки одну властивість надійності об'єкта, тобто цей показник належить до однієї з властивостей, які складають надійність об'єкта (безвідказність, довговічність, ремонтоздатність чи збереженість). Наприклад, напрацювання на відказ характеризує безвідказність, а ресурс - довговічність.

Показники безвідказності: ймовірність безвідказної роботи - ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відказ не виникає.

Середнє напрацювання до відказу - математичне сподівання напрацювання до відказу виробу, який не може бути відновленим. Під напрацювання розуміють довготривалість або об'єм виконаної роботи об'єкта.

Середнє напрацювання на відказ - відношення напрацювання відновленого об'єкту до математичного сподівання числа його відказів на протязі цього напрацювання.

Інтенсивність відказів - показник надійності невідновлюваних виробів, який дорівнює відношенню середнього числа об'єктів, що відказали, в одиницю часу, до числа об'єктів, що залишилися працездатними.

Параметр потоку відказів - показник надійності відновлюваних виробів, який дорівнює відношенню середнього числа відказів об'єкту, який відновлюється за довільно мале його напрацювання, до значення цього напрацювання (відповідає інтенсивності відказів для виробів, що ремонтуються, або включає повторні відкази).

Показники довговічності: технічний ресурс - напрацювання об'єкта від початку його експлуатації або відновлення експлуатації після ремонту до граничного стану. Ресурс виражається в одиницях часу роботи (звичайно в годинах), довжини шляху (в кілометрах) і в одиницях випуску продукції. Для виробів, які не відновлюються, поняття технічного ресурсу і напрацювання до відказу співпадають.

Строк служби - календарне напрацювання до граничного стану. Виражається, як правило, в роках.

Для деталей машин як критерій довговічності використовується технічний ресурс.

Для машин, які експлуатуються в різних умовах і які мають більш точні показники, чим календарний строк служби, також використовують технічний ресурс (для транспортних машин - пробіг, для двигунів – мотогодини). Для інших машин використовується строк служби.

Показники довговічності поділяються на: гамма-процентні, середні до ремонту (плинного чи капітального), повні, середні до списання [6-8].

Гамма-процентні показники - це показники, які мають або перевищують в середньому обумовлене число процентів виробів даного типу. Вони характеризують довговічність виробів при заданій ймовірності збереження працездатності.

Гамма-процентний ресурс являється основним розрахунковим показником, наприклад, підшипників кочення, які підлягають розповсюдженню на інші деталі. До суттєвих переваг цього показника відносять можливе його визначення до завершення випробування всіх зразків, кількісна характеристика випадків раннього руйнування та інші. Для виробів серійного і масового виробництва, наприклад, для підшипників кочення, найбільш часто використовують 90% ресурс. Якщо відказ небезпечний для життя людей, ресурс наближається до 100%. Для відповідальних агрегатів тракторів прийнятий 80% ресурс.

Показники рентабельності і збереженості: середній час відновлення працездатного стану. Ймовірність відновлення працездатного стану за заданий час. Строки збереженості - середній і процентний.

Комплексний показник кількісно характеризує одночасно дві або кілька різних властивостей технічного об'єкта, тобто він належить до кількох властивостей надійності об'єкта.

Коефіцієнт технічного використання (КТВ), це відношення математичного сподівання часу працездатного стану за деякий період експлуатації до суми математичних сподівань часу працездатного стану і всіх простоювань для ремонтів і технічного обслуговування.

Коефіцієнт готовності (КГ), це ймовірність того, що об'єкт буде в працездатному стані в довільний момент часу, окрім періодів, в яких експлуатація не передбачається.

У тих випадках, коли нормованими показниками надійності є K_G , $K_{ТВ}$, коефіцієнт оперативної готовності $K_{ог}$ в нормативно-технічній документації повинні указуватись показники окремих властивостей надійності: безвідмовність, і за необхідності, збережуваність, наробіток на відмову і безвідмовність - \bar{T} , $P(t_p)$; середній час профілактики - $T_{п}$; \bar{T}_B , T_{cp} , які визначають величину відповідних коефіцієнтів K_G (готовності) і $K_{ТВ}$ - (технічного використання), або $K_{ог}$ - коефіцієнта оперативної готовності [1]. Однак, критерієм для порівняння технічних об'єктів за надійністю у цьому випадку має бути показник, вибраний за табличними даними. За показники ремонтпридатності, поряд з часовим показником, можна брати показники трудомісткості і матеріалоемності.

Для виробів із постійною інтенсивністю відмов треба також вказувати λ - характеристику (інтенсивність відмов) в період нормальної експлуатації і ресурс (строк служби). Якщо інтенсивність відмов виробу змінна, то треба вказувати або імовірність безвідмовної роботи для встановленого ряду виробів, або імовірності безвідмовної роботи для встановленого ряду наробітків і ресурс. Для характеристики надійності об'єкта зі змінною інтенсивністю відмов у часі можуть застосовуватись λ - характеристики для окремих періодів експлуатації.

Використовуючи теорію ймовірностей, нами була отримана залежність коефіцієнта готовності K_g , на прикладі паливної системи дизельного двигуна, для різних умов експлуатації машино-тракторного агрегату (МТА):

$$K_g = \frac{\lambda_{2,3} + \lambda_{2,4} + \lambda_{2,5} + \lambda_{2,6}}{\lambda_{2,3} + \lambda_{2,4} + \lambda_{2,5} + \lambda_{2,6} + \left(\frac{\lambda_{02}}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{1,0}}} \right) \cdot \left(1 + \frac{\lambda_{2,3}}{\lambda_{3,0}} + \frac{\lambda_{2,4}}{\lambda_{4,0}} + \frac{\lambda_{2,5}}{\lambda_{5,0}} + \frac{\lambda_{2,6}}{\lambda_{6,0}} \right)}, \quad (1)$$

де λ_{ij} і μ_{10} - інтенсивність подій переходів паливної системи і її елементів у різні становища. Числові значення λ_{ij} і μ_{10} приймалися на основі експертної оцінки фахівців з обслуговування і ремонту паливної апаратури.

Якщо припустити, що поточне значення ефективної потужності двигуна N_e буде залежати тільки від величини зносу сполучень паливної системи, особливо від зносу плунжерних пар паливного насоса високого тиску, то буде справедлива залежність:

$$N_e = f(I, \tau), \quad (2)$$

де I – сумарний знос прецизійних пар ПНВТ;

τ - час роботи МТА.

Аналіз отриманої залежності (1), показує, можливість її використання для дослідження впливу забрудненості дизельного пального на функціональні характеристики МТА при умові, що залежність (2) є відомою.

Таким чином, підвищення надійності енергетичних засобів фірми-виробники досягають завдяки таким чинникам, як: удосконалення методів конструювання з використанням комп'ютерних систем, відпрацювання конструкцій різних вузлів і деталей на стадії проектування, перевірка їх надійності до початку виробництва; застосування в конструкціях машин достатньо відпрацьованої високонадійної елементної бази; застосування нових високоякісних конструкційних матеріалів для

виготовлення деталей, вузлів і базових елементів машин; удосконалення технологій виробництва і контроль якості матеріалів, комплектуючих і виготовлення машин на всіх етапах виробництва.

Список використаних джерел

1. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. – К. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 370 с.
2. Журавель Д. П. Моделювання енергетичного балансу трибосистеми сільськогосподарської техніки в середовищі змащувальних матеріалів. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Запоріжжя, 2013. Вип. 1. С. 126-132.
3. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.
4. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.
5. Дидур В. А., Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо-смазочных материалов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / НУБіП ; відп. ред. Д. О. Мельничук. К., 2016. № 251. С. 69-78.
6. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С.66-71.
7. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України: матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. / ТДАТУ. Мелітополь, 2015. С. 8-10.
8. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XVII міжнародної наукової конференції / СНАУ. Суми, 2016. С. 163-164.