

УДК 629.144.2.004.5

## ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Д. П. Домуші, канд. техн. наук  
Одеський державний аграрний університет

*Представлена характеристика показників надійності складних технічних систем, які можливо легко розповсюджувати на комбайни, обслуговуючі агрегати, машини технологічних збиральних комплексів для підтримання їх в надійному стані.*

**Ключові слова:** показники, надійність, складна технічна система, довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість, відмова, імовірність, машина.

**Вступ.** Надійність – одна з найбільш важливих, визначаючих функціональних показників будь яких технічних засобів і систем. Від надійності залежить безпека, економічність, ресурс роботи (тобто – ресурсозбереженість), конкурентоспроможність. Ведучою концепцією, на основі якої вирішується задача підвищення надійності техніки на сучасному етапі її розвитку, є системність. Системи забезпечення надійності, складають важливу частину системи забезпечення якості, захоплюють весь цикл виробу від розробки до експлуатації. При цьому методи забезпечення необхідного рівня надійності специфічні для кожного етапу життєвого циклу. 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 характеристики показників надійності складних технічних систем (СТС) - наприклад, технологічних збиральних комплексів для 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. В теперішній час завдяки складності технічних систем, різноманіттю та відповідністю вирішуваних завдань, проблема забезпечення надійності даних систем становиться все більш актуальною. Успішне рішення цієї проблеми залежить від якості організаційного, інформаційного, математичного і технічного забезпечення. Стосовно до комбайнів, тракторів, сільськогосподарських машин надійність є важливою техніко-економічною характеристикою, що визначає вартість і якість виготовлення, ремонту і технічної експлуатації машин. Слід зазначити, що в

сільському господарстві через різні несправності налічують простоїв на збиранні врожаю – до 45%, на оранці до 30% від усього часу роботи машини. Вивчення характеристик показників надійності елементів складних технічних систем забезпечить підтримання їх безвідмовності на всіх етапах використання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Науково-технічне направлення «надійність» пройшло в своєму розвитку декілька етапів. Вже з початку століття для забезпечення надійності використовували «запаси» стійкості. Однак такий «запас» часто приводив к збільшенню габаритів і ваги виробів і відповідно, к додатковій витраті технологічних матеріалів. Прагнути до зменшення непотрібних ефектів стимулювало вивчення реальних навантажень на вироби в експлуатації, несучої спроможності матеріалів та конструкцій, процесів змінення їх стану завдяки їх старіння, втомленості та інших факторів [1]. Основою для рішення задач по забезпеченню надійності з'явилася теорія ймовірностей та математичної статистики. На їх базі вже в 30-е роки встановлена статистична природа коефіцієнтів запасу міцності та сформульовано поняття відмови, як перевищення навантаження над міцністю[2].

Особливе бурний розвиток теорії надійності навчалася з інтенсифікації електроніки і автоматики, авіації і ракетно-технічної техніки[3]. Перший етап в рішенні проблем надійності був пов'язаний з виявленням причин відмов обладнання машин. Перед розробниками виникли питання: які основні причини ненадійності елементів і які шляхи їх усунення? існують лі способи створення надійних систем із ненадійних елементів і можливо лі прогнозувати надійність проектуємої системи? Відповідь на поставлені питання - вивчення впливу на відмови експлуатаційних факторів: середи та умов експлуатації – вібрацій, навантаження, температури та ін. [4].

**Мета досліджень:** В процесі експлуатації СТС можливі різного вигляду відмови, що призводять до зниження її ефективності. Обумовлене цими відмовами зниження ефективності характеризується надійністю. Основні загально технічні показники надійності приведені в ГОСТ 27.002. На основі цих показників для різних галузей виробництва сформульовано ряд специфічних показників. Розглянемо ці показники для складних технічних систем -обслуговуючі агрегати, комбайни, машини різних технологічних збиральних комплексів.

**Результаті досліджень.** Основні терміни й визначення надійності можуть бути поділені на декілька груп: показники надійності; відкази, дефекти, пошкодження; стани; часові поняття; технічне обслуговування і ремонт; резервування; нормування надійності; забезпечення, визначення і контроль надійності; випробування на надійність. Всі вони розроблені стосовно до технічного об'єкта, надійність якого розглядається в кожному конкретному випадку на етапах розробки, проектування, виробництва, застосування, ремонту, досліджень і випробувань на надійність. Об'єктами можуть бути

окремі деталі, вузли машин, машини в цілому, агрегати, комплекси машин, складні технічні системи тощо. Під надійністю розуміють властивість об'єкта зберігати в часі в установлених межах свою працездатність, тобто забезпечувати в встановлених границях значення усіх параметрів, що характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування (ТО), ремонту, зберігання і транспортування.

Надійність – комплексна властивість, що складається з таких показників: безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збереженості. Безвідмовність - це властивість об'єкту безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або наробітку. Наприклад, властивість зернозбирального комбайну виконувати безперервно збирання зернових культур протягом заданого часу при проведенні збиральних робіт. К показникам безвідмовності відносять: наробіток на відмову парка однотипних виробів, які знаходяться в експлуатації; імовірність безвідмовної роботи; інтенсивність відмов. Наприклад, для двигунів використовують три видів наробітку на відмову: наробіток на відмову в роботі, наробіток на довгострокове зняття двигуна, сумарний наробіток на несправність. Довговічність – це властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Наприклад, властивість зернозбирального комбайну виконувати роботу тривало, з можливими перервами на обслуговування і ремонт до того моменту, коли настане граничний стан його основних, базових вузлів та деталей. При цьому під граничним станом розуміють такий стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима або недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливо або недоцільно. У якості граничного стану може бути прийнятий різний встановлений стан. Наприклад, граничного стану двигуна внутрішнього згоряння визначається порушенням його працездатності – втратою потужності; граничний стан колінчастого вала – перевищенням спрацювання корінних шийок певної величини; граничний стан рами комбайна появою тріщини і т.д.. Як бачимо, в одних випадках це деякий умовний стан, в інших руйнування.

У ряді випадків граничний стан визначається економічними міркуваннями. Так більшість сільськогосподарських машин можна безперервно ремонтувати, підтримуючи їх довговічність за рахунок заміни деталей, практично необмежено довго. Однак, починаючи з деякого моменту, ремонт стає економічно невигідним. Крім того, машина морально старіє, тому граничний стан встановлюється на підставі спеціальних економічних розрахунків. У поняттях безвідмовність і довговічність є загальне і відмінне. Загальне полягає у властивості зберігати працездатність, а відмінне – в тому, що безвідмовність потребує безперервно зберігати працездатність, а довговічність – тривалий час, з можливими перервами на ремонт і технічне обслуговування. Ремонтпридатність - це властивість об'єкта, що полягає у пристосованості до

підтримання і відновлення працездатного стану шляхом ремонту та технічного обслуговування та яке визначає трудові та матеріальні затрати.

Ремонтопридатність об'єктів у сполученні з конкретним обслуговуючим персоналом визначає їх відновлюваність. Ремонтопридатність характеризується двома показниками: ремонтною технологічністю (РТ) та технологічністю при технічному обслуговуванні (ТТО). Основними властивостями ремонтної технологічності є блочність, взаємозамінність та відновлюваність.

Основні властивості технологічності при технічному обслуговуванні: контролює придатність, доступність та легко зніманням. В теперішній час затрати на ремонт та ТО виробів загального машинобудування в декілька разів перевищують затрати на їх виготовлення. При цьому величезні суми витрачаються на виготовлення запасних частин до машин. Про це говорять такі приклади: на долю заводів, що випускають нові комбайни, трактори, припадає лише 26% виробничих потужностей, на долю заводів, що виробляють запчастини до них – 32%, а на долю ремонтних підприємств – 42%. Таким чином на ремонт машин витрачається майже в три рази більше виробничих потужностей, ніж на випуск нових. Тому для забезпечення РТ в процесі проектування вирішальними факторами є:

- зниження (або виключення) пошкодження елементів конструкції умовах експлуатації;
- можливість ремонту зношених та пошкоджених деталей з використанням прогресивних технологічних процесів (ТП) при ремонті;
- можливість оперативного відновлення працездатності виробу в умовах експлуатації шляхом заміни (ремонту) пошкоджених (і які відпрацювали свій ресурс) виробів або збиральних одиниць, модулів;
- скорочення часу, праце місткості та матеріальних засобів на ремонт і ТО;
- підвищення надійності виробу.

До показників ремонтнопридатності відносять: середній час відновлення працездатного стану та середня працемісткість ремонту і технічного обслуговування.

Збереженість – властивість об'єкту зберігати значення показників довговічності, безвідмовності та ремонтнопридатності на протязі часу зберігання та транспортування. Основним показником збереженості є її середній термін. На базі даних показників для різних галузей виробництва сформульовано ряд специфічних показників. В якості приклада в таблиці 1 приведені такі показники для машин технологічних збиральних комплексів.

**Таблиця 1. Умовні позначення та визначення показників надійності,**

**експлуатаційної та ремонтної технологічності**

Найменування показника	Умовне позначення	Визначення
1	2	3
<b>Показники безвідмовності</b>		
Імовірність безвідмовної роботи при виконанні завдання	$P_{б.з.}$	Імовірність того, що при виконанні завдання не виникає відмова виробу, яке приводить до невиконання завдання
Імовірність безвідмовної роботи	$P_{(t)}$	По ГОСТ 27.002
Середня наробітка на відмову	$T_o$	По ГОСТ 27.002
<b>Показники довговічності</b>		
Призначений ресурс	$T_{р.п.}$	По ГОСТ 27.002
Передчаснийпризначений ресурс	$T_{р.п.п.}$	Призначений ресурс, який встановлений при передачі виробу на державні випробування
Початковий призначений ресурс	$T_{р.п.пр.}$	Призначений ресурс, який встановлений к початку вступу першого серійного виробу в експлуатацію
Ресурс до першого ремонту	$T_{р1}$	Наробіток виробу від початку експлуатації до його першого ремонту, який встановлений в нормативній документації (НД)
Міжремонтний ресурс	$T_{р.м.}$	Наробіток виробу між суміжними ремонтами, який встановлений в НД
Середній термін служби	$T_{с.сп}$	По ГОСТ 27.002
<b>Показники ремонтпридатності</b>		
Середнійчас відновлення працездатного стану	$T_{в}$	По ГОСТ 27.002
Імовірність відновлення працездатного стану	$P_{в}$	По ГОСТ 27.002

Продовження таблиці 1

1	2	3
<b>Показники збереженості</b>		

Назначений термін зберігання	$T_{з.н.}$	По ГОСТ 27.002
Середній термін зберігання	$T_{зб.ср.}$	По ГОСТ 27.002
<i>Показники експлуатаційної та ремонтної технологічності</i>		
Питома сумарна працемісткість технічного обслуговування(ремонту)	$K_{пр.ТО}(K_{пр.р.})$	Відношення математичного чикання (МЧ) сумарної працемісткості ТО(ремонту) за відповідний період експлуатації к наробітку об'єкту за той же період
Середня працемісткість ТО (ремонту)	$K_{ТО}(T_p)$	По ГОСТ 18322
Середня працемісткість роботи при плановому ТО	$T_{пл.ТО}$	МЧпрацемісткості виконання відповідної роботи при плановому ТО
Питома сумарна вартість ТО (ремонту)	$K_{с.ТО}(K_{с.р.})$	Відношення МЧ сумарної вартості ТО (ремонту) за відповідний період експлуатації к наробітку об'єкту за той же період
Середнятривалість роботи ТО (ремонту)	$T_{ТО}(t_p)$	По ГОСТ 18332
Середня тривалість роботи при плановому ТО	$T_{пл.ТО}$	МЧчасу виконання відповідної роботи при плановому ТО
Питома сумарна тривалість відновлення працездатного стану	$K_{тр.в.}$	Відношення МЧ сумарної тривалості ТО, яке пов'язано з відновленням працездатного стану виробу, за відповідний період експлуатації к наробітку об'єкту за той же період
Коефіцієнт взаємозамінності	$K_{вз}$	По ГОСТ21623
Коефіцієнт доступності	$K_d$	По ГОСТ 21623
Коефіцієнт завантаження виконувача	$K_3$	Відношення середній сумарної тривалості роботи виконувача при виконанні виду ТО (ремонту) к середній сумарній тривалості цього виду ТО

**Висновки.** Приведеніпоказники надійностіскладних технічних систем дозволяють оцінити складність проблем, які розглядаються в теорії

надійності. Щоб їх вирішити потрібні знання з різних технічних, природознавчих та наукових дисциплін, особливо математики. Точні математичні визначення показників надійності дають можливим і необхідним використання математичних методів, таких як імовірнісних та оптимізаційних, які забезпечують задану надійність у складних технічних системах, наприклад, в технологічних збиральних комплексах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аристов А.И., Борисов В.С. Оценка надежности механических систем. – М.: Знание, 1972. – 119 с.
2. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: Пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.
3. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
4. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники. – Л.: Лениздат, 1985. – 204 с.
5. Эффективность и надежность сложных систем. – М. Машиностроение, 1977.

### ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Домуши Д.А.

**Ключевые слова:** показатели, надежность, сложная техническая система, долговечность, безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, отказ, вероятность, машина.

#### Резюме

*Представлена характеристика показателей надежности сложных технических систем, которые легко распространяются на комбайны, обслуживаемые агрегаты, машины технологических уборочных комплексов для поддержания их в надежном состоянии.*

### ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Domuschy D.A.

**Keywords:** figures, complex technical system, durability, reliability, maintainability, persistence, refusal, probability, machine.

#### Summary

*The characteristic complex technical systems that are easy to distribute on harvesters, serviced units, machines of technological cleaning complex to maintain them in a safe state.*