

УДК 677.055.5

ВИПРОБУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ

Березін Л. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Приведена стратегія вибору виду випробувань на надійність технологічного обладнання галузі та його складових на основі систематизації та узагальнення випробувань технічних систем з урахуванням конструктивних та технологічних особливостей обладнання.

Методика. Використано положення нормативно-технічних документів стосовно дослідницьких відпрацювань та випробувань складних технічних систем за критерієм надійності.

Результати. Вперше представлено комплексний підхід до дослідження технологічного обладнання та його складових за критерієм надійності на основі випробувань, які регламентовані стандартами та керівними документами для технічних систем.

Наукова новизна. Полягає в розв'язку прикладної задачі по забезпеченню достатнього рівня надійності технологічного обладнання та його складових на основі обґрунтованого вибору випробувань за їх тривалістю та вартістю.

Практична цінність. Дозволяє організувати вибір випробувань на основі поділу їх на певні групи за сукупністю ознак з урахуванням вимог нормативної та конструкторської документації технологічного обладнання.

Ключові слова: випробування, технологічне обладнання, надійність, нормативно-технічна документація

Однією з головних ознак якості технологічного обладнання галузі, яка проявляється в процесі експлуатації, є його надійність – властивість виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, збереження і транспортування. З огляду надійності під технологічним обладнанням розуміємо сукупність функціонально взаємозв'язаних засобів технологічного оснащення для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів чи операцій із забезпечення працездатного стану як за параметрами виробленої продукції, так і продуктивності.

Постановка завдання

Широкий спектр напрацювань в сучасній теорії та практиці випробувань на надійність представлено в науково-технічних та переважно нормативних джерелах [1-7]. Проте, незважаючи на висвітлення проблеми, існує прогалина в виборі конкретного методу випробувань складних технічних систем як технологічне обладнання, який

переважно базується на кваліфікації та інтуїції дослідника в кожному окремому випадку. Метою статті є розробка стратегії вибору виду випробувань на надійність технологічного обладнання галузі та його складових на основі систематизації та узагальнення випробувань технічних систем з урахуванням конструктивних та технологічних особливостей обладнання.

Результати досліджень

При випробуваннях на надійність технологічного обладнання галузі з переважно обмеженою їх кількістю, необхідно враховувати наступне:

- випробуванням повинні передувати прогнозування та попередні розрахунки показників надійності;
- необхідно використовувати інформацію про надійність обладнання, яке аналогічне за призначенням, механізмів-прототипів та окремих деталей;
- доцільно проводити попередні стендові випробування окремих механізмів, збірних одиниць та деталей, що дозволить усунути характерні відмови та дефекти обладнання за результатами менш вартісних випробувань (номенклатура механізмів, збірних одиниць та деталей, які підлягають випробуванням, визначається при робочому проектуванні);
- при виборі кількості об'єктів для випробувань необхідно враховувати вартість проведення випробувань, виходячи з орієнтовних даних про кількість випуску даного обладнання (при незначній партії доцільно проводити випробування обмеженого числа обладнання, але при більш тривалому періоду з заміною зруйнованих деталей).

У відповідності до [8] випробування обладнання на надійність в залежності від встановленої мети поділяють на контрольні та визначальні. Для обладнання серійного виробництва за результатами контрольних випробувань методом однократної вибірки встановлюють відповідність між фактичними та нормованими значеннями показників надійності, які закладені в технічних умовах на проектування. Як приклад, приймальні випробування обмеженої кількості дослідних зразків обладнання, які проводять у відповідності постановки цього обладнання на виробництво та (або) використання за призначенням.

Розрізняють наступні контрольні випробування: попередні, приймальні та типові. Попередні випробування надійності дослідних зразків або дослідних партій

технологічного обладнання проводить завод-виробник для перевірки на відповідність вимогам державних та відомчих випробувань, державні та відомчі приймальні – для вирішення питання про доцільність виробництва та (або) використання за призначенням; типові – виконують до та після внесення змін в конструкцію або в технологію виготовлення для перевірки ефективності внесених змін або порівняння якості продукції, що випускалася в різний час. До контрольних також відносять періодичні випробування, які проводять періодично в об'ємах та термінах, які встановлені технічною документацією з метою контролю стабільності надійності технологічного обладнання та можливості продовження його випуску.

Визначальні випробування на надійність технологічного обладнання проводять для встановлення відповідності фактичних показників надійності обладнання вимогам технічного завдання, внесення значень показників надійності в технічну документацію. Визначальні випробування на надійність проводить розробник разом з замовником для майбутніх розробок та при модернізації виробів. До визначальних випробувань належать експлуатаційні спостереження в умовах реальної експлуатації обладнання на виробництві, тобто дослідження надійності діючого обладнання [5].

Окремим випадком визначальних є випробування, за результатами яких одержують порівняльні оцінки надійності двох або більше зразків технологічного обладнання аналогічного за призначенням, які проводять в ідентичних умовах.

Оскільки експериментальні методи оцінки надійності технологічного обладнання потребують випробувань значної кількості зразків, тривалого часу та витрат, то проведення належних випробувань машин дрібносерійного виробництва є проблематичним. Тому для оцінки надійності актуально використовувати випробування, методи та умови, які забезпечують отримання необхідної інформації в більш стислий термін в порівнянні з експлуатаційними випробуваннями. Традиційно використовують наступні способи скорочення об'єму випробувань як технологічного обладнання, так і його окремих збірних одиниць та деталей, що лімітують надійність всієї машини [8]:

- форсування режимів;
- оцінка надійності за малим числом відмов;
- скорочення кількості зразків за рахунок збільшення тривалості випробувань;
- використання різнобічної інформації про надійність деталей та вузлів обладнання.

При форсованих випробуваннях їх тривалість скорочується за рахунок відтворення тільки найбільш важких режимів роботи або режимів, які перевищують важкі. Ці випробування поділяють на два види: багатофакторні, коли скорочення випробувань досягається за рахунок збільшення кількості та величини навантажень та одно факторні, коли скорочення випробувань досягається за рахунок збільшення одного з цих навантажень.

При проведенні форсованих випробувань необхідно вибирати такі режими та методи випробувань, щоб характер пошкоджень (наприклад, зносу та накопичення втомленісних пошкоджень) та їх якісна сторона були аналогічними умовам реальної експлуатації, або визначати середній коефіцієнт прискорення K_{np} ресурсних випробувань за наробітком, який повинен характеризувати відношення середнього ресурсу в умовах експлуатації до середнього наробітку при прискорених випробуваннях при виникненні однакових відмов. Зокрема, при руйнуванні за критерієм втомленості в зоні нахиленої вітки кривої Веллера, залежність між ресурсом T та напруженням в деталі має вид $\sigma^m \cdot T = const$, тобто

$$K_{np} = \left(\frac{\sigma_{\phi}}{\sigma} \right)^m,$$

де σ та σ_{ϕ} – напруження в деталі в умовах експлуатації та при форсованому режимі. Випробування на форсованих режимах, як правило, потребують додаткові дослідження перерахунку на реальні режими навантаження та перевірку на можливість переходу на інші, непередбачені критерії відмов, що обмежує їх практичне використання.

Скорочення термінів випробувань також досягають нефорсованими випробуваннями, в яких повністю відтворюють експлуатаційні навантаження, як за величиною, так і за частотою прикладання, але збільшується максимальне використання календарного часу за рахунок збільшення кількості змін випробувань, збільшення коефіцієнту використання за часом тощо. Коефіцієнт прискорення випробувань в цьому випадку визначається за формулою:

$$K_{np} = \frac{T_{np}}{T_{xx}},$$

де T_{np} , T_{xx} – час неперервної роботи та холостих ходів.

Прискорені випробування переважно використовують при дослідженні збірних одиниць та деталей, які мають найменший ресурс та погіршують кількісні та якісні

показники надійності обладнання. Для цього використовують спеціальні стенди з можливістю варіації режимів навантаження за програмами експерименту з реалізацією зростання або пониження навантажень, а також їх сполучень. Фактичний час роботи об'єкту в період форсований випробувань визначається за формулою:

$$T_{\phi} = \frac{N_{\phi} t_i \varepsilon_T}{3600 \cdot 100},$$

де N_{ϕ} – число циклів випробувань; t_i – частка часу, в який діє фактичне навантаження; ε_T – відносна тривалість роботи механізму або деталі в реальних умовах експлуатації.

Якщо режим роботи деталі змінний, то прискорення випробувань досягається виключенням із спектру навантажень, які не викликають руйнівної дії.

Для обчислення показників надійності використовують два методи [4]:

- непараметричний (за невідомого виду закону розподілу значень випадкової величини, який містить у собі безпосередню оцінку показників надійності за вибірковими даними);
- параметричний (за відомого виду закону розподілу значень випадкової величини, який містить у собі оцінку параметрів закону розподілу, що входять у розрахункову формулу шуканого показника надійності, та оцінку показника надійності за розрахованими оцінками параметрів закону розподілу).

В першому випадку визначається кількість спостережень за час T до n -ої відмови при заданій ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$, яку вибирають не нижче певної межі ймовірності β . В другому випадку при нормальному законі розподілу число випробувань визначається за формулою:

$$N \geq t_{\beta}^2 v_o^2 / \varepsilon,$$

де $v_o = \sigma / \bar{T}$ – коефіцієнт варіації значення показника надійності з дослідного розподілу при середньо квадратичному відхиленні σ та середньому часу безвідмовної роботи \bar{T} ; t_{β} – коефіцієнт Стюдента (визначають за таблицею в залежності від β та N); ε – допустима відносна похибка.

Оцінку надійності за малим числом відмов при контрольних випробуваннях використовують для підтвердження наперед заданого значення працездатності. Оскільки припускається можливість його не підтвердження з так званим ризиком виробника, випробування деталей технологічного обладнання таким способом не використовують.

При скороченні кількості зразків за рахунок збільшення тривалості випробувань об'єм випробувань залишається практично сталим, а кількість зразків, що досліджуються, стає обернено пропорційною часу випробувань. Умовою використання способу є відповідність експоненціальному закону розподілу їх відмов за часом. Нехтування іншими законами, зокрема законом Вейбула, який застосовують для опису при одночасній дії відмов різного типу (раптових та поступових) в період нормальної експлуатації обладнання, призводить до значної похибки оцінки нижньої границі ймовірності безвідмовної роботи.

Розглянемо випробування на надійність технологічного обладнання за етапами їх проведення. На етапі проектування використовують доводочні випробування з метою оцінки впливу проектних змін для досягнення заданого рівня надійності та стендові – для випробувань найбільш проблемних стосовно надійності збірних одиниць та деталей. Зрозуміло, що в початковий період припрацювання обладнання, коли найчастіше виникають відмови через відхилення від встановленої технології виготовлення та поступову зміну структури поверхневого шару деталей в зборі, роботи по надійності зводяться до фіксації відмов та розробці заходів по їх усуненню.

В подальшому просуванні виробництва технологічного обладнання проводять визначальні та контрольні випробування різні за призначенням, закінчуючи приймальними з контролем кожної машина серійного виробництва на відповідність обладнання технічним вимогам. На заключному етапі проводять ресурсні випробування технологічного обладнання з метою визначення ресурсу машини, збірних одиниць та деталей до капітального ремонту або на повний строк служби. Роботи по підвищенню надійності не закінчуються з освоєнням обладнання в серійному виробництві, а продовжуються протягом експлуатації із збором додаткової інформації про відмови в експлуатації. Для цього проводять періодичні контрольні випробування технологічного обладнання на виробництві в об'ємах та терміни, які встановлено в нормативно-технічній документації, з метою доцільності та можливості продовження випуску обладнання. Методи та приклад організації, проведення та обробки даних – в [9].

Висновки

На основі нормативно-технічних та керівних документів стосовно випробувань надійності технічних систем представлено комплексний підхід до експериментального дослідження технологічного обладнання галузі, його механізмів, збірних одиниць та деталей з урахуванням їх конструктивних особливостей та технологічного призначення.

Результати статті сприяють обґрунтованому вибору випробувань за тривалістю та вартістю.

Список використаних джерел

1. Решетов Д. Н. Надежность машин / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.
2. Надежность и эффективность в технике: справочник: У 10 т. Т.6. Экспертная отработка и испытания / Р. С. Судаков, О. И. Тесина; Машиностроение. – М., 1989. – 376 с.
3. ДСТУ 2861–94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Київ. Дата введення 1996–01–01.
4. ДСТУ 3004–95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Київ. Дата введення 1997–01–01.
5. РД 50–204–87. Методические указания. Надежность в технике. Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации. Основные положения. Москва. Дата введения 1987–01–01.
6. Методические указания. Порядок проведения анализа причин отказов изделий. Москва. Дата введения 1984–01–01.
7. ДСТУ 2864–94. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання. Контроль надійності. Основні положення. Київ. Дата введення 1997–01–01.
8. ГОСТ 16504–81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. Москва. Дата введения 1982–01–01.

References

1. Reshetov, D.N., Yvanov, A.S. & Fadeev (1988). *Nadezhnost mashyn* [Reliability of machines]. Moscow: Visshaya shkola [in Russian].
2. Sudakov, R.S., Tesyna, O.Y. (1989). *Nadezhnost' y effektivnost' v tekhnike: spravochnyk* [Reliability and efficiency in technology: directory]. *Ekspertnaia otrabotka y uspytanyia* Ekspertnaia otrabotka y uspytanyia [Expert development and testing]. Mashynostroeniye. (Vols. 1–10; Vol.6). Moscow [in Russian].
3. DSTU 2861–94. Nadiinist tekhniky. Analiz nadiinosti. Osnovni polozhennia [State Standart 2861–94. Dependability of technics. Dependability analysis. Basic principles]. Kyiv, Standartinform Publ., 1996. 32 p.
4. DSTU 3004–95. Nadiinist tekhniky. Metody otsinky pokaznykiv nadiinosti za eksperymentalnymy danymy [State Standart 3004–95. Dependability of technics. Methods of estimation dependability by operating data]. Kyiv, Standartinform Publ., 1997. 47 p.
5. RD 50–204–87. Metodicheskiye ukazanyia. Nadezhnost v tekhnike. Sbor y obrabotka ynformatsyy o nadezhnosty yzdelyi v ekspluatatsyy. Osnovnye polozhennia. [Guidance documents 50–204–87. Methodical instructions. Reliability in technology. Collection and processing of information about the reliability of products in operation. Basic principles]. Moscow, Standartinform Publ., 1987. 73 p.
6. Metodicheskiye ukazanyia. Poriadok provedeniya analiza prychny otkazov yzdelyi. [Methodical instructions. Procedure for analyzing the causes of product failures]. Moscow, Standartinform Publ., 1983. 35 p.
7. DSTU 2864–94. Nadiinist tekhniky. Eksperymentalne otsiniuvannia. Kontrol nadiinosti. Osnovni polozhennia [State Standart 2864–94. Dependability of technics. Experimental determinating and complinating.

9. Березін Л. М. Оцінка довговічності та надійності в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: монографія. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.
8. GOST 16504–81. Ysptyanyia y kontrol kachestva produktsyy. Osnovnye termyny y opredeleniia [State Standart 16504–81. The state system of testing products. Product test and quality inspection. General terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 1982. 52 p.
9. Berezin, L. (2013). *Otsinka dovhovichnosti ta nadiinosti v'iazalnykh mekhanizmiv panchishno-shkarpetkovykh avtomativ: monohrafiia* [Estimation of the longevity and reliability of knitting mechanisms of hosiery machines: monograph]. Kyiv: National university of technologies & design [in Ukrainian].

Berezin Leonid

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2672-6323>

lnb07@ukr.net

Kyiv National University of
Technologies and Design

Испытание на надежность технологического оборудования отрасли

Березин Л. Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Приведена стратегия выбора вида испытаний на надежность технологического оборудования отрасли и его составляющих на основе систематизации и обобщения испытаний технических систем с учетом конструктивных и технологических особенностей оборудования.

Методика. Используются положения нормативно-технических документов касательно исследовательских работ и испытаний сложных технических систем по критерию надежности.

Результаты. Впервые представлен комплексный подход к исследованиям технологического оборудования и его составляющих по критерию надежности на основе испытаний, которые регламентированы стандартами и руководящими документами применительно к техническим системам.

Научная новизна. Заключается в решении прикладной задачи по обеспечению необходимого уровня надежности технологического оборудования и его составляющих на основе обоснованного выбора испытаний по их продолжительности и стоимости.

Практическая значимость. Позволяет организовывать выбор испытаний на основе деления их на отдельные группы по совокупности признаков с учетом требований нормативной и конструкторской документации технологического оборудования.

Ключевые слова: испытания, технологическое оборудование, надежность, нормативно-техническая документация

Trials on reliability of technological equipment for branch***Berezin L.****Kiev National University of Technologies & Design*

Purpose. Resulted strategy of choice by trial on reliability of technological equipment for branch and its components on the basis of systematization and generalization for trials of technical systems considering of constructive and technological features of the equipment.

Methodology is used a provisions by normatively technical documents for research workings and trials of complicated, technical systems by the criterion of reliability.

Findings is offered a comprehensive approach to the research of technological equipment and its components by the criterion of reliability on basis of trials, which regulated by standarts and normatively technical documents for technical systems.

Originality consists in deciding of the applied project task of providing of sufficient level of reliability for technological equipment and its components on basis grounded to choose trials taking into account the duration and cost.

Keywords: trial, technological equipment, reliability, normatively technical documents