

УДК 677.055.621

БЕРЕЗІН Л. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

ЕКСПРЕС-АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ МЕХАНІЗМІВ НА НАДІЙНІСТЬ ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ

Мета. Розробка методології оперативної оцінки впливу інноваційних рішень стосовно техніко-експлуатаційних характеристик окремих механізмів та систем на надійність шкарпеткового автомату за апостеріорною інформацією про відмови на виробництві.

Методика. Використовується метод пошуку, опису, аналогій та аналізу інформації для аудиту множини можливих рішень стосовно предмету досліджень, основи теорії надійності, методи оцінки показників надійності за експериментальними даними, теорія матриць, елементи числових методів та методологія апостеріорного аналізу надійності структурно-складних технічних систем.

Результати. Представлено алгоритм розрахунку та математичне забезпечення для оперативної оцінки впливу техніко-експлуатаційних змін одного з механізмів на надійність шкарпеткового автомата в цілому в умовах невизначеності інформації про відмови та джерел її надходження. Отримано числову оцінку ступеня впливу на надійність автомату змін в конструкції в'язального механізму. Показано переваги запропонованого підходу в порівнянні з традиційним, що дозволяє зменшити тривалість проектування при забезпеченні необхідної якості та мінімізації витрат за рахунок обмеження випробувань та обчислень.

Наукова новизна. Полягає в подальшому розвитку теорії і методології аналізу надійності шкарпеткових автоматів на етапах проектування або модернізації надійності шкарпеткових автоматів у випадках керованої різноманітності конструктивних варіантів інноваційних механізмів при обмеженості інформації про відмови та за умови збереження функціонально-структурних зв'язків.

Практична значимість. Запропонована методика моделювання надійності шкарпеткового автомату за інноваційними рішеннями його механізмів, що мінімізує витрати на додаткові випробування та обчислення. Результати викладеної концепції експрес - аналізу надійності автомату підтвердили достатню точність обрахунків на етапі перед проектної підготовки, що дозволяє використовувати її для інших в'язальних машин.

Ключові слова: шкарпетковий автомат, інновації, надійність, проектування, розрахунок.

Вступ. Сучасне проектування технологічного обладнання характеризується швидкою адаптацією до постійних інновацій, керованою зміною техніко-технологічних вимог і конструктивних варіантів, подовженням життєвого циклу. Незважаючи на перехід до конструкцій з новітніми рішеннями, важливою вимогою проектування машин залишається мінімізація його тривалості та витрат при забезпеченні необхідної якості. Надійність як характеристика якості має важливе значення при створенні трикотажного обладнання, оскільки в перспективі процес в'язання представляється неперервним і наближено без залучення обслуговуючого персоналу.

Враховуючи, що аналітичні дослідження надійності потребують подальшої експериментальної перевірки, перевагу віддають передусім випробування, які поділяють на три групи:

- стендові випробування натурних дослідних або серійних зразків в заводських умовах, які максимально наближені до експлуатаційних у відповідності до зазначених в нормативно-технічній документації [1];

- комп'ютерне статистичне моделювання процесів експлуатації, переважно методом Монте-Карло, що описують процес зміни технічного стану об'єкту [2,3];

- за результатами обробки статистичних даних про відмови в умовах експлуатаційних [4, 5].

Оскільки накопичення достатніх об'ємів інформації про відмови в умовах підконтрольної експлуатації машин характеризується більш короткими термінами, незначними витратами, достовірністю реальних режимів навантаження, переважно використовують дослідження третьої групи. Система збору та обробки інформації про експлуатаційну надійність достатньо регламентована у відповідності до стандартів [5]), але наведені рекомендації мають замкнутість розрахунків на об'єкт в цілому, а методичний підхід до оперативної оцінки впливу на його надійність інноваційних рішень стосовно окремих механізмів відсутній.

Постановка завдання. Об'єктом досліджень вибрано базові одноциліндрові шкарпеткові автомати серій ОЗДС, які належать до найбільш структурно-складних машин в трикотажній галузі та представляють множину послідовно з'єднаних механізмів, коли відмова будь-якого з них призводить до відмови шкарпеткового автомата в цілому. При обмеженні термінів та бюджету на проектування концепція спрощеного експрес-аналізу впливу на надійність шкарпеткових автоматів кардинальних змін його механізмів представляється актуальною.

Метою статті є розробка методології оперативної оцінки впливу інноваційних рішень стосовно техніко-експлуатаційних характеристик окремих механізмів на надійність шкарпеткового автомата за апостеріорною інформацією про відмови.

Результати дослідження. За результатами експлуатаційних спостережень шкарпеткових автоматів встановлено [6], що розподіл наробіток на відмову узгоджується з експоненціальним законом, а його середнє значення становить $T_{cp} = 1,11$ год. Пропонується методологія визначення T_{cp} шкарпеткових автоматів за додатковими даними про надійність його видозмінених складових механізмів, що забезпечить скорочення термінів проектування.

Структура шкарпеткових автоматів обумовлена технологією в'язання виробів: кожна операція виконується набором певних механізмів циклічної дії. Виділимо основні механізми та системи:

- механізм в'язання (стерженьові та платині вироби: в'язальні голки, рисунчасті селектори, штовхачі та платини; рухомі та нерухомі клини замкових систем циліндру та платиною коронки; пружні елементи клинів та фіксації робочих органів в циліндрі; відкривачі клапанів голок тощо);

- система подачі латексної та основних ниток (як для пасивної системи – шпулярнику, спрямовуючі вічки, пристрої для контролю та стабілізації натягу ниток, нитководії, вертикальні ножі та защемлювачі, компенсатор додаткових ниток для підсилення п'ятки або миска виробу при реверсивному русі циліндру тощо);

- механізм управління (розподільний барабан з жорсткими багатоланковими передачами та тросовими тягами, лічильний ланцюг, пристрої для зміни нитководіїв і швидкісних режимів та інше);

- механізм рисунку (механізм селекторно-групового відбору петле твірних органів як для механічної системи відбору голок - рисунчасті барабани та система керування їх переміщенням, штовхачі відбору тощо; механізм селекторного індивідуального відбору з збавником та додавачем голок);

- електродвигун, привод головного валу з механічними передачами для інших механізмів, які технологічні траєкторії робочих органів при виконанні операцій технологічного циклу;

- кулісний механізм для забезпечення реверсивного руху циліндру,

- механізм пневматичної відтяжки та прийому виробу,

- механізм регулювання щільності в'язання виробу.

За даними експлуатаційних спостережень системи подачі ниток відомо [7], що середній наробіток складає 1,32 год., з [4] та [8] відповідно маємо для в'язального механізму - 11,18 год. та механізму рисунку - 364 год. При відсутності інформації про надійність механізмів використовували облікові формуляри витрат запасних частин за відмовами в міжремонтний період шкарпеткових автоматів з перерахунком на 2-змінний режим роботи, наприклад для механізмів рисунку та реверсивного руху циліндру. Приймаємо наступні позначення та величини середніх наробітків наявних механізмів та систем шкарпеткового автомату:

$T_1 = 1,32$ год. – для системи подачі ниток;

$T_2 = 11,18$ год. – в'язального механізму;

$T_3 = 23,82$ год. – інших механізмів;

$T_4 = 322$ год. – механізму управління;

$T_5 = 364$ год. – механізму рисунку;

$T_6 = 774$ год. – приводу;

$T_7 = 961$ год. – механізму реверсивного руху циліндру.

Складаємо варіаційний ряд із середніх наробітків механізмів та систем шкарпеткового автомату за умовою їх зростання виду $T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6 < T_7$, а саме:

$$T = (1,32; 11,18; 23,82; 322; 364; 774; 961). \quad (1)$$

Обчислюємо кількість відмов для кожного механізму $[k_i]$ за фіксований час T_{max} як найбільше ціле від наближеного значення:

$$k_i = \frac{T_{max}}{T_i}, \quad (2)$$

де T_{max} - максимальне значення із ряду середніх наробітків механізмів T_i (очевидно, що $T_{max} = T_7 = 961$ год.).

У відповідності до (2) та при відповідному округленні отримаємо ряд натуральних чисел як кількість відмов механізмів та систем шкарпеткового автомату виду $[k_1] = 728$; $[k_2] = 86$; $[k_3] = 41$; $[k_4] = 3$; $[k_5] = 3$; $[k_6] = 1$; $[k_7] = 1$.

Тоді загальна кількість відмов шкарпеткового автомату за час T_{max} , яка визначається відмовами його механізмів та систем, становить:

$$\nu = \sum_{i=1}^7 [k_i] = 728 + 86 + 41 + 3 + 3 + 1 + 1 = 863 \text{ відмови.} \quad (3)$$

Для обчислення середнього наробітку до відмови T_{cp} шкарпеткового автомату як сукупності систем, необхідна інформація про поточний час відмов. Для цього використовуємо суміщення даних про надійність складових механізмів і систем шкарпеткового автомату та складаємо узагальнюючу матрицю моментів відмов виду $(n \times [k_1])$ [3], а саме $T = [T_{ij}]_{n \times [k_1]}$:

$$T = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & \dots & T_{1[k_1]} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & \dots & 0 \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ T_{n1} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $T_{1[k_1]}$ - момент часу $[k_1]$ - ої відмови механізму 1 (подачі ниток); T_{n1} - момент часу першої відмови n -ого механізму, тобто в позначенні T_{ij} маємо: i та j - номери механізму або системи та їх відмови відповідно.

Тоді стосовно шкарпеткового автомату маємо:

$$T = \begin{bmatrix} 1,32 & 2 \times 1,32 & 3 \times 1,32 & 4 \times 1,32 & \dots & 86 \times 1,32 & \dots & 728 \times 1,32 \\ 11,18 & 2 \times 11,18 & 3 \times 11,18 & 4 \times 11,18 & \dots & 86 \times 11,18 & \dots & 0 \\ 23,82 & 2 \times 23,82 & 3 \times 23,82 & 4 \times 23,82 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 322 & 2 \times 322 & 3 \times 322 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 364 & 2 \times 364 & 3 \times 364 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 774 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 961 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Оскільки середній наробіток кожного із механізмів або систем визначається відповідним рядком матриці (5) часу відмов як:

$$\begin{aligned} T_1 &= [T_{11} \ T_{12} \ T_{13} \ \dots \ T_{1[k_1]}], \\ T_2 &= [T_{21} \ T_{22} \ T_{23} \ \dots \ T_{2[k_2]}], \\ &\vdots \\ T_n &= [T_{n1}], \end{aligned} \quad (6)$$

то виконуємо перехід до рядка поточного часу відмов всього шкарпеткового автомату виду $T = [T_\gamma]$ [10]:

$$T = [T_{11} \ T_{12} \ \dots \ T_{1[k_1]} \ T_{21} \ T_{22} \ \dots \ T_{2[k_2]} \ \dots \ T_{n1}], \quad (7)$$

де γ - порядковий номер часу відмови шкарпеткового автомату в цілому (звичайно маємо, що $\gamma \leq \nu$).

Виконуємо упорядкування рядку (7) за принципом варіаційного ряду за умовою збільшення, тобто:

$$\begin{cases} t_o = 0 \\ t_1 = T_{11} \\ \dots \\ t_\theta = T_{n1} \end{cases},$$

де очевидно, що $0 \leq \theta \leq \nu$.

Тоді середній наробіток на відмову шкарпеткових автоматів визначається за формулою [1]:

$$T_{cp}' = \frac{\sum_{i=1}^{\nu} (t_{i+1} - t_i)}{\nu} \quad (8)$$

Після обчислення даних матриці (5) за умовою (7) та формулою (8) отримуємо $T_{cp}' = 1,13$ год., що не перевищує розбіжність в 2% в порівнянні з результатом традиційної обробки даних експлуатаційних спостережень всього шкарпеткового автомату [6] і підтверджує принципову можливість використання запропонованого аналізу надійності.

Перевага даного підходу обрахунку надійності шкарпеткових автоматів, як будь-якої технічної системи, полягає в тому, що достатньо вносити зміни до інформації щодо надійності запропонованого механізму, а не виконувати повторні експлуатаційні спостереження або інші випробування, що значно впливає на кошторис та тривалість дослідження та обробки значного масиву даних.

Розглянемо застосування представлених положень при аналізі надійності шкарпеткових автоматів при інноваційній зміні одного з його механізмів при спадковості конструкцій інших. При невизначеності закону розподілу наробітків на відмову нового механізму рекомендовано використовувати ряд особливостей виходячи із наступних передумов [11]:

- раптові відмови періоду нормальної роботи підлягають опису експоненціальним законом розподілу;
- поступові відмови – нормальним;
- зносні відмови кінця періоду нормальної роботи – логарифмічно-нормальним,
- втомленісні відмови – розподілом Вейбула.
- відмови періоду приробітку – розподілом Релея.

Оскільки відмови періоду приробітку технічних систем не відносять до відмов їх нормальної експлуатації, то розподіл Релея не розглядаємо.

Орієнтовні графіки цих розподілів представлено на рисунку, а формули для обчислення середніх наробіток – в таблиці.

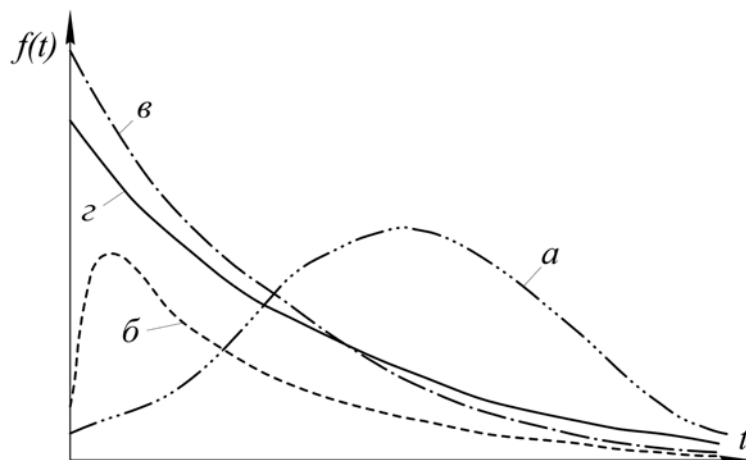


Рис. Орієнтовні графіки зміни найбільш поширених законів розподілу випадкових значень показників надійності технічних систем: $f(t)$ - закон розподілу; t - час; a - нормальний розподіл; $б$ - логарифмічно-нормальний розподіл; $в$ - експоненціальний розподіл; $г$ - розподіл Вейбула

Першочергово доцільно використовувати двох параметричний закон Вейбула, враховуючи його універсальність [11,12]:

- при $m < 1$ інтенсивність відмов $\lambda(t)$ та щільність розподілу $f(t)$ наробітків зменшуються;
- при $m = 1$ розподіл має $\lambda(t) = \text{const}$ та спадаючу функцію $f(t)$, що характерно для експоненціального закону;
- при $m > 1$ функція $f(t)$ має одну вершину, а $\lambda(t)$ - неперервне зростання: при $1 < m < 2$ з випуклістю вгору, а при $m > 2$ - вниз;
- при $m = 3,3$ розподіл Вейбула близький до нормального, який переважно використовують при поступових відмовах, які характерні для зносу деталей.

Таблиця

Формули для визначення законів розподілу та середнього наробітку T_{cp} між відмовами

Назва та графічне зображення розподілу	Закон розподілу $f(t)$ -	Середній наробіток на відмову T_{cp}
Нормальний	$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	μ
Логарифмічно-нормальний	$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot t \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\exp(\mu + 0,5\sigma^2)$
Експоненціальний	$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$	$1/\lambda$
Вейбула (при $m=1$)	$f(t) = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{m-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right]$	$\eta \Gamma(1+m^{-1})$

Примітка. Використано наступні позначення: μ - середнє арифметичне; σ - середньо квадратичне відхилення; λ - інтенсивність відмов; η , m - параметри розподілу; $\Gamma(\cdot)$ - гамма-функція.

Оцінку параметрів розподілу Вейбула переважно виконують методом найменших квадратів для лінійної системи з однією незалежною за часом. Якщо данні вибірки відповідають закону Вейбула та справедливе лінійне рівняння виду:

$$y = mx - m \ln \eta, \quad (9)$$

де $y = \ln(-\ln(1-F(t)))$ та $x = \ln t$ при $F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right]$,

то значення параметрів розподілу Вейбула визначаються за формулами [11]:

$$m = b; \quad \eta = \exp\left(-\frac{a}{b}\right), \quad (10)$$

де a та b - коефіцієнти з [13,14]:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n \left(x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right) \left(y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}.$$

Надалі виконується перевірка на узгодженість значень теоретичного y_i та емпіричного $\hat{y}$ розподілів:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2}, \quad (11)$$

де $\bar{y}$ - середнє значення y .

Параметри математичної моделі відмов Вейбула також можна оцінювати методом максимальної правдоподібності при використанні способу послідовних наближень за формулами в [15]:

$$m = m_0 + \frac{m_0 \sum t^{m_0} (M \sum t^{m_0} + m_0 \sum \ln t \sum t^{m_0} - M m_0 \sum t^{m_0} \ln t)}{M ((\sum t^{m_0})^2 + m_0^2 \sum t^{m_0} (\ln t)^2 - m_0^2 \sum t^{m_0} \ln t)}, \quad (12)$$

$$\eta = \left(\frac{\sum t^{m_0}}{M} \right)^{1/m_0}, \quad (13)$$

де m_0 та m - початкове та кінцеве наближення параметру форми до кореню рівняння максимізації функції правдоподібності;

M - кількість відмов в вибірці.

До важливої практичної особливості розподілу Вейбула також можна віднести те, що надійність системи з послідовно з'єднаних однакових елементів, які підпорядковуються розподілу Вейбула, також підпадає під цей розподіл, що значно спрощує подальші розрахунки.

Враховуючи інноваційні рішення щодо зменшення інтенсивності відмов в'язальних голок за умовою міцності в в'язальному механізмі (кліни з криволінійною робочою гранню та зміна рівня відбійної площини), встановлено, що їх довговічність збільшуються в 2,4 рази, а середній наробіток на відмову механізму зміниться до $T_2' = 24,82$ год. Тоді рядок T_{2j}

матриці (4) включає $[k_2]' = 39$ відмов за час $T_{max} = 961$ год. при $k_2' = \frac{T_{max}}{T_2'} \frac{961}{24,82} = 38,71$ та приймає

наступний вид: $T_2' = [24,82 \quad 2 \times 24,82 \quad 3 \times 24,82 \quad \dots \quad 39 \times 24,82]$.

Після перетворень та обчислень за формулами (4)...(6) середній наробіток шкарпеткового автомату з інноваційним в'язальним механізмом зросте до 1,24 год.

Висновки. Запропоновано методологію та математичне забезпечення експрес-аналізу впливу змін окремих механізмів на надійність шкарпеткового автомату за апостеріорною інформацією про відмови. Очевидно, що інноваційні рішення передусім стосуються механізмів з високою інтенсивністю відмов, для яких тривалість збору інформації про відмови достатнього об'єму є незначною.

Слід зазначити, що отриманий інструментарій можна використовувати для оцінки інноваційних технічних рішень механізмів за критерієм надійності шкарпеткових автоматів, для кількісного порівняльного аналізу надійності та технічного рівня запропонованих на

вибір механізмів різних конструкцій, для моніторингу та обґрунтування напрямків щодо перспектив розвитку обладнання за надійністю.

В подальшій роботі за даною темою планується охопити питання дослідження надійності шкарпеткових автоматів за комплексним коефіцієнтом готовності, в якому разом з наробітками на відмову механізмів також враховуються терміни по відновленню їх працездатності.

Література

1. Хазов Б.Ф. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования / Б.Ф. Хазов, Б.А. Дидусев. - М.: Машиностроение, 1985. - 224с.
2. Якубович А.Н. Оценка надежности автотранспортных систем методами статистического моделирования (аналитический обзор) / А.Н. Якубович, И.А. Якубович, В.И. Россоха // Интеллект, инновации, инвестиции. – 2016. - №1. - С.89-94.
3. Задорожный В. Н. Имитационное и статистическое моделирование : учеб. пособие. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. – 136 с.
4. Березін Л.М. Оцінка довговічності та надійності в'язальних механізмів панчішно-шкарпеткових автоматів: монографія / Л.М. Березін. – К.: КНУТД, 2013. – 191 с.
5. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. 1996-01-01.
6. Амро М.А. Исследование эксплуатационной надежности чулочных автоматов / М.А. Амро, В.П. Волощенко // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1980. - №1. - С.120-122.
7. Новак С.Н. Повышение надежности системы нитеподачи одноцилиндровых чулочно-носочных автоматов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.Н. Новак. - К.: КТИЛП, 1991. - 21с.
8. Баранов А.А. Исследование и разработка механизма отбора одноцилиндровых рисунчатых чулочно-носочных автоматов с целью повышения их производительности: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: /А.А.Баранов. - Москва, МТИ, 1991. -

References

1. Khazov, B.F., Didusev, B.A. (1985). Spravochnik po raschetu nadezhnosti mashin na stadii proyektirovaniya [Handbook for calculating the reliability of machines at the design stage] Moscow: Mechanical Engineering [in Russian].
2. Yakubovich, A.N., Rossokha, V.I. (2016). Otsenka nadezhnosti avtotransportnykh sistem metodami statisticheskogo modelirovaniya (analiticheskiy obzor) [Assessment of the reliability of motor transport systems by methods of statistical modeling (analytical review)] Intellect, innovatsii, investitsii - Intellect, innovations, investments, Vol. 1, 89-94 [in Russian].
3. Zadorozhny, V. N. (2013). Imitatsionnoye i statisticheskoye modelirovaniye : ucheb. posobiye [Imitation and statistical modeling: textbook. allowance]. Omsk: Publishing house of OmSTU [in Russian].
4. Berezin, L. M. (2013). Otsinka dovhovichnosti ta nadiynosti 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].
5. DSTU 3004-95. Nadiynist tekhniky. Metody otsinky pokaznykiv nadiynosti za eksperymentalnyimi danymi [State Standart 3004-95. Dependability of technics. Methods of estimation dependability by operating data]. Kyiv, Standartinform Publ., 1995. 129 p.
6. Amro, M.A., Voloschenko, V.P. (1980). Issledovaniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti chulochnykh avtomatov [Research of operational reliability of stocking machines] Izvestiya vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti - Bulletin of Higher Education Institution. Technology of light industry, Vol. 1, 120-122 [in Ukrainian].
7. Novak, S.N. (1991). Povysheniye nadezhnosti sistemy nitepodachi odnotsilindrovyykh chulochno-nosochnykh avtomatov [Improving the reliability of the single-cylinder automatic hosiery thread feeding system]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: Kyiv National University of Technologies and Design [in Ukrainian].
8. Baranov, A. A. (1991). Issledovaniye i razrabotka mekhanizma otbora odnotsilindrovyykh risunchatykh chulochno-nosochnykh avtomatov s tsel'yu povysheniya ikh proizvoditel'nosti [Research and development of a mechanism for selecting single-cylinder patterned hosiery machines in

27с.

9. Liu Y., Fan J., Li Y. One system reliability assessment method for cnc grinder // *Ekspluatacja i Niezawodnosc* на польській – Maintenance and Reliability. – 2014. – 16(1). – p. 97-104.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1974. – 832 с.
11. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высш. шк., 1988. – 238с.
12. Khalili A. Statistical properties of Weibull estimators / A. Khalili, K. Kromp // *Journal of Materials Science*, 1991. Vol. 26. – P. 6741-6752.
13. Канарчук В.Є. Надійність машин / В.Є. Канарчук, С.К. Полянский, М.М. Дмитрієв. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.
14. Giordano A.A. Least square estimation with application to digital signal processing / A.A. Giordano, F.M. Hsu. – NY: Wiley digital archives, 1985. – 438 p.
15. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. – К.: Вища школа, 1981. – 264с.

order to increase their productivity]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow: Moscow Textile Institute [in Russian].

9. Liu, Y., Fan, J., Li Y. (2014). *Один метод otsenki nadezhnosti sistemy dlya shlifoval'nogo stanka s chpu* [One system reliability assessment method for cnc grinder] *Ekspluatatsiya i nadezhnost'* - *Ekspluatacja i Niezawodnosc*, Vol.16(1), 97-104 [in English].
10. Korn, H., & Korn, T. (1974). *Spravochnyk po matematyke (dlia nauchnykh rabotnykov y ynzhenyrov)* [A handbook on mathematics (for scientists and engineers)]. Moscow: Nauka. [in Russian].
11. Reshetov, D.N., Yvanov, A.S. & Fadeev (1988). *Nadezhnost mashyn* [Reliability of machines]. Moscow: *Visshaya shkola* [in Russian].
12. Khalili, A., Kromp, K. (1991). *Statisticheskiye svoystva otsenok Veybulla* [Statistical properties of Weibull estimators] *Journal of Materials Science*, Vol. 26, 6741-6752 [in English].
13. Kanarchuk, V.E., Полянский, S.K., Dmitriev, M.M. (2003) *Nadezhnost mashyn* [Reliability of machines]. Kyiv: *Lybid* [in Ukrainian].
14. Giordano, A.A., Hsu, F.M. (1985). *Otsenka metodom naimen'shikh kvadratov s primeneniym k tsifrovoy obrabotke signalov* [Least square estimation with application to digital signal processing]. NY: Wiley digital archives [in English].
15. Sedush, V.Ya. (1981) *Nadezhnost', remont i montazh metallurgicheskikh mashin* [Reliability, repair and installation of metallurgical machines] Kyiv: High school [in Ukrainian].

BEREZIN LEONID

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

ResearcherID: H-6012-2020

*Docent of the Department of Applied Mechanics and Machines,
Kyiv National University of Technologies and Design,
Docent, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.)*

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ НА НАДЕЖНОСТЬ НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ

БЕРЕЗИН Л. Н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка методологии оперативной оценки влияния инновационных решений касательно технико-эксплуатационных характеристик отдельных механизмов и систем на надежность носочного автомата по апостериорной информации об отказах на производстве.

Методика. Используется метод поиска, описания, аналогий и анализа информации для аудита множества возможных решений по предмету исследований, основы теории надежности, методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным, теория матриц, элементы численных методов и методология апостериорного анализа надежности структурно-сложных технических систем.

Результаты. Представлен алгоритм расчета и математическое обеспечение для оперативной оценки влияния технико-эксплуатационных изменений одного из механизмов на надежность носочного автомата в условиях неопределенности информации об отказах и

источниках ее поступления. Получена числовая оценка степени влияния на надежность автомата изменений в конструкции вязального механизма. Показаны преимущества предложенного подхода в сравнении с традиционными решениями, что позволяет уменьшить длительность проектирования при обеспечении необходимого качества и минимизации затрат за счет ограничения испытаний и вычислений.

Научная новизна. Заключается в дальнейшем развитии теории и методологии анализа надежности носочных автоматов на этапе проектирования или модернизации в случаях управляемого разнообразия конструктивных вариантов инновационных механизмов при ограничении информации об отказах и при условии сохранения функционально-структурных связей.

Практическая значимость. Предложена методика моделирования надежности носочного автомата по инновационным решениям его механизмов, что минимизирует затраты на дополнительные испытания и вычисления. Результаты предложенной концепции экспресс - анализа надежности автомата подтвердили достаточную точность результатов вычислений на этапе проектирования, что позволяет использовать ее для других вязальных машин.

Ключевые слова: носочный автомат, инновации, надежность, проектирование, расчет.

EXPRESS ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF INNOVATIVE SOLUTIONS FOR MECHANISMS ON THE RELIABILITY OF SOCK AUTOMATIC MACHINES

BEREZIN L. N.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose: development of a methodology for operational assessment of the influence of innovative solutions to the technical and operational characteristics of individual mechanisms and systems on the reliability of the sock automatic machine on a posteriori information about failures in production.

Methodology: the method of search, description, analogies and analysis of information is used to audit the set of possible solutions to the subject of research, the basics of reliability theory, methods for assessing reliability indicators based on experimental data, matrix theory, elements of numerical methods and methodology of a posteriori reliability analysis of structurally complex technical systems.

Findings: the calculation algorithm and mathematical support for operational assessment of influence of technical and operational changes of one of mechanisms on reliability of the sock automatic machine as a whole in the conditions of uncertainty of the information about failures and sources of its receipt are presented. The advantages of the proposed approach in comparison with the traditional one are shown, which allows to reduce the design duration while ensuring the required quality and minimizing costs by limiting tests and calculations. A numerical estimate of the degree of influence on the reliability of the sock automatic machine of changes in the design of the knitting mechanism is obtained. It is shown that the increase in the average failure time to 24.82 hours, when changing the technical characteristics of the knitting mechanism leads to an increase in this indicator for the machine as a whole to 1.24 hours.

Originality: it is the further development of the theory and methodology of reliability analysis of sock automatic machines at the stages of design or modernization in cases of controlled variety of options for innovative mechanisms with limited information about failures and while maintaining functional and structural relationships.

Practical value: the method of modeling the reliability of the sock automatic machine according to the innovative solutions of its mechanisms is proposed, which minimizes the costs of additional tests and calculations. The results of the above concept of the analysis of the reliability of the machine confirmed the sufficient accuracy of the calculations at the stage before the design preparation, which allows it to be used for other knitting machines.

Keywords: sock automatic machine, innovation, reliability, designing, calculation, posteriori information.