

ПРОБЛЕМА ОЦІНЮВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛІМІТУЮЧИХ ДЕТАЛЕЙ І ВИБІР ЕФЕКТИВНОЇ РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ

Бантковський В.А., Рибалко І.М., Іванов В.І., Гожа Д.М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства

У статті викладена методика оцінювання довговічності лімітуючих деталей та вибору ефективної ремонтної технології зміцнення. Методика ілюструється практичними рекомендаціями та прикладом.

Ключові слова: *надійність відремонтованої техніки, лімітуючі деталі, фактичний ресурс, післяремонтний ресурс, параметри стану деталі, методи зміцнюючої обробки, післяремонтний період, післяремонтний ресурс, ресурсні відмови, параметричні відмови, гарантійний термін служби, витрати на відновлення, собівартість ремонту.*

Актуальність проблеми

Управління якістю при ремонті машин безпосередньо пов'язано із забезпеченням нормативних вимог до надійності відремонтованої техніки. Аналіз експлуатаційної надійності тракторів та іншої складної сільськогосподарської техніки показує, що із загальної кількості деталей, яка налічує тисячі найменувань, можна виділити кілька десятків, рівень надійності яких обмежує (лімітує) надійність всієї машини. За термін служби машини деякі з лімітуючих деталей доводиться замінювати або відновлювати при ремонті кілька разів, що істотно знижує ефективність використання техніки і збільшує експлуатаційні витрати. При цих умовах при ремонті доцільно підвищити ресурс лімітуючих деталей з компенсацією відповідних витрат за рахунок надбавки до ціни за ремонт. [4].

Можна сформулювати основні передумови, за наявності яких доцільне збільшення ресурсу деталей при ремонті: фактичний ресурс нових деталей або запасних частин малий порівняно з нормативним для машини (агрегату), що призводить до необхідності виконувати за термін служби 2-3 заміни, а витрати, пов'язані із заміною деталей, що відмовили, і втрати, обумовлені простоями техніки в ремонті, великі; на ремонтному підприємстві існує технічна можливість реалізації зміцнюючої технології при відновленні деталей, що відмовили.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій

Існуючі методики оцінки показників довговічності деталей за даними ремонтного підприємства передбачає, що ресурс деталі або вузла визначається величиною основного контрольованого при дефектації структурного параметру U (розмір в сполученні, зазор і т. п.), процес зміни якого є монотонним і відноситься до деградаційних процесів типу зношування. [1-4, 5, 6, 12-15].

Параметром стану деталі є позитивна величина

$$\Delta = |U - U_H|, \quad (1)$$

де U_H - нормальне (початкове) значення основного структурного параметра.

Граничне значення параметру стану, як правило, визначається з виразу

$$\Delta_i = |U_n - U_H|, \quad (2)$$

де U_n - граничний рівень структурного параметра.

Деталь вибраковується при дефектації, якщо параметр стану перевищив допустиме значення

$$D_o = |U_o - U_H|, \quad (3)$$

де U_o - допустимий рівень структурного параметра.

Вихідними статистичними даними для експрес-оцінки довговічності деталей при ремонті можуть служити результати вибірових вимірювань структурного параметра, які проводяться при дефектації U_1, U_2, \dots, U_n . Деталі, які не задовольняють умові $\Delta \leq D_o$, вважаються несправними і замінюються новими або відновленими. [13, 14].

В результаті після ремонту формується вибірка деталей, яка складається із залишених для подальшого використання і замінених замість тих що відмовили. Післяремонтний ресурс залежить як від способу відновлення деталей, вилучених при дефектації, так і від кількості (частки) деталей, визнаних при дефектації придатними до подальшої експлуатації. γ_i [15]. Частка замінених або відновлених деталей відповідно дорівнює $1 - \gamma_i$.

Наближена оцінка середнього післяремонтного ресурсу деталі T_{np} виконується наступним чином. Контролюючи параметр стану $\Delta_i = |U_i - U_H|$ у вибірці деталей об'ємом n при дефектації, виділяють групу деталей обсягом n_o , у яких $\Delta \leq D_o$, тобто придатних до подальшого використання. Вважаємо реалізації параметра Δ ступеневими функціями виду

$$\Delta_i = \alpha_i \cdot t^\alpha, \quad (4)$$

де α задано, α_i - випадковий невідомий коефіцієнт, який визначається для групи придатних деталей по формулі:

$$\alpha_i^{(0)} = \frac{\Delta_i^0}{t_a^\alpha}, \quad (5)$$

а для всіх за формулою

$$\alpha_i = \frac{\Delta_i}{t_a^\alpha}. \quad (6)$$

Тут t_a - середнє значення доремонтного ресурсу (середнє напрацювання деталей на момент дефектації).

Визначивши $\alpha_i^{(0)}$ і, α_i використовуючи граничне значення, яке дорівнює Δ_n , оцінюємо значення ресурсу придатних деталей

$$t_{oi} = \left(\frac{\Delta_n}{\alpha_i^{(0)}} \right)^{1/\alpha} = t_a \cdot \left(\frac{\Delta_n}{\alpha_i^{(0)}} \right)^{1/\alpha}, \quad (7)$$

і по всій вибірці

$$t_i = \left(\frac{\Delta_n}{\alpha_i} \right)^{1/\alpha} = t_a \cdot \left(\frac{\Delta_n}{\Delta_i} \right)^{1/\alpha} \quad (8)$$

Далі визначають відповідні середні значення ресурсів

$$\bar{t}_o = \frac{1}{n_o} \cdot \sum_{i=1}^{n_o} t_{oi}; \quad (9)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_i . \quad (10)$$

Величина \bar{t}_o відповідає середньому ресурсу деталей, залишених без заміни, а \bar{t} - нових, встановлених замість вилучених (вibraкованих).

Тоді при частці придатних деталей $\gamma_o = \frac{n_o}{n}$ середній післяремонтний ресурс всієї сукупності визначають за формулою

$$T_{np} = (1 - \gamma_o) \cdot \bar{t} + (\bar{t}_o - \bar{t}_a) \cdot \gamma_i . \quad (11)$$

Якщо при ремонті використовуються ненові, а відновлені деталі, то

$$T_{np} = (1 - \gamma_o) \cdot \beta_p \cdot \bar{t} + (\bar{t}_o - \bar{t}_a) \cdot \gamma_i . \quad (12)$$

де β_o - коефіцієнт відновлення (або підвищення) ресурсу деталей, вилучених (вibraкованих) при дефектації.

Якщо позначити \bar{O}_n - як напрацювання, відповідне повному терміну служби машини (агрегату), то до лімітуючих деталей слід віднести ті, для яких виконується умова

$$\frac{T_c - t_a}{T_{np}^*} \geq 1 , \quad (13)$$

де T_{np}^* - величина T_{np} при $\beta_p = 0,8$.

Для цих деталей необхідно вибрати технологічний процес, який забезпечує підвищення їх ресурсу.

Мета роботи

Метою роботи є дослідження проблеми вибору ефективної ремонтної технології зміцнення з використанням методики оцінювання довговічності лімітуючих деталей машини.

Викладення основного матеріалу

Під гарантованим забезпеченням надійності ремонтного агрегату будемо розуміти варіант, при якому ремонтне підприємство протягом заданого післяремонтного періоду (гарантійного терміну служби) при виникненні ресурсних відмов виконує повторне відновлення за свій рахунок.

Підвищення конкурентоспроможності ремонтного підприємства, потребує додаткових витрат на аварійне відновлення деталей, вузлів та агрегатів після непередбаченої раптової їх відмови протягом гарантійного терміну. Величина цих витрат залежить від розподілу післяремонтного ресурсу відновлених або заміненних деталей .

Післяремонтний ресурс залежить від способу відновлення деталей, вилучених (вibraкованих) при дефектації, і від кількості (частки) деталей, які визнані при дефектації придатними до подальшої експлуатації. При параметричних відмовах ця частка пов'язана з

величиною допустимого рівня для параметра стану. Рациональний вибір зазначених факторів дозволяє забезпечити мінімум сумарних витрат ремонтного підприємства при ремонті агрегатів і відновленні протягом гарантійного терміну, що дає можливість підприємству отримати найбільший прибуток. Важливим показником якості ремонту є величина середнього післяремонтного ресурсу. Тому, в якості комплексного критерію раціональності організації ремонту з гарантованим забезпеченням надійності доцільно використовувати величину питомих сумарних витрат при ремонті і гарантійному відновленні працездатності, які припадають на одиницю середнього післяремонтного ресурсу [12]. Величина такого показника можна визначити з виразу:

$$C_{yo} = \frac{C_o + C_e \cdot (1 - \gamma_o) + C_{e\bar{e}} \cdot (1 - \gamma_r)}{T_{np}}, \quad (14)$$

де C_o - витрати на дефектацію деталі; C_e - витрати на відновлення деталі при ремонті; $C_{e\bar{e}}$ - витрати на відновлення протягом гарантійного терміну; γ_o - ймовірність неперевищення параметром стану допустимого значення при ремонті; γ_r - ймовірність неперевищення параметром стану граничного значення протягом гарантійного терміну; T_{np} - середній післяремонтний ресурс деталі.

Визначення питомих сумарних витрат пов'язано з оцінкою параметрів, які входять в формулу (14), яка може бути проведена на підставі прогнозу процесів зміни параметрів стану у відновлених деталях або запасних частин і у деталей, які визнані при дефектації придатними. Ці процеси різні, а розподіл післяремонтного ресурсу деталей формується при спільному впливі кожного з них.

Розподіл післяремонтного ресурсу являє собою суміш розподілу ресурсу деталей, визнаних придатними при дефектації та ресурсу відновлених деталей. Таку суміш для спрощення розрахунків зручно замінити еквівалентним за середнім значенням експоненціальним розподілом зі зміщенням [8]. Тоді ймовірність неперевищення граничного значення протягом гарантійного терміну буде визначатися за формулою

$$\gamma_r = \exp \left[- \frac{t_r - t_o \cdot \left(\frac{\Delta_n}{D_o} - 1 \right)}{t_{np} - t_o \cdot \left(\frac{\Delta_n}{D_o} - 1 \right)} \right]; \quad \text{при } t_r \geq t_o \left(\frac{\Delta_n}{D_o} - 1 \right) \quad (15)$$

При $t_r < t_o \left(\frac{\Delta_n}{D_o} - 1 \right)$ слід приймати $\gamma_r = 1$.

Формули (12) і (15) дозволяють виконати розрахунок T_{np} і γ_r , необхідних для оцінки питомих сумарних витрат C_{yo} за формулою (14). Результати досліджень зміни собівартості ремонту при використанні різних методів зміцнюючої обробки поверхні деталі, показують, що залежність витрат на відновлення деталі від коефіцієнта підвищення середнього ресурсу наближено описується виразом

$$C_e = C_{eo} \cdot [1 + 0,25 \cdot (\beta_p - 1)^{2,2}], \quad (16)$$

де C_{eo} - витрати на відновлення базового варіанту (без зміцнення) [9].

Аналіз економічного ефекту, який проявляється в експлуатації за рахунок зменшення кількості пов'язаних з замінами розбирально-складальних операцій при підвищенні ресурсу деталей, свідчить про можливість збільшення ціни деталей з підвищеною довговічністю до рівня, який визначається залежністю

$$C_n = C_o \cdot (1,25 \cdot \beta_p - 0,25), \quad (17)$$

де C_o - ціна базового варіанту деталі (без збільшення ресурсу). Величина верхнього рівня додаткового прибутку, яку отримує ремонтне підприємство за рахунок підвищення ресурсу при ремонті, з урахуванням математичних виразів (14), (16) і (17) може бути визначена за формулою:

$$\Pi = C_n - C_o - C_e \cdot (1 - \gamma_o) - C_{ze} \cdot (1 - \gamma_r). \quad (18)$$

Верхній рівень рентабельності при цьому визначається з виразу

$$R = \frac{\Pi}{C_d + C_e \cdot (1 - \gamma_o) + C_{ze} \cdot (1 - \gamma_r)}, \quad (19)$$

Розглядаючи залежність (19) як функцію коефіцієнту підвищення ресурсу β_p , можна визначити таку його величину, яка забезпечує максимум рентабельності при ремонті [10].

Знайдений таким способом оптимальний коефіцієнт підвищення ресурсу слід використовувати при виборі технології відновлення деталі. Використовуючи таблиці 1 або 2, з урахуванням особливостей технології відновлення для даної деталі та технологічних можливостей конкретного ремонтного підприємства, можна підібрати вид зміцнюючої обробки, який забезпечує найбільш близьке до оптимального значення коефіцієнта підвищення ресурсу [11].

Практичне визначення оптимальної величини може бути зведено до знаходження максимуму функції

$$R(\beta_p) = \frac{\frac{C_o}{C_{eo}} \cdot (1,25 \cdot \beta_p - 0,25)}{\frac{C_o}{C_{eo}} + [1 + 0,25 \cdot (\beta_p - 1)^{2,2}] \cdot \left[(1 \cdot \gamma_o) + \frac{C_{ze}}{C_{eo}} \cdot (1 \cdot \gamma_r) \right]} - 1, \quad (20)$$

в якій величини співвідношень $\frac{C_o}{C_{eo}}$, $\frac{C_o}{C_{eo}}$ та $\frac{C_{ze}}{C_{eo}}$, повинні бути задані.

Якщо при оптимальній величині коефіцієнту підвищення ресурсу після ремонтний середній ресурс залишається менше величини $T_c - t_o$, то можна вибрати технологію відновлення, яка забезпечує збільшення β_p при деякому зниженні рентабельності [7].

Таблиця 1

Коефіцієнти підвищення ресурсу при зміцнюючій обробці поверхні деталей

Вид технології зміцнення поверхні при ремонті	Коефіцієнт підвищення ресурсу	
	по зносостійкості	по втомній міцності
1.Наплавлення стрижневими електродами Т-620 (в порівнянні зі сталлю Ст.6)	1,8	-
2.Наплавлення сплавом ВК6 (в порівнянні зі сталлю Ст. 6)	6,2	-
3.Чистове точіння і зміцнення поверхневим пластичним деформуванням (ППД) роликком після наплавлення під флюсом АН-348А дротом Нп-30 ХГСА	1,4	1,55
4.Зміцнення ЕМО, шліфування після наплавлення під флюсом АН-348А дротом Нп-30 ХГСА	2,34	1,85
5.Загартування ТВЧ, відпуск, шліфування після наплавлення під флюсом АН-348А дротом Нп-30 ХГСА	1,89	2,22
6. Зміцнення ВТМПО, шліфування після наплавлення під флюсом АН-348А дротом Нп-30 ХГСА	2,54	2,35
7. Чистове точіння, ППД, загартування ТВЧ, відпуск, шліфування після наплавлення під флюсом АН-348А дротом Нп-30 ХГСА	2,42	2,24
8.Загартування ТВЧ, хромування після наплавлення під флюсом АН-348А дротом Нп-30 ХГСА	3,15	-

Таблиця 2.

Загальні технологічні методи зміцнюючої обробки поверхні деталей машин і їх ефективність

Вид обробки	Рекомендовані матеріали	Пари тертя	Коефіцієнт підвищення ресурсу або твердості
Хіміко-термічна обробка			
Цементация	Вуглецеві і леговані сталі	Шестерні, зірочки, кулачки, черв'яки, поршневі кільця	>2
Азотування	Леговані сталі	Колінчасті вали, шатуни, плунжери, болти	>2

Вид обробки	Рекомендовані матеріали	Пари тертя	Коефіцієнт підвищення ресурсу або твердості
Нітроцементация і ціанування	Вуглецеві, поліпшені і леговані сталі	Різьбові з'єднання, втулки, шатуни	>2
Борирування	Середньовуглецеві і леговані сталі	Втулки, ланки ланцюгів	>2
Сульфоціанування	Вуглецеві, леговані і нержавіючі сталі	Поршнєві кільця, зубчасті і черв'ячні колеса, різьбові з'єднання	>2
Поверхнєве пластичне деформування (ППД)			
Обробка дробом	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 20-40%
Дробообразивна обробка	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 20-40 %
Відцентрова обробка	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 15-60 %
Накатка роликми, кульками, вібро-накатка, карбування	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 20-50 %
Зміцнення різанням	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 20-30 %
Вібродарна обробка	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 20-40 %
Ультразвукова зміцнююча обробка	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 50-90 %
Гідрополірування	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 20-30 %
Алмазне вигладжування	Чавун, сталь, сплави з кольорових металів	Пари тертя	збільшення твердості на 30-60 %

Розглянемо реалізацію викладеної методики на прикладі деталі, дані про знос якої наведені в другому стовпчику табл. 3. Допустиме значення зносу $D_0 = 2,40$ мм. Граничний знос $\Delta_r = 4,00$ мм. Показник ступеня залежності зносу від напрацювання $\alpha = 0,8$. Середній

доремонтного ресурсу $t_o = 3000$ год. У третьому стовпці табл. 3 наведені значення зносу $\Delta_i^{(0)}$ деталей, придатних для подальшого використання після дефектації, у яких $\Delta_i < D_0$. У четвертому і п'ятому стовпчиках наведені значення ресурсу, спрогнозовані за формулами (7, 8) для всіх вимірних деталей t_i і для деталей придатних для використання $t_i^{(0)}$.

Розраховані за формулами (9, 10) середні значення ресурсів становлять: для деталей, придатних до використання $\bar{t}_0 = 8956$ год, для всіх деталей $\bar{t} = 7513$ год. Частка придатних деталей після дефектації

$$\gamma_0 = \frac{13}{20} = 0,65.$$

За формулою (12) визначаємо середній післяремонтний ресурс, як функцію коефіцієнта:

$$T_{np}(\beta_p) = (1 - 0,65) \cdot 7513 \cdot \beta_p + (8956 - 3000) \cdot 0,65 = 2630 \cdot \beta_p + 3871.$$

За допомогою формул (14), (15) і (20), використовуючи заданий ряд значень коефіцієнту підвищення ресурсу $\beta_\delta \geq 1$, визначаємо відповідні значення функцій відносних питомих витрат та рентабельності. [2].

При цьому вважаємо $t_c / t_o = 1$; $C_\delta / C_{eo} = 0,05$; $C_{ze} / C_{eo} = 1,2$; $C_0 / C_{eo} = 1,2$.

Результати розрахунків зведені в табл. 4.

Виходячи з розрахунку функцій питомих витрат і рентабельності, можна зробити висновок, що найбільш раціональне значення коефіцієнта підвищення ресурсу β_δ знаходиться в інтервалі від 2 до 2,5. Це відповідає варіанту 7 (табл. 1) технології відновлення, який передбачає після наплавлення чистове точіння, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням з наступним загартуванням ТВЧ, відпуском і шліфуванням. Ця обробка забезпечує $\beta_p = 2,42$.

Середній післяремонтний ресурс деталі при цьому повинен дорівнювати

$$t_{np} = 2630 \cdot 2,42 + 3871 = 10236 \text{ год.},$$

що в 1,57 рази вище, ніж у деталей вихідної (непокращеної) якості.

Таблиця 3

Дані про знос і прогнозовані параметри

№п/п	Δ_i , мм	$\Delta_i^{(0)}$, мм	t_i , ч	$t_i^{(0)}$ ч
1	1,40	1,40	11144	11144
2	2,10	2,10	6713	6713
3	1,35	1,35	11662	11662
4	1,95	1,95	7365	7365

Продовження табл. 3

№п/п	Δ_i , мм	$\Delta_i^{(0)}$, мм	t_i , ч	$t_i^{(0)}$ ч
5	2,55	-	5266	-
6	2,65	-	5019	-
7	1,65	1,65	9075	9075
8	1,20	1,20	13512	13512
9	1,45	1,45	10666	10666
10	3,00	-	4298	-
11	2,30	2,30	5992	5992
12	2,40	2,40	5681	5681
13	2,10	2,10	6713	6713
14	3,00	-	4298	-
15	2,70	-	4903	-
16	1,15	1,15	14250	14250
17	2,15	2,15	6519	6519
18	2,60	-	5140	-
19	2,00	2,00	7135	7135
20	2,70	2,70	4903	-

Таблиця 4

Результати розрахунків функцій питомих витрат і рентабельності

β	T_{np} , ч	$\gamma_{\bar{a}}$	$C_{y\bar{o}} / C_{\bar{o}o} \cdot 10^5$	$R(\beta_p)$
1	6501	0,8008	9,830	0,878
2	9131	0,8692	7,488	2,949
2,5	10446	0,8883	7,939	3,160
3	11761	0,9026	8,955	2,988
3,5	13076	0,9137	10,361	2,654

Висновки

1. Основними передумовами доцільності збільшення ресурсу деталей при ремонті є достатньо малий фактичний ресурс нових деталей або запасних частин порівняно з

нормативним для машини (агрегату), та порівняно значні витрати, пов'язані із заміною деталей, що відмовили, і матеріальні втрати, обумовлені простоями техніки в ремонті.

2. Оцінка показників довговічності деталей за даними ремонтного підприємства передбачає, що ресурс деталі або вузла визначається величиною такого основного контрольованого при дефектації структурного параметру як розмір в сполученні, зазор і т. п., процес зміни якого є монотонним і відноситься до деградаційних процесів типу зношування.

3. Вихідними статистичними даними для експрес-оцінки довговічності деталей при ремонті можуть служити результати вибірових вимірювань структурного параметру, які проводяться при дефектації.

4. В якості комплексного критерію раціональності організації ремонту з гарантованим забезпеченням надійності доцільно використовувати величину питомих сумарних витрат при ремонті і гарантійному відновленні працездатності, які припадають на одиницю середнього післяремонтного ресурсу.

5. Розподіл післяремонтного ресурсу, як суміш розподілу ресурсу деталей, визнаних придатними при дефектації та ресурсу відновлених деталей для спрощення розрахунків зручно замінити еквівалентним за середнім значенням експоненціальним розподілом зі зміщенням.

6. Розглядаючи верхній рівень рентабельності, як функцію коефіцієнта підвищення ресурсу, можна визначити таку його величину, яка забезпечує максимум рентабельності при ремонті. Знайдений таким способом оптимальний коефіцієнт підвищення ресурсу слід використовувати при виборі технології відновлення деталі.

Список використаних джерел

1. Теоретические основы технологии ремонта машин: Учебник в 3-х т. / Сидашенко А.И., Науменко А.А., Скобло Т.С., Войтов В.А., Тихонов А.В., Аветисян В.К., Автухов А.К., Бантковский В.А., Иванов В.И., Лебедь П.К., Мартыненко А.Д., Сыромятников П.С., Шержуков И.Г., Пилипенко Н.С., Луценко А.П., Полетов В.А. / Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Том 1 (Теория и технология производственных процессов ремонта машин) – Харьков : ХНТУСГ, 2005. – 590с.
2. Анилович В.Я., Гринченко О.С., Литвиненко В.Л. Надійність машин в завданнях та прикладах. / За редакцією В.Я. Аниловича,-Харків: Око, 2001.-320с.-Рос.
3. Сухарев Э.А. Общая теория капитального ремонта машин: Ровно, РГТУ. – 2001. – 202с.
4. Ремонт сільськогосподарської техніки. Довід. / В.К.Аветисян, В.А.Бантковський, В.О.Деев та ін.; За ред. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. – К.:Урожай, 1992. – 304с.
5. Прогнозирование надежности тракторов / В.Я.Анилович, А.С.Гринченко, В.Л.Литвиненко, И.Ш.Чернявский: Под общ. Ред. В.Я.Анилович, - М.: Машиностроение, 1986. – 224с.,ил.
6. Р.ШГорм. Теория вероятностей. Математическая статистика, Статистический контроль качества, М., «Мир», 1970.
7. А.М.Длин. Математическая статистика в технике. Изд. 3 – е, М., «Советская наука, 1958.
8. Е.С. Вентцель. Теория вероятностей Изд.3 – е, М., «Наука», 1965.
9. С.Я.Айвозян. Статистическое исследование зависимостей. М.,«Металлургия»,1968.
10. Методика статистической обработки эмпирических данных. РТМ-44-62. М., Государственное издательство стандартов,, 1963.

11. Я.Б.Шор, Ф.Н.Кузьмин, Таблицы для анализа и контроля надежности. М., «Советское радио», 1968.
- 12.Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники, - К.: Вища школа. 1988.-247с.
13. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки, Терміни та визначення. - К.: ДП «УКРНДНЦ», 1994.
14. Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань і (або) експлуатації в умовах малої статистики відмов. ДСТУ. - К.: ДП «УКРНДНЦ», 2015. – 54с.
15. Надійність машин. / В.Е.Канарчук та ін. Київ: Либідь, 2003. – 265с.

Аннотация

ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЛИМИТИРУЮЩИХ ДЕТАЛЕЙ И ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ РЕМОНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Бантковский В.А., Рибалко И.Н., Иванов В.И., Гожа Д.М.

В статье изложена методика оценки долговечности лимитирующих деталей и выбора эффективной ремонтной технологии упрочнения. Методика иллюстрируется практическими рекомендациями и примером.

Ключевые слова: *наджность отремонтированной техники, лимитирующие детали, фактический ресурс, послеремонтный ресурс, параметры состояния детали, методы упрочняющей обработки, послеремонтный период, послеремонтный ресурс, ресурсные отказы, параметрические отказы, гарантийный срок службы, затраты на восстановление, себестоимость ремонта.*

Abstract

THE PROBLEM OF EVALUATING THE DURABILITY OF LIMITING DETAILS AND THE CHOICE OF AN EFFECTIVE STRENGTHENING STRENGTHENING REPAIR TECHNOLOGY

V. Bantkovsky, I. Ribalko , V. Ivanov , D. Gocha

The article describes the methodology for assessing the durability of limiting parts and choosing an effective repair hardening technology. The methodology is illustrated by practical recommendations and an example.

Keywords: *reliability of repaired equipment, limiting parts, actual resource, after-repair resource, part condition parameters, hardening processing methods, after-repair period, after-repair service life, resource failures, parametric failures, warranty service life, restoration costs, repair costs.*