

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

**МАТЕРІАЛИ**  
круглого столу (вебінару)

**«ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ НАДЗВИЧАЙНИХ  
СИТУАЦІЙ, РЕАГУВАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ  
НАСЛІДКІВ»**



23 лютого 2023 року  
Харків

## ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ШИНИ ЗА КРИТЕРІЄМ РОЗВИТКУ ДЕФЕКТУ

*Коханенко В.Б., к.т.н., доц., НУЦЗ України*

Вважаємо, що циклічній зміні поля напруги відповідає зміна коефіцієнта інтенсивності  $\Delta K$  в межах від  $K_{\max}$  до  $K_{\min}$ . Геометрія дефекту, а саме тріщини визначається лише її довжиною  $l$ , отже поточна інтенсивність зростання тріщини визначається збільшенням довжини за оборот колеса швидкістю зростання  $dl/dN$ . При висловлених припущеннях введемо функціональну залежність [1]:

$$\frac{dl}{dN} = f(\Delta K, K_{\max}, K_c, \Delta K_{th}, E, \nu, \sigma_T, \sigma_B, \sigma_d, m), \quad (1)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт Пуассона;  $\sigma_T$  – межа плинності матеріалу;  $\sigma_B$  – межа витривалості матеріалу;  $\sigma_d$  – пластичність матеріалу;  $K_c$  – в'язкість руйнування;  $m$  – показник зміцнення;  $\Delta K_{th}$  – граничне значення коефіцієнта інтенсивності напруг для підростання тріщини. Розкриття тріщини, при її навантаженні, визначається виразом [2]:

$$\delta = K_1^2 / (E \sigma_T), \quad (2)$$

а її зростання лінійно залежить від її розкриття.

Якщо  $\delta$  в процесі навантаження шини перевищує деяке граничне значення  $\delta_t$ , то постійне збільшення  $\Delta l$  довжини тріщини при розвантаженні не змінюється [2]:

$$\Delta l \approx \delta_{\max} - \delta_t. \quad (3)$$

З урахуванням 5.2 та 5.3 стане:

$$\frac{dl}{dN} = \frac{A}{E \sigma_T} \left[ (\Delta K)^2 - (\Delta K_{th})^2 \right] \quad (4)$$

де  $A$  – Константа матеріалу [2].

Замінивши в останньому отриманому вираженні константу матеріалу на коефіцієнт  $C_1$ , що залежить від числового параметра  $n$  [ 1 ], отримаємо так званий закон Періса:

$$\frac{dl}{dN} = C_1 \left[ (\Delta K)^n - (\Delta K_{th})^n \right] \quad (5)$$

Визначимо співвідношення, що зв'яже довжину тріщини  $l$  та число циклів  $N$  навантаження шини при заданому розмаху циклу деформацій  $\epsilon$ . Вважаємо, що вплив порогового значення коефіцієнта інтенсивності напруги  $\Delta K_{th}$  для підростання тріщини мало, тоді інтегрування формули (5) дозволяє визначити:

$$N - N_0 = \int_{l_0}^l \frac{dl}{C_1 (\Delta K)^n}, \quad (6)$$

де  $N_0$  – число циклів, які можна реалізувати до створення тріщини довжиною  $l_0$ .

Якщо вважати, що розмах коефіцієнта інтенсивності напруги для внутрішньої тріщини еліптичної форми визначається за залежністю [2]:

$$\Delta K = 1,12 \epsilon \sqrt{\pi l} / E_2, \quad (7)$$

де  $E_2$  – повний еліптичний інтеграл другого роду від аргументу  $\sqrt{1-(\delta/2)^2/(l/2)^2}$ , то після підстановки (7) до (6) та інтегрування отримаємо:

$$N = \begin{cases} \frac{l_0}{C_1(1,12\varepsilon\sqrt{\pi l_0}/E_2)^n(n-2)} \left[ 1 - \left(\frac{l_0}{l}\right)^{n/2-1} \right] & , n > 2; \\ \frac{l_0}{C_1(1,12\varepsilon\sqrt{\pi l_0}/E_2)^n} \ln \frac{l}{l_0} & , n = 2 \end{cases} \quad (8)$$

У разі, якщо критична довжина тріщини значно більша за початкову ( $l_c \gg l_0$ ), число циклів до руйнування визначиться залежністю:

$$N_c = \frac{l_0}{\varepsilon^n} \left\{ C_1 \left[ \sqrt{\pi l_0} \frac{1,12}{E_2} \right]^n \left( \frac{n}{2} - 1 \right) \right\}. \quad (9)$$

Пробіг шини до повного руйнування внаслідок розвитку дефекту до критичного значення дорівнює:

$$L = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \pi R_k \cdot N_c \cdot 0, \text{ тис. км} \quad (10)$$

З огляду на те, що деформації можна визначити через температуру [3]:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{2CC_{\Delta} t}{0,15E_{\infty} v_{\Delta} \tau}}, \quad (11)$$

і підставивши вираз 11 в 10, отримаємо остаточну формулу для визначення пробігу шини до повного руйнування через температуру:

$$L = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \pi R_k \cdot \frac{l_0}{\left( \sqrt{\frac{2CC_{\Delta} t}{0,15E_{\infty} v_{\Delta} \tau}} \right)^n} \left\{ C_1 \left[ \sqrt{\pi l_0} \frac{1,12}{E_2} \right]^n \left( \frac{n}{2} - 1 \right) \right\}, \quad (12)$$

Достовірне значення пробігу шини, що залишився залежить від вибору критичного розміру дефекту, який може бути визначений з досвіду експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Larin O. Probabilisti coffatigue damage accumulation in rubber like materials. Strength of Materials. 2015. 47, 849–858. doi:10.1007/s11223-015-9722-3.
2. Stochastic Optimization Algorithms for Data Processing in Experimental Self-heating Process Viazovychenko Y., Larin, O. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021, 188, pp. 644–653.
3. Коханенко В. Б., Рагімов С. Ю. Вплив дефектів в шині на безпеку руху аварійно-рятувального автомобіля. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. Вип. 35. С. 186–197.

<b>Єлетенко Д.С., Цимбал Б.М.</b> Аналіз стану безпеки та гігієни праці в цеху виробництво твердих форм фармацевтичної фірми «Дарниця»	208
<b>Львівський О.В., Рибалова О.В., Чорнс К.Є.</b> Утилізація харчових відходів шляхом компостування	210
<b>Ісаєва О. В., Євтушок В. А.</b> Екологічна безпека та охорона праці	212
<b>Карашук В.В.</b> Новітні виклики у забезпеченні екологічної безпеки крізь призму сучасних подій в Україні	214
<b>Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Дармофал Е.А.</b> Взаємозв'язок площі посіву сільськогосподарських угідь та вмісту амонію у поверхневих водних об'єктах України і можливі наслідки забруднення	216
<b>Коханенко В.Б.</b> Визначення ресурсу шини за критерієм розвитку дефекту	218
<b>Мінська Н.В., Трефілова Л.М.</b> Охорона праці під час воєнного стану	220
<b>Малько О.Д.</b> Про деякі техногенно-екологічні наслідки російського вторгнення в Україну	222
<b>Медведєв А.С., Цимбал Б.М.</b> Аналіз професійних небезпек цеху з виробництва твердих форм фармацевтичної фірми «Дарниця»	224
<b>Мітюк Л.Ю., Головка Д.С.</b> Планування профілактичних заходів з охорони праці	226
<b>Рубан А.А., Бурменко О.А.</b> Загальні вимоги охорони праці з індивідуальними страхувальними системами	228
<b>Руденко А.О., Цимбал Б.М.</b> Моніторинг стану охорони праці в цеху виробництво твердих форм фармацевтичної фірми «Дарниця»	230
<b>Світлична Н.О., Найпак К.І.</b> Психологічні особливості аутодеструктивної поведінки працівників дснс України з симптомами ПТСР	232
<b>Скляр А.В.</b> Алгоритм прийняття рішень щодо управління ризиком травматизму на підприємствах	234
<b>Скородумова О.Б., Шаршанов А.Я., Чеботарьова О.М.</b> Дослідження оптимального складу вогнезахисної композиції кремнеземистих покриттів по текстильних матеріалах	236
<b>Сокотов Ю.В.</b> Управління охороною праці на підприємстві в особливий період	238
<b>Фесенко В.І., Ішук В.М.</b> Облік, аналіз умов праці аварійності та травматизму в підрозділах цивільного захисту	240
<b>Фроленкова П.М., Шевченко Т.В., Зуров Ф.Ф.</b> Аналіз гарнітурних аксесуарів до радіостанцій	242
<b>Христич О.В., Моїсеєнко К.В.</b> До питання отримання радіаційнозахисних бетонів	244
<b>Шерстюк М.К., Данілін О.М.</b> Небезпека об'єктів у галузі нафтогазовидобування	246