

УДК 539.4

ПРО СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Роман КВІТ

*Національний університет "Львівська політехніка",
вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013
e-mail: salo_t@mail.ru*

Записано вирази щільності розподілу ймовірностей руйнівного навантаження для елемента конструкції у вигляді пластини, армованої випадковими за величиною та розташуванням жорсткими стержневими включеннями, які не взаємодіють між собою, за різних умов навантаження. Отримано співвідношення для знаходження найімовірнішого та середнього значення руйнівного навантаження, дисперсії та коефіцієнта варіації міцності. Досліджено залежності зазначених статистичних характеристик міцності від виду прикладеного навантаження, кількості включень або розмірів пластини, структурної однорідності матеріалу та коефіцієнта Пуассона матриці.

Ключові слова: руйнівне навантаження, міцність, композитний матеріал, жорстке включення.

1. Вступ. Широке застосування у сучасній техніці високоміцних, зокрема композитних матеріалів, часто здатних до крихкого руйнування, зумовлює необхідність створення надійних методик прогнозування їхніх властивостей у процесі експлуатації. У моделюванні процесу крихкого руйнування важливим аспектом є врахування стохастичності структури зазначених матеріалів. Комплексне застосування відомих детерміністичних розв'язків задач механіки руйнування матеріалів і ймовірнісно-статистичних методів дає змогу побудувати точні моделі прогнозування міцності та надійності конструкційних матеріалів за різних умов напруженого стану. Таке комплексне застосування за останні роки отримало розвиток у працях [1-6].

Отже, мета нашого дослідження – отримати співвідношення для підрахунку статистичних характеристик міцності за різних умов навантаження крихких матеріалів, армованих випадковими жорсткими стержневими включеннями, які не взаємодіють між собою.

2. Формулювання задачі. У [6], на базі детерміністичного розв'язку [8, 9], отримано вирази функції розподілу руйнівного (граничного) навантаження для прямокутної пластини деякої площі та товщини, в якій рівномірно розподілені N жорстких лінійних (стержневих) включень, за умов всебічного розтягу-стиску у двох взаємоперпендикулярних напрямках однорідним навантаженням p та q ($q = \eta p$). У припущенні обмеження розміру включень ($0 \leq l \leq c$, c – скінченна структурна характеристика) та їхнього рівномірного розподілу за орієнтацією, отримано співвідношення для функції розподілу руйнівного навантаження елемента пластини з одним включенням зазначеного типу, які запишемо у такому вигляді:

1) для випадку $\frac{3-\varkappa}{1+\varkappa} \leq \eta \leq 1$ ($p > 0$)

$$F_1(p, \eta) = \begin{cases} \Psi_1\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\alpha_2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_1^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha, \\ \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) + \chi_2(\eta, \varkappa))}} \leq p \leq \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) - \chi_2(\eta, \varkappa))}} \quad (\eta \neq 1); \\ \Psi_2\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_1^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha, \\ \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) - \chi_2(\eta, \varkappa))}} \leq p < \infty \quad (\eta \neq 0); \end{cases} \quad (1)$$

2) для випадку $-1 \leq \eta \leq \frac{3-\varkappa}{1+\varkappa}$ ($p > 0$)

$$F_1(p, \eta) = \begin{cases} \Psi_1\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right), \quad \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) + \chi_2(\eta, \varkappa))}} \leq p \leq \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) + \chi_2(\eta, \varkappa)) \cos 2\alpha_1}}; \\ \Psi_3\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\alpha_2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_1^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha + \\ + \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_3}^{\pi/2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_2^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha, \quad \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) + \chi_2(\eta, \varkappa)) \cos 2\alpha_1}} \leq p < \infty; \end{cases} \quad (2)$$

3) для випадку $-\infty < \eta < -1$ ($p > 0$)

$$F_1(p, \eta) = \begin{cases} \Psi_3\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right), \quad \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_1(\eta, \varkappa) + \chi_2(\eta, \varkappa))}} \leq p \leq \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa)) \cos 2\alpha_1}}; \\ \Psi_4\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\alpha_1} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_1^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha + \\ + \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_1}^{\pi/2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_2^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha, \quad \frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa)) \cos 2\alpha_1}} \leq p < \infty; \end{cases} \quad (3)$$

4) для випадку $1 \leq \eta \leq \frac{1+\varkappa}{3-\varkappa}$ ($p < 0$)

$$F_1(-p, \eta) = \begin{cases} \Psi_5\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right) = \frac{2}{\pi} \int_{\alpha_3}^{\pi/2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_2^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha, \\ -\frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa))}} \leq -p \leq -\frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_3(\eta, \varkappa) - \chi_4(\eta, \varkappa))}} \quad (\eta \neq 1); \\ \Psi_6\left(\frac{K_0^2}{p^2 c}, \eta, \varkappa\right) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c} \varphi_2^2(\alpha, \eta, \varkappa)\right]^{r+1} d\alpha, \\ -\infty < -p \leq -\frac{K_0}{\sqrt{c(\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa))}}; \end{cases} \quad (4)$$

б) для випадку $\frac{1+\varkappa}{3-\varkappa} \leq \eta < \infty$ ($p < 0$)

$$F_1(-p, \eta) = \begin{cases} \Psi_5\left(\frac{K_0^2}{p^2c}, \eta, \varkappa\right), & \frac{K_0}{\sqrt{c}(\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa) \cos 2\alpha_1)} \leq -p \leq -\frac{K_0}{\sqrt{c}(\chi_3(\eta, \varkappa) - \chi_4(\eta, \varkappa))}; \\ \Psi_3\left(\frac{K_0^2}{p^2c}, \eta, \varkappa\right), & -\infty < -p \leq \frac{K_0}{\sqrt{c}(\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa) \cos 2\alpha_1)}. \end{cases} \quad (5)$$

Тут введено позначення:

$$\varphi_1(\alpha, \eta, \varkappa) = (\chi_1(\eta, \varkappa) + \chi_2(\eta, \varkappa) \cos 2\alpha)^{-1}, \quad \varphi_2(\alpha, \eta, \varkappa) = (\chi_3(\eta, \varkappa) + \chi_4(\eta, \varkappa) \cos 2\alpha)^{-1},$$

$$\chi_1(\eta, \varkappa) = \frac{(1+\eta)(\varkappa-1)(3+\varkappa)}{8\sqrt{2}\varkappa}, \quad \chi_2(\eta, \varkappa) = \frac{(1-\eta)(3+\varkappa)}{4\sqrt{2}\varkappa},$$

$$\chi_3(\eta, \varkappa) = \frac{(1+\eta)(\varkappa-1)}{12\varkappa} \sqrt{\frac{(3\varkappa-1)^3}{12(2\varkappa+1)}}, \quad \chi_4(\eta, \varkappa) = \frac{(1-\eta)}{6\varkappa} \sqrt{\frac{(3\varkappa-1)^3}{12(2\varkappa+1)}},$$

$\varkappa = \frac{3-\nu}{1+\nu}$, ν – коефіцієнт Пуассона матеріалу пластини, константа K_0 характеризує опір матеріалу до локального руйнування, r – параметр бета-розподілу, який застосовують для опису випадкового розміру включень [6]. Параметр r характеризує структуру матеріалу (у випадку збільшення r ймовірніші включення малого розміру).

Межі інтегрування $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ записуємо так:

$$\alpha_1 = 0,5 \arccos \frac{(1+\eta)(1-\varkappa)}{2(1-\eta)}, \quad \alpha_2 = 0,5 \arccos \frac{K_0 p^{-1} c^{-0,5} - \chi_1(\eta, \varkappa)}{\chi_2(\eta, \varkappa)},$$

$$\alpha_3 = 0,5 \arccos \frac{-K_0 p^{-1} c^{-0,5} - \chi_3(\eta, \varkappa)}{\chi_4(\eta, \varkappa)}.$$

3. Щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження. Для пластини зі стохастичним розподілом N включень щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження визначається так [7]:

$$f_N(p, \eta) = N[1 - F_1(p, \eta)]^{N-1} \frac{dF_1(p, \eta)}{dp}. \quad (6)$$

Підставивши у співвідношення (6) вирази функції розподілу (1) - (5), отримаємо формули, які визначають щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження для пластини з випадково розподіленими включеннями за різних співвідношень прикладеного навантаження.

Розглянемо часткові випадки: одновісного розтягу ($\eta = 0, p > 0, q = 0$), двовісного симетричного розтягу ($\eta = 1, p = q > 0$) та двовісного симетричного розтягу-стиску ($\eta = -1, p > 0, q = -p$).

За одновісного розтягу щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження записується так:

$$f_N(p, 0) = \frac{2}{\pi} N[1 - F_1(p, 0)]^{N-1} \left(2(r+1) \frac{K_0^2}{p^3c} \int_0^{\alpha_2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2c} \varphi_1^2(\alpha, 0, \varkappa) \right]^r \varphi_1^2(\alpha, 0, \varkappa) d\alpha + \right.$$

$$\left. + \frac{K_0}{2p^2\sqrt{c} \sqrt{\chi_2^2(0, \varkappa) - \left(\frac{K_0}{p\sqrt{c}} - \chi_1(0, \varkappa)\right)^2}} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2c} \varphi_1^2(\alpha_2, 0, \varkappa) \right]^{r+1} \right), \quad (7)$$

$$\frac{K_0}{\sqrt{c}(\chi_1(0, \varkappa) + \chi_2(0, \varkappa))} \leq p < \infty.$$

За двовісного симетричного розтягу одержимо

$$f_N(p, 1) = 2N(r+1)[1 - F_1(p, 1)]^{N-1} \frac{K_0^2}{p^3 c \chi_1^2(1, \varkappa)} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c \chi_1^2(1, \varkappa)} \right]^r, \quad (8)$$

$$\frac{K_0}{\sqrt{c} \chi_1(1, \varkappa)} \leq p < \infty.$$

За двовісного симетричного розтягу-стиску отримаємо

$$f_N(p, -1) = \frac{2}{\pi} N [1 - F_1(p, -1)]^{N-1} \left(2(r+1) \frac{K_0^2}{p^3 c} \int_0^{\alpha_2} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c \chi_2^2(-1, \varkappa) \cos^2 2\alpha} \right]^r \times \right. \\ \left. \times \frac{d\alpha}{\chi_2^2(-1, \varkappa) \cos^2 2\alpha} + \frac{K_0}{2p^2 \sqrt{c} \sqrt{\chi_2^2(-1, \varkappa) - \frac{K_0^2}{p^2 c}}} \left[1 - \frac{K_0^2}{p^2 c \chi_2^2(-1, \varkappa) \cos^2 2\alpha_2} \right]^{r+1} \right), \quad (9)$$

$$\frac{K_0}{\sqrt{c} \chi_2(-1, \varkappa)} \leq p < \infty.$$

4. Імовірнісні характеристики руйнівного навантаження. Розглянемо деякі ймовірнісні характеристики руйнівного навантаження. Його найімовірніше значення (моду) можна визначити з рівняння

$$d^2 F_N(p, \eta) / dp^2 = 0.$$

Це значення відповідає рівню навантаження, за якого щільність розподілу ймовірностей $f_N(p, \eta)$ досягає максимуму.

Середнє значення руйнівного навантаження знаходимо за формулою [7]

$$\langle p \rangle = p_{min}(\eta) + \int_{p_{min}(\eta)}^{p_{max}(\eta)} [1 - F_1(p, \eta)]^N dp. \quad (10)$$

Дисперсію руйнівного навантаження та коефіцієнт варіації міцності запишемо так:

$$D(p) = p_{min}^2(\eta) + 2 \int_{p_{min}(\eta)}^{p_{max}(\eta)} [1 - F_1(p, \eta)]^N p dp - \langle p \rangle^2, \quad (11)$$

$$W(p) = \sqrt{D(p)} / \langle p \rangle. \quad (12)$$

У формули (10) - (11) підставимо вирази для функції розподілу руйнівного навантаження $F_1(p, \eta)$ та проведемо заміну змінних $x = \frac{K_0^2}{p^2 c}$.

Отримаємо співвідношення для визначення середнього значення та дисперсії руйнівного навантаження за одновісного розтягу

$$\langle p \rangle \frac{\sqrt{c}}{K_0} = \frac{1}{\chi_1(0, \varkappa) + \chi_2(0, \varkappa)} + \frac{1}{2} \int_{(\chi_1(0, \varkappa) - \chi_2(0, \varkappa))^2}^{(\chi_1(0, \varkappa) + \chi_2(0, \varkappa))^2} \frac{[1 - \Psi_1(x, 0, \varkappa)]^N}{x^{3/2}} dx, \quad (13)$$

$$D(p) \frac{c}{K_0^2} = \frac{1}{(\chi_1(0, \varkappa) + \chi_2(0, \varkappa))^2} + \int_{(\chi_1(0, \varkappa) - \chi_2(0, \varkappa))^2}^{(\chi_1(0, \varkappa) + \chi_2(0, \varkappa))^2} \frac{[1 - \Psi_1(x, 0, \varkappa)]^N}{x^2} dx - \langle p \rangle^2 \frac{c}{K_0^2}. \quad (14)$$

За двовісного симетричного розтягу одержимо

$$\langle p \rangle \frac{\sqrt{c}}{K_0} = \frac{1}{\chi_1(1, \varkappa)} + \frac{1}{2} \int_0^{\chi_1^2(1, \varkappa)} \frac{[1 - \Psi_2(x, 1, \varkappa)]^N}{x^{3/2}} dx, \quad (15)$$

$$D(p) \frac{c}{K_0^2} = \frac{1}{\chi_1^2(1, \varkappa)} + \int_0^{\chi_1^2(1, \varkappa)} \frac{[1 - \Psi_2(x, 1, \varkappa)]^N}{x^2} dx - \langle p \rangle^2 \frac{c}{K_0^2}. \quad (16)$$

За двовісного симетричного розтягу-стиску отримаємо

$$\langle p \rangle \frac{\sqrt{c}}{K_0} = \frac{1}{\chi_2(-1, \varkappa)} + \frac{1}{2} \int_0^{\chi_2^2(-1, \varkappa)} \frac{[1 - \Psi_1(x, -1, \varkappa)]^N}{x^{3/2}} dx, \quad (17)$$

$$D(p) \frac{c}{K_0^2} = \frac{1}{\chi_2^2(-1, \varkappa)} + \int_0^{\chi_2^2(-1, \varkappa)} \frac{[1 - \Psi_1(x, -1, \varkappa)]^N}{x^2} dx - \langle p \rangle^2 \frac{c}{K_0^2}. \quad (18)$$

Відповідно до виразів (7) - (9) на рис. 1-3 побудовано графіки щільності розподілу ймовірностей руйнівного навантаження для пластини зі стохастично розподіленими жорсткими лінійними включеннями за різних видів напруженого стану. На рис. 1-2 суцільні лінії відповідають значенню коефіцієнта Пуассона $\nu = 0$, а штрихові – значенню $\nu = 0,3$. На рис. 3 суцільні лінії відповідають випадку одновісного розтягу, штрихові – двовісного симетричного розтягу, штрихпунктирні – двовісного симетричного розтягу-стиску (для $\nu = 0$). Розподіли випадкової величини руйнівного навантаження будуть унімодальними. Порогове значення міцності не дорівнює нулю і залежить від виду навантаження.

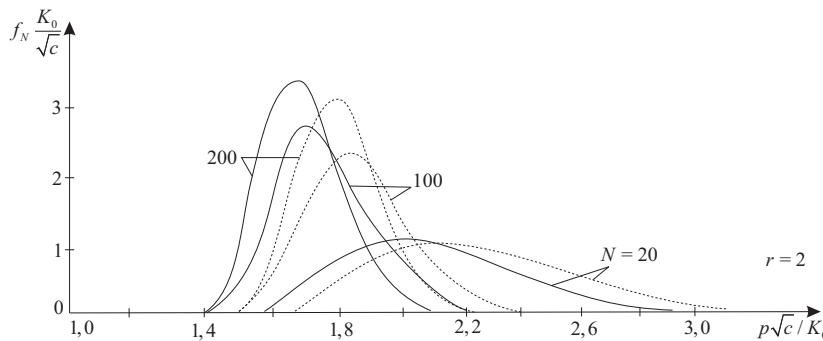


Рис. 1. Щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження за одновісного розтягу

Відповідно до виразів (12)-(18) на рис. 4-6 побудовано графіки ймовірнісних характеристик руйнівного навантаження за одновісного розтягу, двовісного симетричного розтягу і двовісного симетричного розтягу-стиску. На рис. 4-5 суцільні лінії відповідають значенню коефіцієнта Пуассона $\nu = 0$, а штрихові – $\nu = 0,3$.

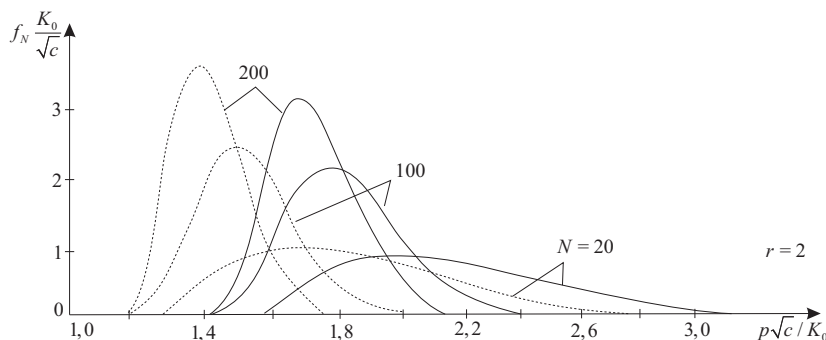


Рис. 2. Щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження за двовісного симетричного розтягу-стиску

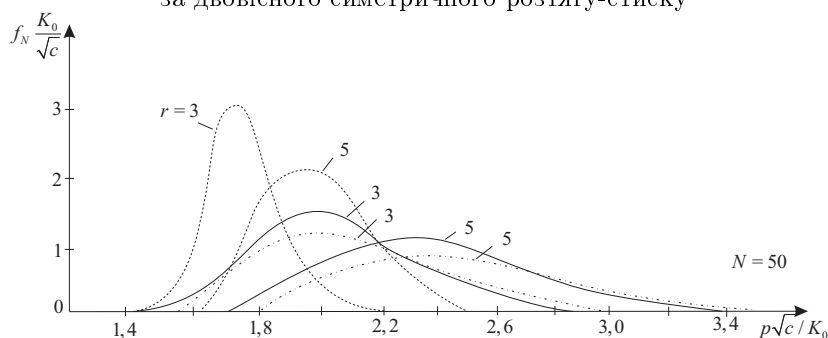


Рис. 3. Щільність розподілу ймовірностей руйнівного навантаження для матеріалів різної неоднорідності

5. Висновки. На рис. 1-3 розглянуто вплив співвідношення прикладеного навантаження (параметра η), коефіцієнта Пуассона ν матриці, кількості включень N у пластині (площі пластини за однакової щільності включень) та закону розподілу довжини включень (параметра r) на найімовірніше значення міцності (моду $Mo(p\sqrt{c}/K_0)$).

Як видно з рис. 1-2, зі збільшенням кількості включень у пластині, за одновісного розтягу і за двовісного симетричного розтягу-стиску, відбувається зменшення найімовірнішого значення міцності. Зі збільшенням коефіцієнта ν величина $Mo(p\sqrt{c}/K_0)$ збільшується у випадку одновісного розтягу і зменшується у випадку двовісного симетричного розтягу-стиску.

На рис. 3 бачимо, що збільшення величини r (підвищення однорідності матеріалу) веде до збільшення найімовірнішого значення міцності. Від зміни параметра r міняється форма кривої розподілу.

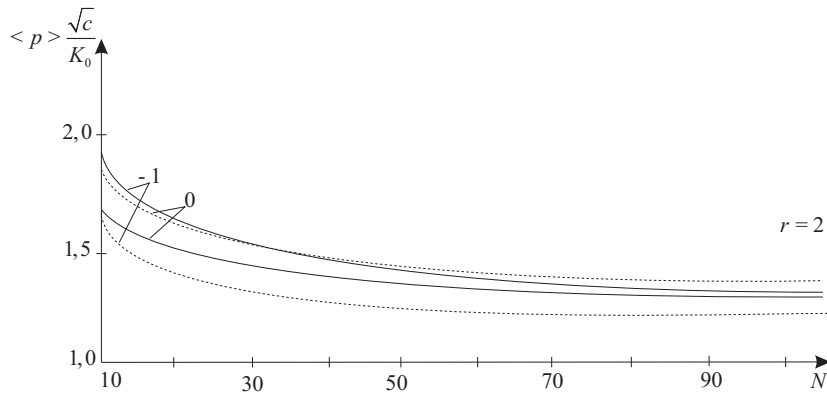


Рис. 4. Середнє значення руйнівного навантаження

Зауважимо, що максимальна ордината кривої розподілу прямо пропорційна N і обернено пропорційна r . Така особливість незалежна від виду прикладеного навантаження. Отже, у випадку збільшення N максимальне значення щільності розподілу теж збільшується і зменшується зі збільшенням r .

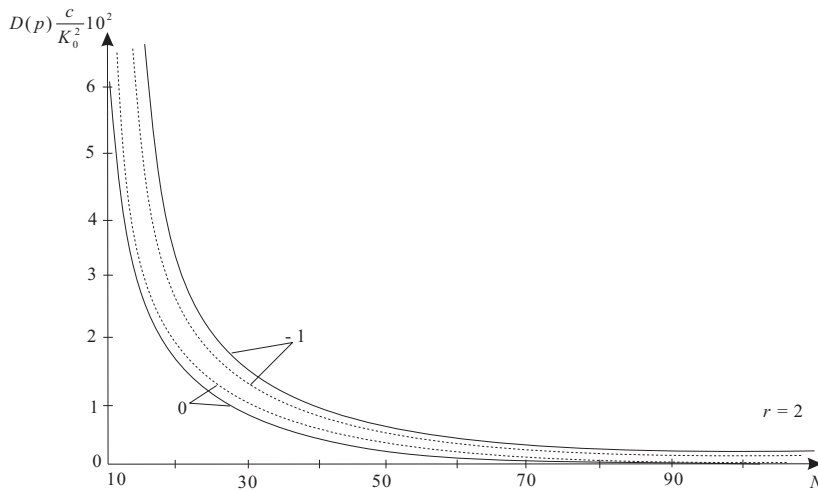


Рис. 5. Дисперсія руйнівного навантаження

На рис. 4 розглянуто вплив співвідношення навантаження, кількості включень та коефіцієнта Пуассона матриці на середнє значення руйнівного навантаження. Вплив коефіцієнта Пуассона більший за двовісного симетричного розтягу-стиску, ніж за одновісного розтягу. Зауважимо, що існує певний діапазон розмірів пластини, для якого у випадку нульового значення коефіцієнта Пуассона міцність з асимптотичним наближенням до свого порогового значення майже не залежить від співвідношення прикладеного навантаження. Для $\eta = 0$ збільшення величини ν веде до збільшення середнього значення руйнівного навантаження, а для $\eta = -1$ –

до зменшення. Такі закономірності простежено у [7] для пластини з випадковими включеннями довільної довжини.

На рис. 5 показано залежність дисперсії руйнівного навантаження від співвідношення навантаження, кількості включень і коефіцієнта Пуассона. Дисперсія міцності є спадною функцією від кількості включень у пластині. На певному інтервалі зміни N бачимо стрімке спадання величини $D(p)$. Характер цього спадання не залежить від виду навантаження та коефіцієнта Пуассона. Зі зміною ν дисперсія граничного навантаження змінюється на величину, яка майже не залежить від η . Існує певний діапазон розмірів пластини, для якого за одновісного розтягу нівелюється вплив коефіцієнта Пуассона. Як і у випадку середнього значення $\langle p \rangle$, збільшення величини ν веде до збільшення для $\eta = 0$ і до зменшення для $\eta = -1$ дисперсії $D(p)$.

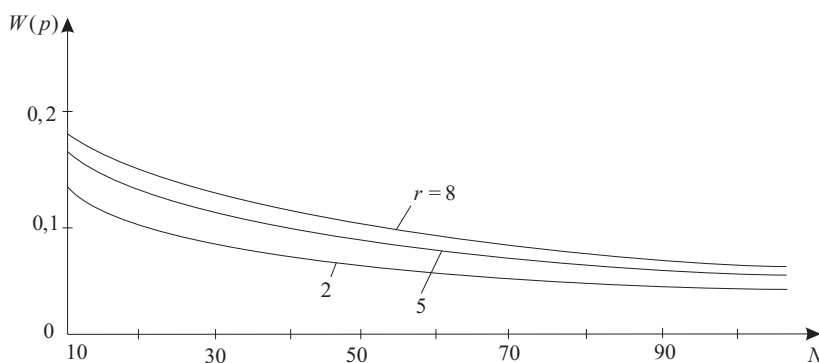


Рис. 6. Коефіцієнт варіації міцності

На рис. 6 досліджено вплив однорідності матеріалу та кількості включень на коефіцієнт варіації міцності за двовісного симетричного розтягу. З'ясовано, що у цьому випадку величина $W(p)$ є інваріантом стосовно зміни коефіцієнта Пуассона і залежить лише від однорідності матеріалу та розмірів пластини. У випадках одновісного розтягу та двовісного симетричного розтягу-стиску вплив коефіцієнта Пуассона на коефіцієнт варіації міцності незначний. Величина $W(p)$ збільшується зі збільшенням параметра r і зменшується зі збільшенням кількості включень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Dirickolu M.H.* Statistical analysis of fracture strength of composite materials using Weibull distribution / *Dirickolu M.H., Aktas A.* // *Turk. J. Eng. Env. Sci.* – 2010. – Vol. 26. – P. 45-48.
2. *Бардушкин В.В.* О вероятностно-статистическом подходе к определению локального напряженно-деформированного состояния однонаправленных композитов при разрушении / *Бардушкин В.В.* // *Матер., технол., инструм.* – 2006. – Т. 11, №3. – С. 9-12.
3. *Strnadel B.* Statistical scatter in the fracture toughness and charpy impact energy of pearlitic steel / *Strnadel B., Hausild P.* // *Mater. Sci. and Eng.: A.* – 2008. – Vol. 486, №1-2. – P. 208-214.
4. *Bazant Z.P.* Mechanics based statistical prediction of structure size and geometry effects on safety factors for composites and other quasibrittle materials / *Bazant Z.P.* // *Theor. Appl. Mech.* – 2008. – Vol. 35, №1-3. – P. 53-71.

5. *Bazant Z.P.* Statistical aspects of quasibrittle size effect and lifetime with consequences for safety and durability large structures / *Bazant Z.P., Le J.-L., Yu Q.* // Proc. of FraMCoS. – Vol. 7. – 2010. – P. 1-8.
6. *Квіт Р.І.* Дослідження міцності матеріалів зі стохастично розподіленими жорсткими включеннями / *Квіт Р.І.* // Праці 10-го Міжнарод. симпозіуму укр. інженерів-механіків. (Львів, травень 2011 р.) Львів: КІНПАТРІ ЛТД., 2011. – С. 100-102.
7. *Витвицкий П.М.* Прочность и критерии хрупкого разрушения стохастически дефектных тел / *Витвицкий П.М., Попина С.Ю.* – К.: Наук. думка., 1980.
8. *Бережницький Л.Т.* О локальном разрушении хрупкого тела с остроконечными жесткими включениями / *Бережницький Л.Т., Панасюк В.В., Труш И.И.* // Пробл. прочности. – 1973. – №10. – С. 8-11.
9. *Бережницький Л.Т.* О построении диаграмм локального разрушения для хрупких тел с остроконечными жесткими включениями / *Бережницький Л.Т., Громяк Р.С., Труш И.И.* // Физ.-хим. механика материалов. – 1975. – №5. – С. 40-47.

*Стаття: надійшла до редакції 05.07.2011
прийнята до друку 14.12.2011*

ABOUT STATISTICAL STRENGTH CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS

Roman KVIT

*National University "Lvivska Politechnika",
S. Bandera Str., 12, Lviv, 79013
e-mail: salo_t@mail.ru*

Probability density function of failure loading for plate construction member, reinforced with random by size and disposition not interact rigid bar inclusions, under different loading conditions are derived. The relations for finding of mode, failure load mean, variance and strength variation ratio are obtained. The relations of indicated statistical strength characteristics from applied loading type, number of inclusions or plate size, structure material homogeneity and matrix Poisson's ratio are investigated.

Key words: failure loading, strength, composite material, rigid inclusion.

О СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Роман КВІТ

*Национальный университет "Львовская политехника",
ул. С. Бандеры, 12, Львов, 79013
e-mail: salo_t@mail.ru*

Записано выражения плотности распределения вероятностей разрушающей нагрузки для элемента конструкции в виде пластины, армированной случайными по величине и размещению жесткими не взаимодействующими между собой стержневыми включениями, при разных условиях нагрузки. Получены соотношения для нахождения наиболее вероятного и среднего значения разрушающей нагрузки, дисперсии и коэффициента вариации прочности. Исследованы зависимости указанных статистических характеристик прочности от вида приложенной нагрузки, количества включений или размеров пластины, структурной однородности материала и коэффициента Пуассона матрицы.

Ключевые слова: разрушающая нагрузка, прочность, композитный материал, жесткое включение.