

Завдяки простоті реалізації описаний спосіб є достатньо надійним і точним у практичному використанні. Проте, не завжди є умови для його застосування, що спричинює необхідність пошуку інших методів.

Висновки

1. На основі розгляду спеціалізованої літератури проаналізовано можливі варіанти використання інструментальних засобів контролю кінематичних характеристик техніко-тактичної майстерності спортсменів-двоеборців в пожежно-прикладному виді спорту.

2. Запропоновано нові спеціалізовані технічні засоби вимірювання часу долання паркану при виконанні змагальної вправи „Подолання 100-метрової смуги з перешкодами”.

3. Показано можливості використання вимірально-інструментальних методик для визначення миттєвої швидкості долання дистанції в пожежно-прикладному виді спорту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Величко В.М., Тимошенко С.И., Панков Ю.И. *Современный пожарно-прикладной спорт*. – М: Стройиздат, 1983. – 167с.
2. Годик М.А. *Педагогические основы нормирования и контроля соревновательных и тренировочных нагрузок: Дис. д-ра пед. наук*. – М., 1982. – 337 с.
3. Донской Д.Д., Зацюрский В.М. *Биомеханика: Уч-ник для ин-тов физ. культ.* – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.
4. Запорожанов В.А. *Контроль в спортивной тренировке*. – К.: Здоровье, 1988. – 144 с.

УДК 539.3

О.М. Римар, канд. техн. наук, доцент

ДОТИЧНІ НАПРУЖЕННЯ ДЛЯ ЛІНІЙНОГО КОНТАКТУ ЗАДАЧІ ГЕРЦА

©Римар О.М., 2002

Знайдено формули для визначення дотичних напружень у частковому випадку точного розв'язку задачі Герца для значення ексцентриситета еліпса площадки контакту $k=1$.

Напружений стан, зношування та довговічність деталей машин та споруд, які працюють в умовах контактного навантаження, в значній мірі визначаються дотичними напруженнями. В роботі [1] запропонований новий розв'язок просторової контактної задачі, який, на відміну від відомого, показує наявність в точках площадки контакту дотичних напружень τ_{xz} , τ_{yz} та може бути застосований для тіл з реальними розмірами. Наявність згаданих дотичних напружень суттєво впливає на надійність та довговічність пожежних насосів, підшипникових вузлів і інших важливих складових протипожежної техніки, а тому повинна враховуватися при їх конструюванні та оптимізації геометричних параметрів.

В роботах [2,3] нами одержано формули, що визначають дотичні напруження для довільної точки тіла в загальному випадку еліптичної площадки контакту задачі Герца:

$$\tau_{xy} = -\frac{3P}{2\pi} xy \left\{ (n_{\sigma 2}) \frac{z\sqrt{t}}{\sqrt{(a^2+t)^3(b^2+t)^3} \left[\frac{tx^2}{(a^2+t)^2} + \frac{ty^2}{(b^2+t)^2} + \frac{z^2}{t} \right]} + \frac{n_{\sigma 1}}{2} I_6 \right\}, \quad (1)$$

$$\tau_{yz} = -\frac{3P}{2\pi} y \left\{ (n_{\sigma 2}) \frac{z^2}{\sqrt{(a^2+t)(b^2+t)^3} t \left[\frac{tx^2}{(a^2+t)^2} + \frac{ty^2}{(b^2+t)^2} + \frac{z^2}{t} \right]} + \frac{n_{\tau}}{4} I_7 \right\}, \quad (2)$$

$$\tau_{zx} = -\frac{3P}{2\pi} x \left\{ (n_{\sigma 2}) \frac{z^2}{\sqrt{(a^2+t)^3(b^2+t)} \cdot t \left[\frac{tx^2}{(a^2+t)^2} + \frac{ty^2}{(b^2+t)^2} + \frac{z^2}{t} \right]} + \frac{n_{\tau}}{4} I_8 \right\}, \quad (3)$$

де P – зусилля стискування; ν – коефіцієнт Пуассона; a, b – півосі еліпса площадки контакту, t – найбільший корінь [4] рівняння

$$\frac{x^2}{a^2+t} + \frac{y^2}{b^2+t} + \frac{z^2}{t} - 1 = 0,$$

$$n_{\sigma 1} = \frac{4\nu - 1}{1 + 2\nu}, \quad n_{\sigma 2} = \frac{1}{1 + 2\nu}, \quad n_{\tau} = n_{\sigma 1} + n_{\sigma 2},$$

$$I_6 = \frac{1}{a^2 k^2} (I_{23} - I_{21}), \quad (4)$$

$$I_{21} = \frac{2k'}{ab} \cdot \frac{1 - \sqrt{(1 - k'^2 \gamma^2) V + k'^2 \gamma^2}}{(1 - k'^2 \gamma^2)} \quad \text{для} \quad \frac{k^2 x^2}{a^2} = 0, \quad (5)$$

$$I_{23} = \frac{1}{aky} \left\{ \arcsin \frac{k'^2 - \gamma^2 + \frac{k^2 y^2}{b^2} (1 - 2V_1)}{\sqrt{-\Delta_1}} - \arcsin \frac{k'^2 - \gamma^2 - \frac{k^2 y^2}{b^2}}{\sqrt{-\Delta_1}} \right\}, \quad (6)$$

$$\Delta_1 = 4A_1C_1 - B_1^2 = -\left(\frac{4\gamma^2 k^2 y^2}{b^2} + \left(k'^2 - \gamma^2 + \frac{k^2 y^2}{b^2}\right)^2\right), \quad (7)$$

$$k' = b/a, k^2 = 1 - k'^2, \gamma^2 = 1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2},$$

$$\left. \begin{aligned} V &= \sin^2 \left(\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{t}}{a} \right), \\ V_1 &= \sin^2 \left(\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{t}}{b} \right), \end{aligned} \right\}$$

$$I_7 = \frac{2}{ab^2} \int_{\varphi}^{\pi/2} \frac{\cos^2 \psi \cdot d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}}, \quad (8)$$

$$I_8 = \frac{2}{a^3} \int_{\varphi}^{\pi/2} \frac{\cos^2 \psi \cdot d\psi}{\sqrt{(1 - k^2 \sin^2 \psi)^3}} = \frac{2k'}{a^2 b} D(k) - \frac{2k'}{a^2 b} \left(D(\varphi, k) + \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} \right), \quad (9)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{t}}{b},$$

де $D(k)$, $D(\varphi, k)$ – повний і неповний еліптичні інтеграли [5], k' – коефіцієнт деформації еліпса площадки контакту, k – ексцентриситет еліпса.

Наведені вище формули громіздкі та складні для використання. Знайдемо формули для визначення дотичних напружень у частковому випадку $k=1$, тобто для початкового контакту двох тіл по лінії.

Для цього контакту параметри $a \rightarrow \infty$, $k'=0$, $k=1$. Звідси, за формулами (4),(5),(6),(7),(8):

$$\gamma^2 = 1 - \frac{y^2}{b^2}, \Delta_1 = -\left(\frac{y^2}{b^2} + \gamma^2\right)^2 = -1,$$

$$I_{21}=0, \quad I_{23}=0, \quad I_6=0, \quad (10)$$

$$I_7 = \frac{2}{ab^2} \int_{\varphi}^{\pi/2} \cos \psi d\psi = \frac{2}{ab^2} (1 - \sin \varphi). \quad (11)$$

Інтеграл (9) для лінійного контакту ($D(k)=\infty$) має невизначеність

$$I_8 = \frac{2}{ab} \frac{k'}{a} D(k) = \frac{2}{ab} \frac{0}{\infty} \cdot \infty,$$

яка розкрита нами в роботі [2]

$$\lim_{k' \rightarrow 0} I_8 = 0. \quad (12)$$

Підставляючи значення інтегралів (10), (11), (12) в формули (1), (2), (3), після перетворень одержимо для $z>0$:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy} &= 0, \\ \tau_{yz} &= -p_0 y \left\{ n_{\sigma 2} \frac{bz^2}{\sqrt{(b^2+t)^3} t \left[\frac{ty^2}{(b^2+t)^2} + \frac{z^2}{t} \right]} + n_{\tau} \frac{1-\sin\varphi}{2b} \right\}, \\ \tau_{zx} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Для точок площадки контакту $z=0$, $\varphi=0$ із формул (13):

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy} &= 0, \tau_{zx} = 0, \\ \tau_{yz} &= -p_0 n_{\tau} \frac{y}{2b}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Зауважимо, що для лінійного контакту дійсні закономірності щодо дотичних напружень в загальному випадку еліптичної площадки контакту [3].

Висновки

1. Формули (13), (14) дозволяють обчислити дотичні напруження у частковому випадку задачі для значення ексцентриситета еліпса площадки контакту $k=1$.

2. Для точок площини xoz і лінії початкового контакту всі дотичні напруження відсутні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О.М. Система переміщень точного розв'язку просторової контактної задачі // Зб. наук. пр. – Львів: Асоціація “Автобус”, 2000. – Вип. 4. – С. 96-100.
2. Римар О.М., Римар М.О. Загальний вигляд формул для дотичних напружень задачі Герца // Римар Зб. наук. пр. – Львів, Асоціація “Автобус”, 2001. – Вип. 5. – С. 130-133.
3. Римар О.М., Штангрет Б.С. Дотичні напруження для еліптичного контакту просторової задачі // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – Львів, 2002. – №442. – С. 112-117.
4. Римар О.М. Визначення межі інтеграла ньютонівського потенціала простого шару // Зб. наук. пр. – Львів: Асоціація “Автобус”, 2000. – Вип. 3. – С. 103-105.
5. Г.Бейтмен, А.Эрдейи. Высшие трансцендентные функции. – М.: Наука, 1967. – 300с.