

І. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛОБРОБКА

УДК 621.01

Огородніков В. А.

Перлов В. Є.

(Вінницький національний технічний університет)

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ПАРАМЕТРІВ ВІДКРИТТЯ ПОДУШОК БЕЗПЕКИ ПРИ ДТП.

Статья посвящена методике определения энергии пластической деформации элементов конструкции транспортных средств и параметров срабатывания подушек безопасности этих транспортных средств при дорожно-транспортных происшествиях.

The article is devoted to the method of determination flowage energy of constructions elements of transports vehicles and wearing-out parameters of safety pillows of these transports vehicles at the road traffic accidents.

Вступ

В зв'язку зі стрімким зростанням кількості транспортних засобів на дорогах, задовільна пропускна здатність автомобілепотоків забезпечується підвищенням швидкісних режимів руху транспортних засобів. Це, в свою чергу, призводить до підвищення аварійності на автошляхах.

Постановка завдання

Для визначення причин дорожньо-транспортної пригоди, а також ступеня вини її учасників, необхідно знати швидкісні режими руху кожного з них.

Основна частина

Ще десятиліття тому, існувало доволі багато методик, які дозволяли визначити швидкості руху транспортних засобів за слідовою інформацією (по слідах гальмування, заносу і т.д.). Але з часом, в автомобілебудуванні широкого застосування отримала антиблокувальна система гальм АБС. Принцип роботи системи АБС полягає в тому, що вона не допускає проковзування між шинами автомобіля, обладнаних нею, і дорожнім покриттям, а відповідно усуває будь-яку можливість визначити швидкість за слідовою інформацією. А відповідно до цього, єдиним параметром, який дає уявлення про швидкість руху транспортних засобів, є енергія деформації їх елементів, zdeформованих внаслідок дорожньо-транспортної пригоди.

Згідно даних статистики, останнім часом почастишали випадки, коли при ДТП, в автомобілях, обладнаних подушками безпеки, ці подушки не відкриваються, або ж відкриваються при наїзді на незначні нерівності в дорожньому покритті. А тому, для визначення причин таких неадекватних спрацювань подушок безпеки, необхідно визначити параметри, при яких вони мають відкриватися. Такими параметрами є втрата швидкості і сповільнення транспортного засобу, а також напрямок удару.

Оскільки питання про енергію пластичної деформації елементів транспортних засобів при ДТП, а також визначення параметрів відкриття подушок безпеки є надзвичайно актуальними, вони детально розглядаються в статті.

Визначення енергії пластичної деформації елементів конструкцій транспортних засобів при дорожньо-транспортних пригодах

Слідуючи методикам викладеним в [1-3] витрати на роботу пластичної деформації і руйнування елементів конструкції автомобіля визначали шляхом вимірювання твердості за допомогою переносного твердоміра "Темп-3" і розраховували по формулі

$$W_{y\partial} = W_0 \exp \frac{\ln k_H / D}{C}, \quad (1)$$

де $W_{y\partial}$ - питома потенційна енергія в Дж/см³, $W_0 = \frac{\sigma_{0,2}^2}{2E}$ - пружна питома потенційна енергія в Дж/см³, $\sigma_{0,2}$ - границя текучості матеріалу в МПа, E - модуль пружності 1 роду в МПа.

D і C у формулі (1) – коефіцієнти апроксимації кривої $k_{HT}=f(kW)$.

Величину $W_{y\partial}$ розраховували також за допомогою формули

$$W_{y\partial} = \int_0^e \sigma_u d\varepsilon_u, \quad (2)$$

де σ_u - інтенсивність напружень в МПа, ε_u - інтенсивність деформацій (безрозмірна величина).

Криву $\sigma_u = f(\varepsilon_u)$ в теорії пластичності називають єдиною кривою течії, яка не залежить від виду напруженого стану. Її апроксимували рівнянням

$$\sigma_u = A\varepsilon_u^n. \quad (3)$$

Тоді, підставивши (3) в (2), одержимо

$$W_{y\partial} = A \int_0^e \varepsilon_u^n d\varepsilon_u = A \frac{\varepsilon_u^{n+1}}{n+1}, \quad (4)$$

де A , n - коефіцієнти апроксимації кривої течії що мають фізичний зміст: A – напруга текучості (у МПа) при інтенсивності деформацій $\varepsilon_u=1$, n - ступінь деформації, що відповідає максимальному навантаженню на умовній діаграмі розтягу.

Величину ε_u у формулі (4) визначали у кожному конкретному випадку або по твердості (по кН), або по діаграмі пластичності або стійкості [2].

Дані про властивості матеріалів одержали шляхом ідентифікації властивостей матеріалу слідуючи роботі [2].

Згідно цій роботі початкова межа текучості $\sigma_{0,2}$ (МПа) ставиться у відповідність з початковою твердістю Ht_0 слідуючи рівнянню

$$\sigma_{0,2} = B + 0,33Ht_0, \quad (5)$$

де коефіцієнт B при вимірюванні твердості твердомером "Темп-3" рівний $B=176$. Початкова межа текучості $\sigma_{0,2}$ ставиться у відповідність з коефіцієнтом апроксимації кривої течії матеріалів слідуючи рівнянню

$$A = 1000 \exp(-0,0008 \sigma_{0,2}), \quad (6)$$

де A – коефіцієнт апроксимації рівняння (3).

Коефіцієнт n у формулі (3) для різних матеріалів, вживаних в автомобілебудуванні знаходиться в межах $0,35 \leq n \leq 0,1$ і може бути знайдений з рівняння

$$n = 0,35 \exp(-0,0008A). \quad (7)$$

Одержане по формулах (1) і (2) значення $W_{уд}$ множили на об'єм деформованого металу елемента конструкції, що дозволило розрахувати величину повної потенційної енергії деформації

$$W_{def} = \sum (W_{уд})_i \cdot V_i. \quad (8)$$

Вплив швидкісного ефекту на роботу пластичної деформації врахували слідуючи роботі [2].

У вказаній роботі показано, що швидкість деформації для елементів конструкції, виготовлених із сталей різних марок, змінює (підвищує) енергетичні витрати. У цих роботах розроблена модель матеріалу, чутлива до швидкісних ефектів. Так коефіцієнт апроксимації кривої течії A (див. формулу (3)) може змінюватися залежно від швидкості деформації слідуючи рівності

$$A_V = A \left[1,045 + \frac{\ln(0,0027 + \dot{\varepsilon}_u)}{135} \right]. \quad (9)$$

Коефіцієнт n у формулі (3) змінюється залежно від швидкості деформації слідуючи співвідношенню

$$n_V = n \exp[-0,1273 \ln(1 + \dot{\varepsilon}_u)]. \quad (10)$$

У формулах (9) і (10) A_V - коефіцієнт апроксимації кривої течії, що враховує вплив швидкості деформації; $\dot{\varepsilon}_u$ - швидкість інтенсивності деформацій; n_V - показник ступеня, що враховує вплив швидкості деформації; A і n - коефіцієнти апроксимації кривої течії, побудованої без урахування швидкості деформації (квазістатична деформація).

Визначення параметрів відкриття подушок безпеки у транспортних засобах при зіткненні з нерухомою перешкодою.

Ударний імпульс S рівний:

$$S = \int_{t_2}^{t_2+\tau} F(\tau) dt. \quad (11)$$

Прийнято процес удару розділяти на дві фази. Перша фаза – фаза стиснення, продовжується від моменту $t=t_z$ почала удару до моменту $t=t_u$; у цій фазі сила удару монотонно збільшується. Друга фаза – фаза відновлення (реституції) продовжується від моменту $t=t_u$ до моменту часу $t=t_z+\tau$; у цій фазі сила удару зменшується до нуля.

У разі удару автомобіля об нерухому перешкоду втрата швидкості розраховується за формулою

$$\Delta V = \frac{S}{m}, \quad (12)$$

або

$$\Delta V = \frac{F_{y0} \cdot \tau}{m} = \frac{W_{def} \cdot \tau}{a \cdot m}, \quad (13)$$

де $-F_{y0} = F_{инерц}$, a - зсув передньої частини автомобіля, W_{def} - енергетичні витрати подовжньо-направленого удару, τ - час ударного імпульсу, який змінюється в межах $0,07 \leq \tau \leq 0,14$.

Порогове значення втрати швидкості ΔV_{cp} , вище за яке повинні спрацьовувати подушки безпеки складає $\Delta V_{cp} \geq 5,6$ м/сек.

Деякі автомобільні фірми виробники приймають за параметр спрацьовування подушок безпеки сповільнення автомобіля (прискорення зворотного знаку).

Сповільнення j автомобіля визначається за залежністю:

$$j = \frac{\Delta V}{\tau}. \quad (14)$$

Порогове значення сповільнення автомобіля, при якому має розкриватися подушки безпеки складає $j = 3g = 29,5$ м/сек².

Визначення напрямку удару при дтп.

Для встановлення напрямку головної деформуючої сили оброблюються дані вимірювання твердості капота автомобіля рис. 1.

На рис. 2 показані ізолінії рівних твердостей, інтенсивності напруг і інтенсивності деформацій, знайдені нами по розподілу твердості [1]. Слідуючи изосклерам, розглянемо изосклеру, значення якої відповідає твердості $H_T=4200$ одиниць.

Згідно градувальному графіку, побудованому нами для сталей, вживаних в автомобілебудуванні (поправка по початковій твердості дозволяє здійснити прив'язку до матеріалу, з якого виготовлений капот автомобіля). Цьому числу твердості відповідає ступінь деформації $\varepsilon_u=0,16$.



Рис. 1. - Фото zdeформованого капоту автомобіля.

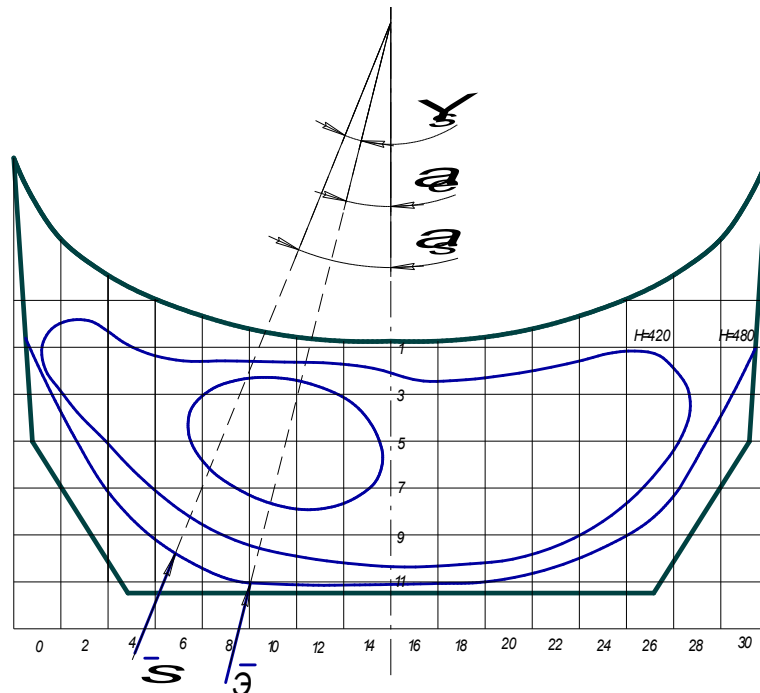


Рис. 2. - Ізолінії твердості на капоті автомобіля

Лінія перпендикулярна дотичній до изосклери $H_T=420$ одиниць визначає напрям головних переміщень метала капота.

Таким чином визначається напрям переміщень (нормаль до изосклери накопичених інтенсивностей деформацій) α_e .

Проте це не означає, що головна деформуюча сила діяла під вказаним кутом.

У зв'язку з тим, що матеріал капота набуває унаслідок пластичної деформації деформаційної анізотропії, необхідно врахувати її вплив на ступінь розузгодження вектора $\underline{\sigma}$ (вектор напружень, співпадаючий в нашому випадку з вектором головної деформуючої сили), з вектором деформацій $\underline{\epsilon}$ (вектор деформацій, в нашому випадку відповідний куту α_e). Для знаходження кута розузгодження ψ_σ між вказаними векторами звернемося до робіт [1, 4].

У роботі [4] розроблена методика розрахунку кута розузгодження векторів $\bar{\sigma}$ і, заснована на постулатах А. А. Ільюшина. Слідуючи цій роботі

$$\operatorname{tg} \psi_{\sigma} = \frac{\sqrt{3} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{4}{3} \operatorname{tg}^2 \varphi_{\sigma}} - 1 \right)}{1 + 3 \cdot \sqrt{1 + \frac{4}{3} \operatorname{tg}^2 \varphi_{\sigma}}}, \quad (15)$$

де φ_{σ} - кут між головною віссю і вектором $\bar{\sigma}$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\sigma} = \frac{\tau_u}{\sigma_u}, \quad (16)$$

де τ_u - інтенсивність дотичних напружень при ступені деформації $e_u = \text{const} = 0,16$ прийнятої нами як основної ізолинії накопичених деформацій матеріалу капота, σ_u - інтенсивність напружень (еквівалентне напруження для матеріалу з анізотропним зміцненням). У нашому випадку, крива течії ізотропного матеріалу описується рівнянням (3).

Для анізотропного матеріалу апроксимація кривій течії має вигляд [4]

$$\bar{\sigma}_u = \frac{(1 + \beta_m) + (1 - \beta_m) \exp(-100 \varepsilon_u)}{2} A \varepsilon_u^n, \quad (17)$$

де β_m - параметр Баушингера визначений експериментально в роботі [4] і для сталей типу 08кп, а також ряду інших матеріалів складає $\beta_m = 0,3$.

Таким чином, напрям деформуючої сили визначається кутом

$$\alpha_{\sigma} = \alpha_{\varepsilon} - \psi_{\sigma} \quad (18).$$

Висновки

1. Представлено методику визначення енергії пластичної деформації елементів конструкції транспортних засобів, zdeformovanih в результаті дорожньо-транспортної пригоди.

2. Розроблено методику визначення параметрів розкриття подушок безпеки транспортних засобів, а саме: втрату швидкості, сповільнення, а також напрямку удару. Наведено граничні значення вказаних параметрів, які мають забезпечувати відкриття подушок безпеки.

Література

1. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – Киев: Вища школа, 1983г. с.175.
2. Огородников В.А., Киселев В.Б., Сивак И.О. ЭНЕРГИЯ. ДЕФОРМАЦИЯ. РАЗРУШЕНИЕ. (задачи автотехнической экспертизы). Монография. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
3. Огородников В. А. Некоторые аспекты применения теории пластичности к задачам технологической механики и автотехнической экспертизы. // Застосування теорії пластичності в сучасних технологіях обробки тиском і автотехнічних експертизах: Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця, 2006 р. – С. 4-6.
4. Хван Д.В. Повышение эффективности в обработке металлов давлением.-Воронеж: из-во Воронежского университета, 1995.-224с.