

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ДТП.

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано способи визначення енергії пластичного деформування транспортних засобів при дослідженні різних типів ДТП.

Ключові слова: ДТП, енергія деформування.

Abstract

Different methods of determining the energy of plastic deformation of vehicles in the investigation of different types of road accidents are analyzed.

Keywords: Accidents, deformation energy.

Вступ

У зв'язку зі стрімким збільшенням кількості транспортних засобів в останні роки, на автодорогах України спостерігається суттєве збільшення кількості ДТП. За офіційними даними Патрульної поліції України лише в 2020 році на дорогах держави сталось 26140 ДТП з постраждалими та загиблими, у яких 3541 громадян отримали травми несумісні з життям.

При розслідуванні ДТП основним питанням, що визначає відповідність дій водіїв вимогам правил дорожнього руху, є визначення швидкості руху транспортних засобів на момент, що передував зіткненню. Тому напрямок визначення цієї швидкості з врахуванням механічних пошкоджень представляє значний науковий та практичний інтерес.

Результати дослідження

В експертній практиці найбільш широко розповсюджені методи визначення швидкості за довжиною гальмівного шляху [1]. Вони можуть бути використані у дослідженні аварій вітчизняних автомобілів без значних механічних пошкоджень. Однак, зазначені методи втратили свою актуальність з появою антиблокувальних систем ABS, що виключають можливість проковзування коліс автомобіля відносно дорожнього покриття, а отже появу слідів гальмування.

У результаті зіткнення автомобіля з перешкодою, кінетична енергія перетворюється на енергію пластичного деформування елементів його конструкції, на деформування і руйнування перешкоди, а також на відкидання транспортного засобу після зіткнення. У випадку зіткнення на швидкостях більше 50 км/год, визначальною є поглинута енергія пластичного деформування конструкції, тому питання її визначення є актуальним.

У роботі [2] пропонується визначати енергію деформування транспортного засобу шляхом моделювання удару методом скінченних елементів. Створення для вказаного методу 3D моделей транспортних засобів потребує значних людських та технічних ресурсів, а також проведення великої кількості механічних випробувань для визначення властивостей матеріалів усіх складових конструкції. Тому зазначений метод складно застосовувати в експертній практиці і він викликає лише науковий інтерес.

Для сучасних транспортних засобів, які пройшли сертифікаційні випробування - "краш-тести", енергія деформування може бути визначена в середовищі програмного комплексу PC-Crash [3]. Програма містить результати сертифікаційних випробувань і за відомими геометричними параметрами деформацій дає змогу визначати енергію пластичного деформування елементів конструкції, пошкоджених в результаті зіткнення (рис. 1).

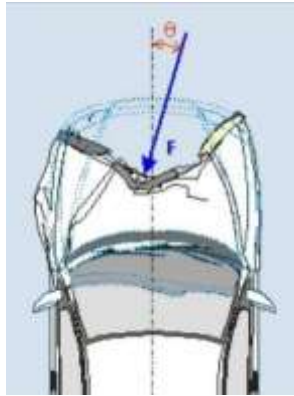


Рис. 1. Зображення деформацій автомобіля в середовищі PC-Crash.

У такому випадку, можливий також варіант визначення з використанням коефіцієнтів енергопоглинання конструкцій [6]. Для прикладу, у випадку пошкодження у вигляді прямокутника шириною δ_{ji} і глибиною λ_{ji} може бути використана залежність:

$$w_{defji} = \delta_{ji} \left[A_{ji} \lambda_{ji} + B_{ji} \frac{(\lambda_{ji} - \lambda_{0jiv})^{k_{jiv} + 1}}{k_{jiv} + 1} + C_{ji} \frac{(\lambda_{ji} - \lambda_{0jic})^{k_{jic} + 1}}{k_{jic} + 1} \right]. \quad (3)$$

де A_{ji}, B_{ji}, C_{ji} - константи енергопоглинання при деформуванні транспортного засобу в залежності від напрямку дії ударного імпульсу при зіткненні; $\lambda_{0jiv}, \lambda_{0jic}, k_{jiv}, k_{jic}$ - коефіцієнти апроксимації підінтегральної кривої функції; λ і $\delta(\delta_{ji}, \lambda_{ji}, \lambda)$ - поточні координати глибини і ширини пошкоджень.

Для прикладу, константи енергопоглинання і коефіцієнти апроксимації при деформації спереду при фронтальних ударах під кутом до повздовжньої осі автомобіля з виходом пошкоджень на одну бічну поверхню кузова мають такі значення: $A_{jiv} = (116..120)$ кДж/м², $B_{jiv} = -(7,0..13)$ кДж/м^(1,9...1,7), $C_{jiv} = 0$, $\lambda_{0jiv} = (0,3...0,5)$ м.

Коефіцієнти енергопоглинання визначаються для кожної нової моделі автомобілів шляхом проведення "краш-тестів" за визначених умов удару: швидкість, напрямок, жорсткість перешкоди, характер взаємодії з перешкодою тощо. Тому такий підхід з одного боку є дорогаватрісним і малоінформативним, а з іншого – суттєво знижує показники швидкості, оскільки не враховується швидкісний ефект [9].

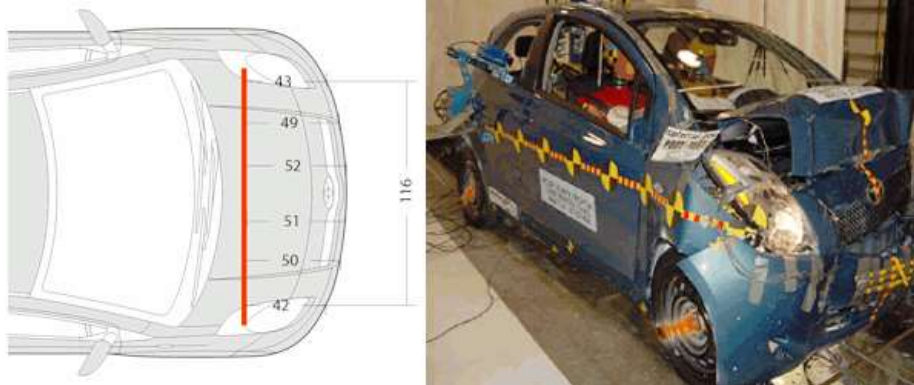


Рис. 2 – Результати краш-тесту автомобіля "Toyota Yaris"

Разом з тим, виникає ряд випадків, коли автомобіль занадто старий (або новий) і для нього відсутні узагальнені параметри енергопоглинання, або ж механізм деформування транспортних засобів суттєво відрізняється від стандартних випробувань. Крім того, константи енергопоглинання відсутні для вантажних автомобілів, мікроавтобусів та мотоциклів, оскільки для них не проводяться стандартні “краш-тести”, що накладає суттєві обмеження на використання методу.

У такому разі, енергія пластичного деформування елементів конструкції може бути визначена за [4-9]. У [4] проаналізовано основні підходи до визначення швидкості руху транспортних засобів з врахуванням їх пошкоджень при дорожньо-транспортних пригодах.

Енергія пластичного деформування елементів конструкцій може бути визначена з врахуванням зміни твердості металу [5-8]:

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

де W_{num} – питома потенційна енергія деформування 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-го роду в МПа; D і C – коефіцієнти апроксимації кривої $k_H=f(k_w)$.

Величина питомої потенційної енергії деформування W_{num} також може бути розрахована за формулою:

$$W_{num} = A \int_0^{\varepsilon} \varepsilon_u^n d\varepsilon_u = A \frac{\varepsilon_u^{n+1}}{n+1}, \quad (2)$$

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

Такий підхід дає змогу досліджувати не лише стандартні випадки ДТП, але й нетипові зіткнення: з металевими елементами інфраструктури (електроопорами, парканами, тощо), з вантажними автомобілями та мотоциклами (для яких відсутні показники енергопоглинання), наїзди на пішоходів тощо.

Вплив швидкісного ефекту може бути врахований [9] і він може складати до 25% від сумарної енергії деформування для всієї конструкції (та до 40% по окремим елементам).

Висновки

У разі потреби визначення швидкості руху транспортних засобів при ДТП з врахуванням пошкоджень, найбільш універсальним є метод твердості, який може бути застосований для будь-яких типів та моделей транспортних засобів, а також для металевих та залізобетонних елементів конструкцій, що були пошкоджені в результаті зіткнення. Проте, для його застосування мають бути збережені і надані на огляд пошкоджені автомобілі, тому важливим є питання оперативності ухвалення рішення про проведення дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Евтюков С. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий : справочник / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб: Издательство ДНК, 2006. – 536 с.
2. CRASH3 Technical Manual. NHTSA, Washington D.C. – 1986. – 458 p.
3. Огородников В. А. ЭНЕРГИЯ. ДЕФОРМАЦИИ. РАЗРУШЕНИЕ. Задачи автотехнической экспертизы : монография. / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
3. Проблемы и перспективы энергетических методов реконструкции ДТП / В. Н. Торлин, В. А. Ксенофонтова, А. А. Ветрогон, Е. В. Яковенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – Вып. 61–62. – С. 170–173.

4. Перлов В. Є. Енергія пластичного деформування елементів конструкцій транспортних засобів при ДТП / Перлов В. Є., Кириця І. Ю. // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – Вип. 2. – С. 90–94
5. Огородников В. А. ЭНЕРГИЯ. ДЕФОРМАЦИИ. РАЗРУШЕНИЕ. Задачи автотехнической экспертизы : монография. / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
6. Огородніков В. А. Визначення параметрів розкриття подушок безпеки з врахуванням енергії пластичної деформації елементів конструкцій автомобілів при ДТП / Огородніков В. А., Байков В.П., Кисельов В.Б., Перлов В. Є. // Вісник національного транспортного університету. – Київ, 2012 - №26/2 - С. 229-236.
7. Огородников В. А. Алгоритм определения энергии деформации элементов конструкций из листовых материалов / Огородников В. А., Перлов В. Е., Побережный М. И. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні (Зб. наук. праць ДДМА). – Краматорськ, 2008. – С. 135-140.
8. Огородніков В. А. Визначення енергії пластичної деформації елементів конструкцій транспортних засобів і параметрів розкриття подушок безпеки при ДТП / Огородніков В. А., Перлов В. Є. // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: технічні науки – Вінниця, 2009 - №3 – С. 5-9.
9. Огородников В. А. Учет скоростного эффекта при расчете энергии пластической деформации конструкций транспортных средств /Огородников В. А., Перлов В. Е. // Вісті академії інженерних наук України. – 2009. - №1(38). – С. 121-125.

Перлов Віктор Євгенійович — канд. техн. наук, доцент кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет

Perlov Viktor — PhD, Associate Professor of Materials Resistance and Applied Mechanics Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: perlov@vntu.edu.ua