

ЕНЕРГІЯ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ДТП.

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано стан аварійності та 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

Стрімке зростання кількості транспортних засобів на дорогах України в останні роки призводить до суттєвого збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод. За офіційною статистикою Патрульної поліції України лише за 10 місяців 2021 року в Україні сталося 154 480 ДТП [6]. Це на 14% більше, ніж за аналогічний період попереднього року. Натомість кількість аварій із постраждалими зменшилася на 6%, а із загиблими – на 9%.

Встановлення камер автофіксації порушень ПДР не вплинуло на кількість аварій. Так, в Києві та Київській області було розміщено найбільшу мережу камер, проте з січня по жовтень 2021 року кількість ДТП зросла на 19%, 51556 – проти 43 303 випадків за аналогічний період минулого року. Загалом третина від загальної кількості аварій припадає на цей регіон. Натомість у регіоні значно зменшилась кількість ДТП із загиблими – на 16%. Найбільше зростання аварійності зафіксовано в Івано-Франківській та Миколаївській областях. В обох регіонах кількість ДТП збільшилась на 24%.

Головними причинами аварійності у 2021 році є: порушення правил маневрування, перевищення безпечної швидкості та недотримання дистанції (рис. 1).

Головні причини ДТП 2021 року

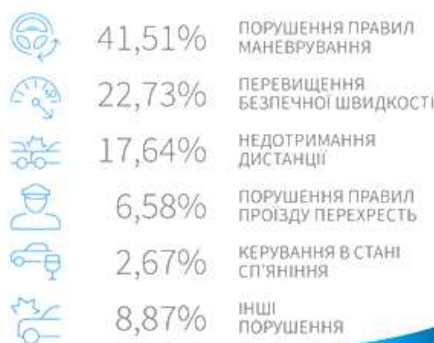


Рис. 1. Головні причини ДТП 2021 року.

Одним із основних питань при розслідуванні ДТП є швидкість руху транспортних засобів на момент зіткнення, оскільки переважно вона визначає відповідність дій учасників руху вимогам правил дорожнього руху. Тому напрямок визначення швидкості з врахуванням механічних пошкоджень представляє значний науковий та практичний інтерес. Крім того, кількісне дослідження швидкості руху транспортних засобів при ДТП стає основою безпекового аудиту ділянки дороги.

Результати дослідження

Для більшості транспортних засобів іноземного виробництва (країни ЄС, США, Південна Корея, Японія), які пройшли сертифікаційні "краш-тести", енергія деформування може визначитись в середовищі програмного комплексу PC-Crash [7]. Програма містить результати сертифікаційних випробувань – взаємозв'язок глибини та об'єму пошкоджень із поглинутою конструкцією енергією. За відомими геометричними параметрами деформацій є змога визначати енергію пластичного деформування елементів конструкції, пошкоджених в результаті зіткнення (рис. 2).

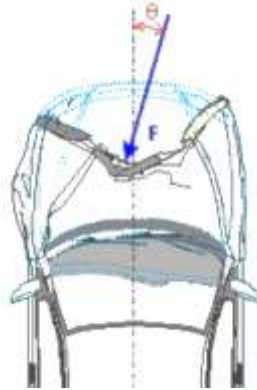


Рис. 2. Зображення деформацій автомобіля в середовищі PC-Crash.

У такому випадку, можливий також варіант визначення з використанням коефіцієнтів енергопоглинання конструкцій [1]. Для прикладу, у випадку пошкодження у вигляді прямокутника шириною δ_{ji} і глибиною λ_{ji} використовується залежність:

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

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

Константи енергопоглинання визначаються для кожної конкретної моделі автомобілів шляхом проведення дорогих і малоінформативних "краш-тестів" за визначених умов удару, тому дані нерідко важко застосувати для дослідження зіткнень з іншими механізмами контактування.

Разом із тим, виникає ряд випадків, коли автомобіль не пройшов зазначених випробувань і для нього відсутні константи енергопоглинання, або ж механізм деформування автомобілів суттєво відрізняється від стандартних випробувань. Крім того, константи енергопоглинання відсутні для вантажних автомобілів, мікроавтобусів та мотоциклів, оскільки для них проводяться інші випробування, що накладає суттєві обмеження на використання методу.

У такому разі, енергія пластичного деформування елементів конструкції визначається за [2-4]. У [2] проаналізовано основні підходи до визначення швидкості руху транспортних засобів з врахуванням їх пошкоджень при дорожньо-транспортних пригодах.

Зокрема, енергія пластичного деформування елементів конструкцій може бути визначена за зміною твердості металу, що вимірюється у вузлах попередньо нанесеної на деталі ділильної сітки [3, 4]:

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

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 W_{num} також може бути розрахована за формулою:

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

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.

Дані про механічні властивості металу елементів конструкції визначаються шляхом проведення механічних випробувань на розтяг.

Такий підхід дає змогу досліджувати не лише стандартні випадки ДТП, але й нетипові зіткнення: з металевими елементами дорожнього огороження, електроопорами тощо, а також з автобусами, вантажними, автомобілями та мотоциклами (для яких відсутні дані енергопоглинання), наїзди на велосипедистів, пішоходів та ін.

Враховуючи те, що швидкість при ДТП значно перевищує швидкість стандартних випробувань, вплив швидкісного ефекту можливо врахувати [5] і він складає до 25% від сумарної енергії деформування для всієї конструкції (та до 40% по окремим елементам), що впливає в межах 5% на величину швидкості транспортного засобу.

Висновки

У випадку необхідності визначення швидкості руху транспортних засобів при ДТП з врахуванням пошкоджень найбільш надійним є метод твердості, який може бути застосований для будь-яких типів та моделей транспортних засобів, а також для елементів металевих конструкцій, що були пошкоджені в результаті зіткнення. Однак, його застосування потребує проведення механічних випробувань металу елементів конструкції, а пошкоджені автомобілі мають бути доступні для огляду, тому важливими є питання збереження пошкоджених ТЗ та оперативності прийняття рішення про призначення дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. 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
3. Огородніков В. А. Алгоритм определения энергии деформации элементов конструкций из листовых материалов / Огородніков 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.
4. 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.

5. 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.
6. Патрульна поліція України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : МВС, 2015-2022. – Режим доступу: <http://patrol.police.gov.ua/>
7. PC-CRASH A Simulation Program for Vehicle Accidents Operating Manual Version 10.0 March 21, 2013 c Dr. Ste an Datentechnik Distributed and Supported in North America by: www.pc-crash.com

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