

УДК 539.4

МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕТИКИ ДЕФОРМУВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО АВТОМОБІЛЯ FORD FOCUS 3 В ПРОЦЕСІ НАЇЗДУ НА НЕРУХОМУ ПЕРЕШКОДУ

Грабар І.Г., Сакара І.О.

Житомирський національний агроекологічний університет

У статті розглянуто основні проблеми проектування вимірювальних систем для аварійних випробувань. Досліджено особливості взаємодії деформацій автомобіля з безпекою людини. Наведено результат обробки даних натурного випробування автомобіля Ford Focus III. Побудовано феноменологічну модель деформування. Описано математичну модель взаємодії деформацій автомобіля з безпекою людини.

Ключові слова: автомобіль, краш-тест, зони деформації, безпека людини, ДТП.

Постановка проблеми. Щороку в дорожніх аваріях у всьому світі гине 1250000 чоловік. Деякі транспортні засоби, що продаються в 80% всіх країн світу, не відповідають базовим стандартам безпеки. Особливо це стосується країн з низьким і середнім рівнем доходу. Це при тому, що в 2014 році саме в цих країнах зібрали майже половину з вироблених 67 млн. нових легкових автомобілів [1].

Успіхів у підвищенні безпеки людини в результаті ДТП можна домогтися завдяки випробуванням – краш тестам. Краш тест (англ. Crash test) – випробування дорожніх і гоночних автомобілів на пасивну і активну безпеку. Являє собою умисне відтворення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) з метою з'ясування рівня пошкодження, які можуть отримати його учасники.

Ford Focus третього покоління в 2012 році піддався випробуванням на безпеку за стандартами EuroNCAP. І їх результати виявилися дуже хороші – автомобіль отримав максимальну оцінку: 5 зірок з 5 можливих.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Випробування автомобілів на пасивну та активну безпеку є предметом вивчення різних вчених. Зокрема, дослідження особливостей проведення краш-тесту, як методу умисного відтворення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) з метою з'ясування рівня потенційних пошкоджень його учасників, відображено у працях таких науковців, як: Хусаїнов А.Ш., Когут В., Горбай О., Керницький І., Тараненко А.С., Карпов І.А. Однак, подальшого дослідження потребує питання проведення краш-тестування, зокрема, автомобіля Ford Focus III.

Метою статті є математичне моделювання процесу краш-тесту випробування на прикладі автомобіля Ford Focus III.

Виклад основного матеріалу. У ході випробування було використано краш тест автомобіля Ford Focus 3 на базі EuroNCAP. Автомобіль зі швидкістю 54 км/год зазнавав фронтального удару об нерухому перешкоду.

Було відкладено 11 рівновіддалених точок по всій фронтальній зоні деформації, що дало змогу визначити відповідний час деформування кузова автомобіля та побудувати графік кінетики деформації (рис. 1, рис. 2 та табл. 1).

З отриманих даних видно що процес деформації триває 0,05 с.

$$\Delta t = \frac{S}{V}; \quad (1)$$

де Δt – проміжок часу повної деформації кузова, с;

S – величина деформації, м;

V – швидкість автомобіля, м/с.

Таблиця 1

Деформація кузова фронтального краш тесту автомобіля Ford Focus 3

Деформація L, мм	Час t, с	Деформація L, мм	Час t, с
0	0,00102	456	0,021429
76	0,004085	532	0,02449
152	0,010204	608	0,027551
228	0,013265	684	0,030612
304	0,016327	760	0,05102
380	0,018367		

Джерело: розроблено авторами

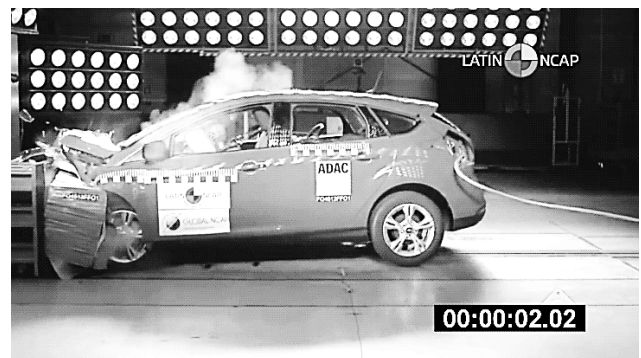


Рис. 1. Краш тест автомобіля Ford Focus 3

Джерело: використано авторами за даними [3]

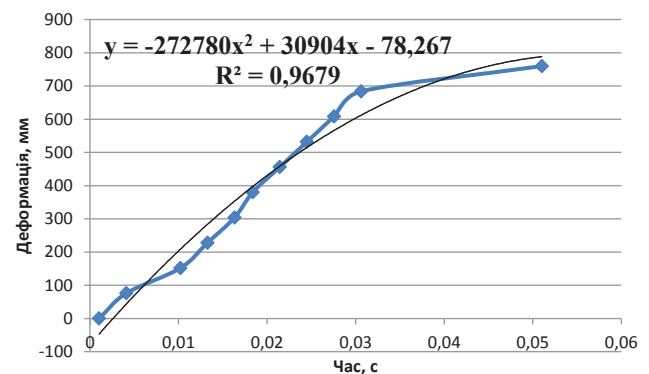


Рис. 2. Графік деформації кузова автомобіля

Джерело: розроблено авторами

Таблиця 2

Перша та друга похідні

t,	y	y'	y''	t	y	y'	y''
0.0010204	0	-31460.68	-545560	0.0214285	456	-42594.53	-545560
0.0040846	76	-33132.39	-545560	0.0244897	532	-44264.60	-545560
0.010204	152	-36470.89	-545560	0.027551	608	-45934.72	-545560
0.0132653	228	-38141.01	-545560	0.0306122	684	-47604.79	-545560
0.0163265	304	-39811.08	-545560	0.0510204	760	-58738.68	-545560
0.0183673	380	-40924.46	-545560				

Джерело: розроблено авторами

Як видно з графіку (рис. 2), деформація кузова таким законом руху:

$$y = -272780x^2 + 30904x - 78.267$$

Знайшовши першу та другу похідні (табл. 2), отримаємо швидкість та прискорення деформації кузова (рис. 3 та рис. 4):

$$y' = -545560x - 30904;$$

$$y'' = -545560;$$

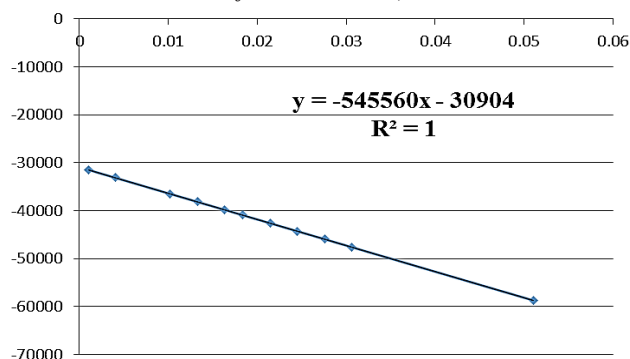


Рис. 3. Швидкість деформації кузова

Джерело: розроблено авторами

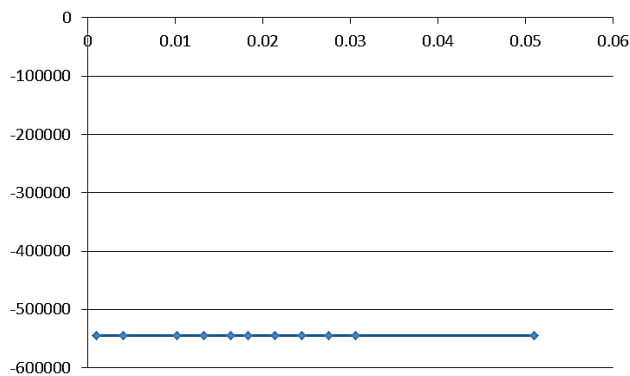


Рис. 4. Прискорення деформації кузова

Джерело: розроблено авторами

Як видно з графіків, швидкість та прискорення мають лінійний вигляд, що свідчить про плавну зміну швидкості та незмінне прискорення.

При фронтальному ударі в нерухому перешкоду автомобіль розвертало (рис. 5). З перебігом часу (від 0 до 0,163 секунд) кут розвороту зростає (відповідно від 0 до 31,17 градусів) (табл. 3).

Кінетична енергія автомобіля при ударі поглинається в зонах деформації. Основна суть цієї системи – поглинання енергії зовнішньою частиною автомобіля, за рахунок чого салон практично не деформується, а пасажери краще захищені від травм. Такий ефект досягається шляхом ослаблення зовнішньої частини кузова та зміцнення його внутрішньої частини балками підви-

щеної міцності, тому салон знаходиться в «зоні безпеки» (рис. 5).



Рис. 5. Кут розвороту при фронтальному ударі об нерухому перешкоду

Джерело: використано авторами за даними [3]

Таблиця 3

Кут відкидання фронтального краш тесту автомобіля Ford Focus 3

Час t, с	Кут розвороту, градуси	Час t, с	Кут розвороту, градуси
0	0	0,065306122	11,69
0,01224489	2,94	0,076530612	14,23
0,01734693	3,17	0,084693878	15,97
0,023469387	3,47	0,095918367	18,5
0,02959183	3,95	0,118367347	23,32
0,03877551	5,75	0,124489796	24,34
0,044897959	6,72	0,13877551	26,99
0,056122448	9,46	0,163265306	31,17

Джерело: розроблено авторами

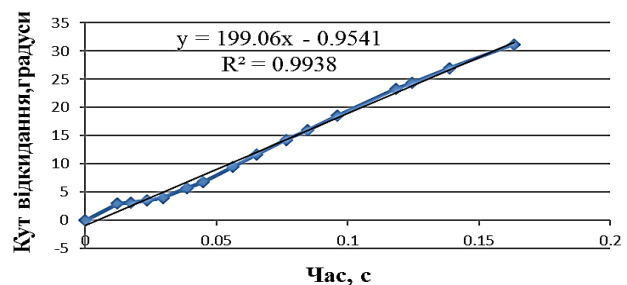


Рис. 6. Графік кута відкидання при фронтальному ударі о нерухому перешкоду

Джерело: розроблено авторами

На рис. 7 під позначками 1, 2 і 3 позначено поперечину, крашбокс та лонжерон, відповідно. Коли автомобіль рухається з великою швидкістю, він має імпульс, зменшення якого при ударі прямо пропорційне добутку зусилля, що діє на рухомий об'єкт на час дії зусилля. Тому, чим різкіший удар (менша тривалість дії зусилля) тим більших перевантажень зазнають пасажери

при ударі. Метою зони деформації є поглинання енергії руху для зниження різниці швидкостей автомобіля і його пасажирів [4; 5].

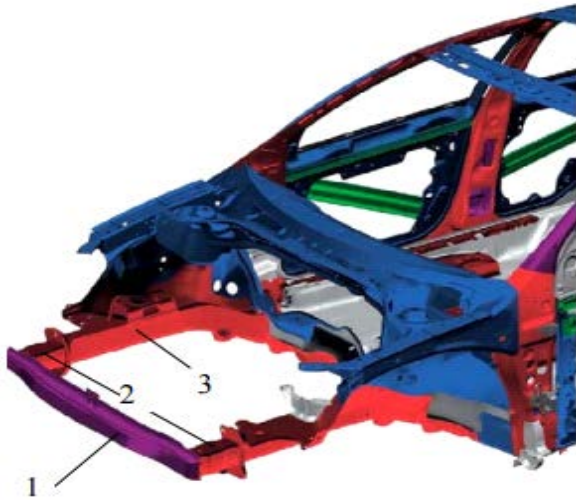


Рис. 7. Силова структура передньої частини автомобіля

Джерело: використано авторами за даними [3]

Послідовність поглинання енергії має такий вигляд: зони деформації – ремінь безпеки – подушки безпеки – м'який салон. Багаторічний досвід краш-тестів показує, автомобілі із зоною деформації при важких випробуваннях показують кращі результати, ніж автомобілі, що використовують окремо рами і шасі [6, с. 65]. Як видно з графіку деформації кузову автомобіля деформація відбувається плавно, що свідчить про хороші показники безпеки.

Висновки і пропозиції. Отримано наближені формули кінетики процесу деформування високшвидкісного автомобіля Ford Focus III із обробки результатів краш-тесту. При проведенні краш-тестів використовується багатобальна оцінка пасивної безпеки, проте, обмежене число випробувань не дозволяє врахувати все різноманіття умов експлуатації автомобіля. На нашу думку, доцільно уніфікувати види і умови проведення краш-тестів (швидкість, відсоток перекриття, тип перешкоди тощо). При цьому, особливу увагу варто звернути на створення узагальненого показника, заснованого на статистичних даних дорожньо-транспортних пригод за участю досліджуваних автомобілів, що є перспективою подальших досліджень.

Список літератури:

1. Статистика ДТП [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.gazeta.ru/auto/2015/10/19_a_7830845
2. ДСТУ 2935-94 Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення [Електронний ресурс] / ДП «Державний Автотранспортний Науково-Дослідний та Проектний Інститут», наказ від 28.12.1994 № 333. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65616
3. Euro NCAP crash test result Ford Focus 3, Офіційний сайт Euro NCAP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.euroncap.com/en/results/ford/focus/10923>
4. Когут В., Горбай О., Керницький І. Аналіз відповідності аналітичного розрахунку міцності пасажирських сидінь натурним випробуванням згідно з правилами ЄЕК ООН № 80 [Електронний ресурс] / В. Когут, О. Горбай, І. Керницький // 11-й міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові, тези доповідей, 15–17 травня 2013 року, Львів. – 2013. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/28512/1/114-111-112.pdf>
5. Карпов І.А. Разработка конечно-элементных моделей тросовых дорожных ограждений с использованием программного комплекса LS-DUNA [Електронний ресурс] / І.А. Карпов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура, Електронний науковий журнал, грудень 2014. – № 2 (2). – Режим доступу: www.adi-madi.ru/madi/article/view/91
6. Хусаинов А.Ш. Пассивная безопасность автомобилей / А.Ш. Хусаинов. – Ульяновск: УЛГТУ, 2011. – 115 с.

Грабар И.Г., Сакара И.А.

Житомирский национальный агроэкологический университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО АВТОМОБИЛЯ FORD FOCUS III В ПРОЦЕССЕ НАЕЗДА НА НЕПОДВИЖНОЕ ПРЕПЯТВИЕ

Аннотация

В статье рассмотрены основные проблемы проектирования измерительных систем для аварийных испытаний. Исследованы особенности взаимодействия деформаций автомобиля с безопасностью человека. Приведены результаты обработки данных натурного испытания автомобиля Ford Focus III. Построено феноменологическую модель деформирования. Описано математическая модель взаимодействия деформаций автомобиля с безопасностью человека.

Ключевые слова: автомобиль, краш-тест, зоны деформации, безопасность человека, ДТП.

Grabar I.G., Sakara I.O.

Zhytomyr National Agroecological University

MODELING OF KINETICS DEFORMATION OF HIGH SPEED CAR FORD FOCUS III DURING THE INVADE A FIXED OBSTACLE

Summary

In the article the basic problems of designing measurement systems for emergency tests were considered. There were investigated the features of interaction the car deformation with human security. The results of processing full-scale test vehicle Ford Focus III were demonstrated. A phenomenological model deformation was constructed. A mathematical model of interaction the car deformation with human security was described.

Keywords: car, crash test, crumple zones, human security, accidents.