

УДК 629.113

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП

**В.Н. Торлин, профессор, д.т.н., В.А. Ксенофонтова, доцент, к.т.н.,
А.А. Ветрогон, ст. преп., к.т.н., Е.В. Яковенко, ассистент,
Севастопольский национальный технический университет**

Аннотация. Рассматриваются проблемы развития и совершенствования энергетических методов реконструкции ДТП. Предлагаются пути решения основных задач, препятствующих широкому распространению данной методики в практике экспертизы дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: энергетические методы реконструкции ДТП, конечноэлементные модели, сканирующие устройства.

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕТОДІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДТП

**В.М. Торлін, професор, д.т.н., В.А. Ксенофонтова, доцент, к.т.н.,
О.О. Ветрогон, ст. викл., к.т.н., Є.В. Яковенко, асистент,
Севастопольський національний технічний університет**

Анотація. Розглядаються проблеми розвитку і вдосконалення енергетичних методів реконструкції ДТП. Пропонуються шляхи вирішення основних завдань, що перешкоджають широкому поширенню даної методики у практиці експертизи дорожньо-транспортних пригод.

Ключові слова: енергетичні методи реконструкції ДТП, скінченноелементні моделі, сканувальні пристрої.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF ENERGY METHODS FOR RECONSTRUCTION OF ROAD ACCIDENTS

V. Torlin, Professor, Doctor of Engineering Science, V. Ksenofontova, Associate Professor, Candidate of Engineering Science, A. Vetrogon, Candidate of Engineering Science, E. Yakovenko, assistant, Sevastopol National Technical University

Abstract. The problems of development and improvement of energy methods for road accidents reconstruction are considered. The ways of solving the basic problems preventing the spread of the given method in the practice of traffic accidents examination are offered.

Key words: energy methods of accidents reconstruction, finite element models, scanning devices.

Введение

Вопросы безопасности дорожного движения занимают центральное место в дорожной политике. В связи с увеличением количества автотранспортных средств на дорогах Украины значительно возросло число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с тяжёлыми последствиями. Большое количество

ДТП происходит по причине несоблюдения водителями скоростного режима. Изучение вопросов, связанных с реконструкцией обстоятельств ДТП, определением скорости движения транспортных средств, играет ключевую роль при расследовании ДТП, что способствует решению проблемы аварийности на автомобильных дорогах.

Анализ публикаций

Методы реконструкции дорожно-транспортных происшествий, основанные на принципе эквивалентности количества кинетической энергии транспортных средств до ДТП и количества потенциальной энергии деформации и разрушения, оставшейся в поврежденном автомобиле и дорожных сооружениях, получили за последнее время значительное распространение под названием «энергетические методы». Различные аспекты энергетического подхода исследовались в России, США, Германии и в Украине в городах: Киеве, Харькове, Виннице и Севастополе. В работах СевНТУ [1–3] предлагается энергетический метод определения скорости транспортных средств до столкновения в результате ДТП. Данный метод основан на детальном исследовании поврежденных транспортных средств, определении энергии деформации, затраченной на повреждение, и вычислении эквивалента скорости, погашенной при деформации элементов конструкции транспортных средств, участвующих в ДТП.

Методика, основанная на идентификации количества энергии пластической деформации в поврежденном автомобиле методом микротвердомерии, развивается в работах [4, 5]. В работе [6] подробно проанализированы все методики энергетического подхода и рассмотрены критерии оценки их точности с точки зрения допустимости результатов таких методов в судебном процессе.

В работе [7] рассмотрена проблема повышения точности энергетического подхода, для чего задача определения количества энергии деформации, эквивалентной исходной кинетической энергии, решается с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Полный

анализ энергетических методов, сравнение их с другими методами и примеры использования их в практике автотехнической экспертизы рассмотрены в монографии [8].

Цель и постановка задачи

Целью настоящей работы является определение путей решения задач, направленных на дальнейшее совершенствование энергетических методов, повышение их точности и достоверности. Для достижения этой цели необходимо рассмотреть возможности современных информационных технологий в решении задач реконструкции ДТП, методов идентификации исследуемых объектов, в том числе новейших технических средств, имеющих сегодня в распоряжении субъектов транспортного комплекса государства.

Материалы и результаты исследования

Основные проблемы дальнейшего развития энергетических методов реконструкции ДТП заключаются в следующем. Для использования численных методов анализа поврежденных конструкций транспортных средств и дорожных сооружений необходимо создание 3D-образов объектов сложной конфигурации с последующей их конечноэлементной интерпретацией (рис. 1).

Решение этой задачи требует сначала проведения измерений элементов объекта, что может быть реализовано вручную, обычно с частичной разборкой, или методом лазерного сканирования, что повышает производительность труда эксперта. При этом геометрическая точность размеров объекта исследования может быть достигнута с любой наперед заданной погрешностью, которая зависит от точности применяемых средств измерения;

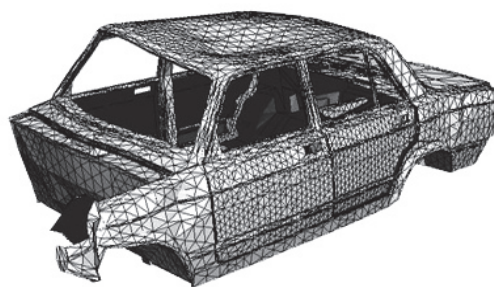


Рис. 1. Поврежденная конструкция и ее конечноэлементная модель

например, использование штангенциркулей с дискретностью шкалы 0,01 мм дает погрешность на длине 1–4 м менее 1 %, что не влияет на конечный результат. Лазерное сканирование дает еще большую точность.

Последующее разбиение 3D-модели на конечные элементы требует определенного опыта, т.к. при очень густой сетке элементов время компьютерной реализации одного варианта задачи может занимать несколько часов, а недостаточное количество элементов в модели значительно снизит точность результата.

Вторая проблема заключается в сложности определения физико-механических характеристик элементов поврежденной конструкции. Здесь на точность результатов существенно влияют условия эксплуатации исследуемого автомобиля и его возраст, т.к. для работы расчетной модели в области упругих и пластических деформаций необходимы следующие данные: E – модуль упругости материала, ν – коэффициент Пуассона, σ_T – предел текучести, σ_b – предел прочности и другие точки кривой деформирования. Для повышения точности определения этих характеристик материала в лучшем случае необходимо из поврежденной конструкции вырезать экспериментальные образцы стандартных размеров и формы, т.к. используемые в настоящее время методы определения степени пластического упрочнения с помощью измерения твердости НВ отдельных поверхностей конструкции дают существенную погрешность.

Следующая проблема – использование в конструкции кузова современных автомобилей новых высокопрочных термообработанных сталей (рис. 2).



Рис. 2. Использование высокопрочных сталей в конструкции средней стойки автомобиля Subaru WRX

Пластическая деформация сопровождается упругими деформациями и нагревом образовавшихся очагов. Кроме пластически деформированных элементов, образуются очаги хрупкого разрушения деталей из пластмассы, стекла, чугунного литья и других материалов.

Проблема заключается в сложности кривой деформирования таких сталей, представляющих собой гистерезисную кривую (рис. 3), определение характерных точек которой A, C, D, L, M , связано с большими трудностями, возникающими при подстановке закона деформирования в уравнение теории пластичности

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2G} \left(d\sigma_{ij} - d\delta_{ij} \frac{3\mu}{1+\mu} d\sigma_0 \right) + \frac{3}{2} \frac{d\varepsilon_i}{\sigma_i} (\sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma_0), \quad (1)$$

где $d\varepsilon_i$ и σ_i – интенсивности приращения деформаций и напряжений; δ_{ij} – символ Кронекера; σ_0 – среднее напряжение; G и μ – параметры Ляме.

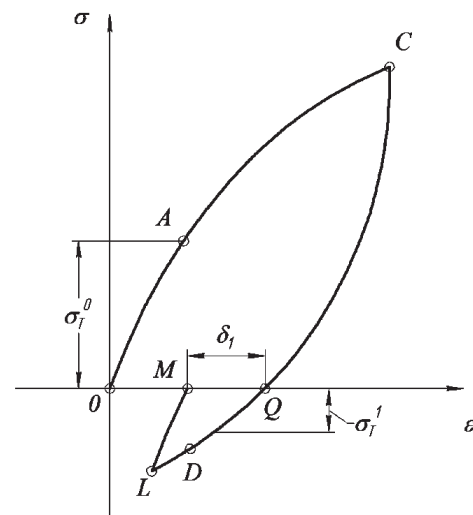


Рис. 3. Петля пластического гистерезиса

При построении МКЭ-модели гистерезисная кривая (рис. 3) может быть аппроксимирована сплайн-функцией. Численное представление кривой деформирования является единственным возможным вариантом решения задачи реконструкции процесса деформации и разрушения автомобильных конструкций, изготовленных из таких материалов, как карбон или других современных композитов.

Наконец проблемой для широкого распространения энергетических методов экспертизы является постоянное обновление типажа автотранспортных средств, геометрической формы автомобилей и применяемых материалов, т.к. данная методика опирается на базу данных геометрии недеформированных конструкций, потому что энергия деформации вычисляется как работа, затраченная на перемещения точек поверхностей из начального положения в деформированное. Требуется постоянное обновление такой базы данных.

Выводы

Проблемы развития энергетических методов реконструкции ДТП могут быть успешно преодолены использованием последних достижений информационных технологий и приборного обеспечения.

Для широкого распространения данной методики необходимо создание единого информационного центра, поддерживающего и обновляющего базу данных геометрических и физико-механических параметров вновь создаваемых автомобилей производителями разных стран.

Литература

1. Ксенофонтова В.А. Исследование процесса деформации кузова легкового автомобиля при наезде на неподвижное препятствие / В.А. Ксенофонтова, А.В. Бабкин, В.Н. Торлин // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2002. – Вып. 6. – С. 56–58.
2. Торлин В.Н. Повышение достоверности результатов экспертизы ДТП по энергетическим критериям / В.Н. Торлин, А.А. Ветрогон, В.А. Ксенофонтова // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2005. – Вып. 16. – С. 19–22.
3. Пат. № 69465 Україна, МКІ В60R19/02. Спосіб визначення початкової швидкості транспортного засобу за величиною деформацій, одержаних транспортним засобом при наїзді на нерухому перепону / Торлин В.Н., Ксенофонтова В.А., Бабкин А.В. (UA); заявл. та патентовл. Севастопольський національний технічний університет. – № 97073555; заявл. 08.12.2003; опубл. 04.08.2004; Бюл. № 9.
4. Огородников В.А. Оценка скорости транспортных средств при их столкновении по энергетическим потерям / В.А. Огородников, В.Б. Киселев // Вестник Херсонского ГТУ. – Херсон: ХГТУ. – 2002. – Вып. 2(15). – С. 57–60.
5. Огородников В.А. Энергия. Деформация. Разрушение (Задачи автотехнической экспертизы) / В.А. Огородников, В.Б. Киселев, И.О. Сивак. – Винн.: Универсум, 2005. – 204 с.
6. Никонов В.Н. Математические модели ДТП и их допустимость в судебном процессе / В.Н. Никонов // Вестник юстиции. – 2007. – №1. – С. 15–20.
7. Торлин В.Н. Конечноэлементный анализ энергопоглощающей способности кузова автомобиля / В.Н. Торлин, А.А. Ветрогон, Е.А. Яковенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – №7(101). – 2006. – С. 115–119.
8. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: монография / В.П. Волков, В.Н. Торлин, В.А. Ксенофонтова и др. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 476 с.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20 марта 2013 г.