

УДК 629.113.011

А.А. Ветрогон, доцент, канд. техн. наук*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053***УТОЧНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ ПОГЛОЩЕННОЙ КУЗОВОМ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДТП**

Рассматривается методика решения обратных задач для конечноэлементных моделей, позволяющая в автоматическом режиме анализировать результаты сканирования поврежденной детали. В рамках методики модель деформированной детали, полученную сканированием, предлагается представить в виде множества полигональных пластин, потерявших устойчивость

Ключевые слова: несущая способность пластин, пластические деформации, кузов автомобиля, экспертиза ДТП.

Постановка проблемы. В большинстве случаев ДТП в ходе экспертизы необходимо установить скорость, которую имели участники происшествия до столкновения. Один из подходов к решению данной проблемы называется энергетическим и основан на законе сохранения энергии. Общая идея заключается в том, что кинетическая энергия транспортных средств при ДТП переходит в другие виды энергии (энергию, затраченную на упругие и пластические деформации, на хрупкие разрушения, перешедшую в тепло и т.д.), которые можно определить [1, 2].

Как показано в работе [3], из всех составляющих наибольшую величину (до 80 %) составляет энергия, затраченная на пластические деформации элементов конструкции. В связи с чем, большинство работ направлено на изучение именно пластической составляющей.

Анализ публикаций. Впервые возможность определения энергии, затраченной на пластические деформации путем решения обратной задачи теории пластичности для деформированного элемента конструкции показана в [3] как методом прямого интегрирования, так и методом смещенного объема. В работе [4] предложено определять энергию упругих и пластических деформаций путем решения обратной задачи с помощью метода конечных элементов. Основным недостатком данной методики является необходимость создания сетки на отсканированной поверхности с количеством узлов таким же, как у исходной модели, выполняемого вручную. Учитывая трудоемкость данного процесса, методика представляется малоэффективной. Также общим недостатком вышеперечисленных методик являются достаточно-таки высокие погрешности, возникающие как следствие ряда допущений.

Цель и постановка задачи. Целью работы является повышение точности экспертизы ДТП за счет совершенствования методов определения энергии пластических деформаций кузова, основанных на исследовании остаточных деформаций деталей кузова поврежденного автомобиля.

Для достижения этой цели необходимо разработать методику решения обратных задач для МКЭ-моделей, позволяющую в автоматическом режиме анализировать результаты сканирования поврежденной детали.

Материалы и результаты исследования. Модель деформированной детали, полученную сканированием, предлагается представить в виде множества полигональных пластин, потерявших устойчивость. Для этого, в рамках реализации программного обеспечения, необходимо ввести ряд дополнительных точек, расположив их на серединах ребер, соединяющих точки модели. Эти точки будут служить вершинами опорного контура пластин. Таким образом можно получить множество полигональных пластин со средними точками, совпадающими с точками модели (рисунок 1).

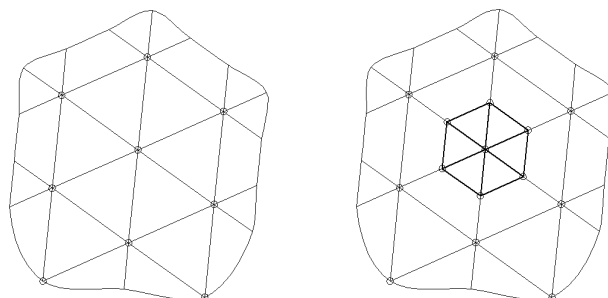


Рисунок 1 – Полигональная пластина со средней точкой, совпадающей с точкой модели

Рассмотрим полигональную пластину, шарнирно закрепленную по контуру и нагруженную в некоторой точке О сосредоточенной силой (рис. 2).

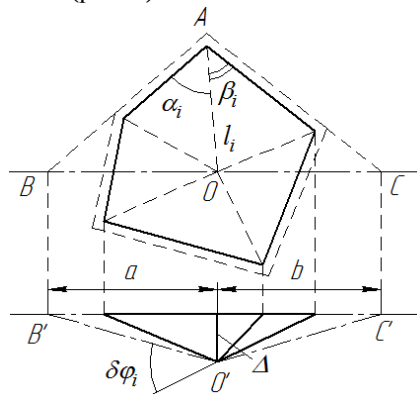


Рисунок 2 – Полигональная пластина

Форма разрушения такой пластины при достижении нагрузкой предельного значения может быть представлена боковой поверхностью пирамиды с вершиной в точке О' и с ребрами, которые являются пластическими цилиндрическими шарнирами, соединяющими точку О' с вершинами опорного контура.

Треугольные участки пластины предполагаются недеформируемыми. Высота пирамиды считается малой величиной, задаваемой с точностью до неопределенного параметра Δ .

При заданной форме разрушения работа внутренних сил на возможных перемещениях сводится к работе моментов, совершаемой ими на углах взаимного поворота боковых граней пирамиды $\delta\varphi_i$. Моменты постоянны вдоль каждого цилиндрического шарнира и имеют предельное значение $M_{пред}$. В данном случае имеет место равенство работы внутренних и внешних сил, которое можно записать в виде

$$\sum_i M_{пред} l_i \delta\varphi_i = F_{пред} \Delta,$$

или

$$M_{пред} \sum_i l_i \delta\varphi_i = F_{пред} \Delta, \quad (1)$$

где l_i – длина i -го цилиндрического шарнира.

Найдем угол $\delta\varphi_i$.

Проведем через точку О перпендикулярно прямой ОА прямую ВС и рассмотрим два треугольника: АОВ и АОС. При повороте граней, примыкающих к ребру АО', на тот же самый угол поворачиваются и указанные треугольники.

Из рис. 2 видно, что

$$\delta\varphi_i \approx \frac{\Delta}{a} + \frac{\Delta}{b} = \frac{\Delta}{l_i} (\operatorname{ctg} \alpha_i + \operatorname{ctg} \beta_i). \quad (2)$$

Для определения момента $M_{пред}$ можно воспользоваться зависимостью [5]

$$M_{пред} = \frac{2}{\sqrt{3}} M_T. \quad (3)$$

где $M_T = \frac{\sigma_T \delta^2}{4}$;

σ_T – предел текучести материала пластины;

δ – толщина пластины.

Таким образом энергия $\mathcal{E}_\delta$, затрачиваемая на потерю устойчивости полигональной пластины будет равна работе внешних сил. С учетом соотношений (2.2) и (2.3) можно записать

$$\mathcal{E}_\delta = \frac{\sigma_T \delta^2}{2\sqrt{3}} \sum_i l_i \delta\varphi_i. \quad (4)$$

где δ – толщина пластины.

Полная энергия, затрачиваемая на деформацию детали будет равна

$$\Theta_{\delta} = \sum_j \left(\frac{\sigma_T \delta^2}{2\sqrt{3}} \sum_i l_{ij} \delta \varphi_{ij} \right). \quad (5)$$

где j – номер точки модели.

Выводы

1. Разработанная методика решения обратных задач для МКЭ-моделей позволяет в автоматическом режиме анализировать результаты сканирования поврежденной детали.
2. В качестве недостатков можно выделить то, что полученные зависимости не учитывают упрочнение материала и упругих деформаций детали

Направления дальнейших исследований. Представленную в статье методику решения обратных задач для МКЭ-моделей в дальнейшем необходимо довести до программного обеспечения, а также проанализировать влияние качества сканирования на точность получаемых результатов.

Библиографический список использованной литературы

1. Огородников В.А. Энергия. Деформация. Разрушение. (Задачи автотехнической экспертизы) / В.А. Огородников, В.Б. Киселев, И.О. Сивак. – Винн.: Универсум. 2005. – 204 с.
2. Campbell K.L. An Energy Basis for Collision Severity / K.L. Campbell // SAE Paper No. 74565, Society of Automotive Engineers. – Warrendale, 1974.
3. 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. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2002. – С. 56–58.
4. Ветрогон А.А. Повышение точности результатов экспертизы скорости при дорожно-транспортном происшествии: дис.... канд. техн. наук.; 05.22.20 / Ветрогон Александр Анатольевич. – Харьков, ХНАДУ, 2009. – 205 с.
5. Александров А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с.

Поступила в редакцию 25.01.2014 г.

Ветрогон О.А. Уточнення кількості енергії, поглиненої кузовом автомобіля при ДТП

Розглядається методика рішення обернених задач для скінченноелементних моделей, що дозволяє в автоматичному режимі аналізувати результати сканування пошкодженої деталі. В рамках методики модель деформованої деталі, отриману скануванням, пропонується представити у вигляді множини полігональних пластин, які втратили стійкість

Ключові слова: несуча здатність пластин, пластичні деформації, кузов автомобіля, експертиза ДТП.

Vetrogon A. Refinement of the amount of energy absorbed by the body of the vehicle at road accident

The technique for solving inverse problems for finite element models, allows you to automatically analyze the results of the scan of the damaged parts. Deformed parts model, resulting scans are requested to provide as a set of buckled polygonal plates

Keywords: bearing capacity of plates, plastic deformation, the car body, the examination of the accident.