

*Д.В. ЮРЬЕВ*, студент НТУ «ХПИ»

## **АНАЛИЗ СИСТЕМ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ БОКОВОМ УДАРЕ АВТОМОБИЛЯ МАЛОГО КЛАССА**

В статье рассмотрена и проанализирована методика оценки систем пассивной безопасности автомобиля малого класса.

У статті розглянута та проаналізована методика оцінки систем пасивної безпеки автомобіля малого класу.

In paper the technique of an estimation of systems of passive safety of the car of the small class-room is observed and analysed.

Прогрессирующий рост требований к безопасности конструкции автомобильной техники требует постоянного совершенствования методов оценки свойств, закладываемых в изделие ещё до появления экспериментальных образцов. Одним из важных свойств автомобиля является его пассивная безопасность, для достоверной оценки которой требуется проведение расчетных и экспериментальных исследований, воспроизводящих при этом разные режимы нагружений несущей конструкции автомобиля. При этом следует отметить, что некоторые из них не только не включены в перечень сертификационных требований, но даже и во внутризаводские правила по оценке безопасности автомобилей. Решение этой проблемы увеличением числа экспериментов невыгодно как производителю, так и потребителю. Снижение остроты этого вопроса может быть обеспечено применением расчетных методов оценки пассивной безопасности автотранспортных средств при их проектировании, доводке и сертификации. Требования к пассивной безопасности легковых автомобилей при боковых столкновения регламентированы ОСТ 37.001.438-86 и ГОСТ Р 41.95-99 (Правила ЕЭК ООН № 95). При испытании автомобилей по EURONCAP используются более жёсткие требования по критериям травмирования манекенов. При этом преследуется несколько иная цель – дать наглядное представление потребителю о пассивной безопасности предлагаемого продукта. Так, EuroNCAP Pole Protocol имитирует аварийную ситуацию бокового столкновения легкового автомобиля с единичным препятствием (столбом или деревом).

В настоящее время существуют методы оценки безопасности кузовных конструкций: расчетный, экспериментальный и расчетно-экспериментальный. Экспериментальный и расчетно-экспериментальный метод предполагают наличие, как минимум, одного образца автомобиля. Расчетный метод позволяет оценить безопасность конструкции еще на

начальной стадии её проектирования. В последнее время роль расчетных методов заметно возросла, т. к. они применимы как на стадии разработки кузова, так и на стадии его доводки. В работе [1] рассматриваются четыре метода расчетной: оценки безопасности кузовов и кабин: инженерный метод расчета, упругий расчет, метод последовательных приближений, нелинейным расчет в статике и динамике на основе метода конечных элементов (МКЭ). МКЭ в нелинейной постановке является наиболее совершенным из всех. Современные программные комплексы на его основе позволяют решать достаточно широкий класс задач, связанных с оценкой пассивной безопасности. На начальных этапах проектирования конструкций при выборе их силовых схем целесообразно использование упрощенных методов при условии получения результатов в пределах необходимой точности. При этом отдается предпочтение использованию упрощенных балочных моделей. С целью получения результатов большей достоверности для тех же балочных моделей могут быть использованы как известные программные комплексы на основе МКЭ, так и специально разработанные под решение конкретной задачи. К ним относятся разработанные авторами алгоритм и программа динамических расчетов балочных конструкций. В основе программного продукта лежит МКЭ в нелинейной постановке. Вместе с известным подходом при расчете конструкций по предельному состоянию этот алгоритм учитывает действие всех внутренних силовых факторов (осевой силы, изгибающих моментов, крутящего момента и поперечных сил), обеспечивающих образование пластического шарнира. Разработанная программа позволяет использовать результаты экспериментальных исследований для определения 205 параметров изменения геометрических характеристик сечений при больших пластических деформациях, что дает возможность говорить о получении уточненных результатов в сравнении с существующими упрощенными методами.

В данной работе, для примера, рассматривается черный кузов легкового автомобиля малого класса. Расчеты проводились с использованием пакета LS-DYNA и разработанной программы. На рис. 1 представлена подробная конечно-элементная модель кузова, имеющая шаг сетки от 5 мм до 10 мм. В модели используются полноинтегрируемые оболочечные элементы. Общее число узлов модели составляет 339620, элементов – 326001. Сварные соединения моделировались при помощи жестких элементов. В модели для всех элементов принят материал с характеристиками низкоуглеродистой кузовной стали. На рис.2 приведена зависимость истинного напряжения течения от эффективной пластической деформации.

В примере рассмотрено действие нагрузки на центральную стойку, которая воспроизводит одну из составляющих сил, возникающих при

боковом столкновении. Нагружение осуществлялось перемещением площадки (жесткой стенки) в пределах 310 мм. На рис. 1 цифрами обозначены номера закрепленных степеней свободы во внешних опорах модели: 1,2,3 – соответствуют ограничению поступательных перемещений в направлении осей X, Y, Z глобальной системы координат соответственно. Между всеми элементами модели задано контактное взаимодействие с заданным коэффициентом трения.

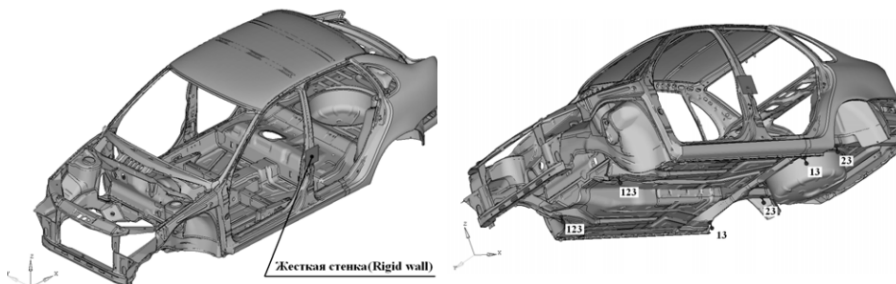


Рисунок 1 – Подробная конечно-элементная модель кузова легкового автомобиля малого класса с условиями нагружения и закрепления

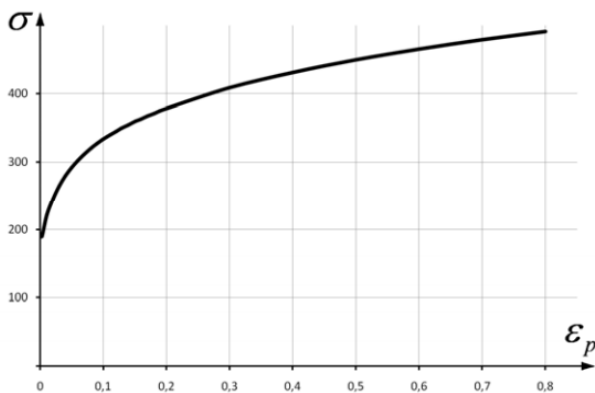


Рисунок 2 - Кривая упрочнения

Для проведения анализа результатов сравнительной оценки разных моделей была сформирована упрощенная балочная модель, показанная на рис.3. Модель имеет 427 узлов и 440 элементов.

Нагружение балочной модели осуществлялось сосредоточенным усилием  $F$  в направлении оси  $Y$  (рис. 3). При этом в точке приложения силы совпадали с геометрическим центром жесткой стенки при расчете подробной модели. Время расчета составило 0,3 с. При этом усилие

полагалось пропорциональным времени. При расчете упрощенной модели в пакете LS-DYNA для балочных элементов была выбрана формулировка Бельчико с заданными характеристиками поперечного сечения. Для этих элементов принят упруго-пластический материал. Условие начала пластичности было выбрано из источника [2]. Упрощенная модель для расчета в разработанной программе по геометрии, условиям нагружения и закрепления была принята идентичной модели для расчета в пакете LS-DYNA. Дополнительными параметрами при определении свойств балочных элементов являлись пластические моменты сопротивления сечений [1].

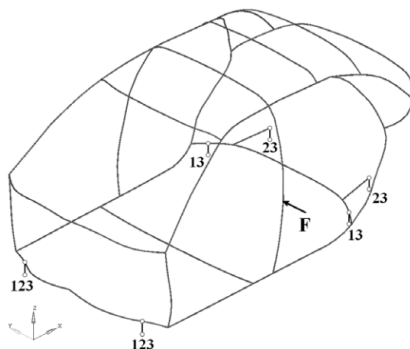


Рисунок 3 – Упрощенная (балочная) модель салона кузова легкового автомобиля с условиями нагружения и закрепления

По результатам расчета подробной модели построен график зависимости нормальной реакции жесткой стенки от ее перемещения. Для упрощенных моделей рассматриваемым выходными параметрами являются графики зависимостей от времени перемещения узлов с приложенной нагрузкой. При этом по заданной зависимости нагружающего усилия от времени и зависимости перемещения от времени можно построить график зависимости усилия от перемещения. На рис. 4 приведены графики зависимости нагружающего усилия от перемещения, полученные по результатам расчета подробной и упрощенных моделей. Кривая №1 соответствует результатам расчета подробной конечно-элементной модели, кривая №2 – результатам расчета упрощенной модели в пакете LS-DYNA, кривая №3 – результатам расчета в разработанной программе. Отклонение результатов расчета по усилию, соответствующему начальной потере несущей способности салона кузова легкового автомобиля, при сравнении значений подробной и упрощенных моделей составляет 111 % и 13% для расчетов в LS-DYNA и в разработанной программе.

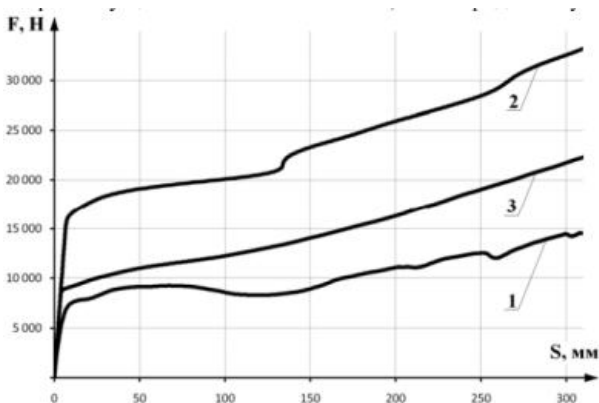


Рисунок 4 – Графики зависимостей нагружающего усилия от перемещения:

- 1 – результаты расчета подробной конечно-элементной модели;
- 2 – результаты расчета упрощенной модели в пакете LS-DYNA;
- 3 – результаты расчета в разработанной программе.

Из графиков на рис. 4 видно, что полученная при помощи разработанной программы кривая зависимости усилия от перемещения лучше приближается к кривой, построенной по результатам расчета подробной модели. Поэтому применение упрощенных балочных моделей на начальных этапах проектирования при выборе силовых схем кузовных конструкций является правомерным и обоснованным. Таким образом, использование условия пластичности по формуле из источника [1] позволяет точнее определять несущую способность салона кузова легкового автомобиля в условиях действия боковой аварийной нагрузки.

**Список литературы:** 1. Орлов Л.Н. Пассивная безопасность и прочность кузовов, кабин, автотранспортных средств. Методы расчета и оценки: учеб. пособ. / Л.Н. Орлов // НГТУ. – Н. Новгород, 2005 г. 2. John O. Hallquist LS-DYNA THEORY MANUAL, 2006

*Поступила в редколлегию 04.04.2012*