

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРОНТАЛЬНОГО СТОЛКНОВЕНИЯ
КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С ЧАСТИЧНЫМ
ПЕРЕКРЫТИЕМ**

Г.В. Мусаелян, В.Г. Мусаелян

Национальный политехнический университет Армении

Методом конечных элементов разработана расчетная модель процесса фронтального столкновения кузова легкового автомобиля с частичным перекрытием. Исследован высоконелинейный процесс деформирования кузова при фронтальном столкновении с 40% частичным перекрытием с заданной начальной скоростью. Определены деформированный вид кузова, распределение напряжений и деформаций, изменение заданной кинетической энергии кузова, величины компонентов реакции неподвижного препятствия, изменение величин компонентов среднего значения скоростей точек кузова. С изменением геометрических параметров и типов используемых материалов рассмотрены различные варианты конструкций, два из которых представлены в приведенной статье.

Ключевые слова: кузов легкового автомобиля, метод конечных элементов, нелинейное деформирование, расчетная модель, фронтальное столкновение.

Введение. Конструктивная безопасность кузова легковых автомобилей обеспечивает при столкновении защитные условия для пассажиров и водителя [1]. Для обеспечения вышеупомянутых требований важную роль играет применение материала с высокими механическими свойствами для каркаса кузова. С целью оптимизации механических свойств кузова, а также массы автомобиля составные части могут быть различных толщин. Вышеуказанные меры облегчают конструкции, повышают их прочность, а также дают возможность повысить безопасность пассажиров при дорожно-транспортных происшествиях [2].

Актуальность проблемы повышения пассивной безопасности легковых автомобилей требует применения современных методов оценки конструкций. Относительно пассивной безопасности автомобилей действует ряд стандартов, основными из которых являются правила ЕЭК ООН, а также Euro NCAP.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка расчетной модели процесса фронтального столкновения легкового автомобиля с

частичным перекрытием с применением метода конечных элементов, что дает возможность исследовать процесс деформирования кузова, определить распределения напряжений и деформаций, оценить распределения составных частей энергии и действующих нагрузок при ударе.

Необходимость получения легкой и безопасной конструкции кузова с заданной прочностью и жесткостью требует применения современных методов их расчета.

Методы исследования. В настоящее время широкое применение получили программные пакеты, разработанные на основе расчетного метода конечных элементов, в том числе и программный пакет ANSYS/LS_DYNA [3], который использован в представленной работе.

Для разработки расчетной модели использованы размеры легкового автомобиля модели Volkswagen Polo 2010. Начальная скорость фронтального столкновения с 40% перекрытием принята 64 км/час [4].

1. На рис. 1 показана схема конструкции кузова автомобиля, изготовленного из одной марки стали. Модуль Юнга равен 21000 МПа, коэффициент Пуассона – 0,3, плотность материала – 7850 кг/м³, предел текучести – 230 МПа. На схеме кузовов автомобиля (рис. 1) конструкции [5] представлен с помощью плоскостей. При этом учтены их размеры, толщины, а также особенности соединения конструктивных элементов кузова.

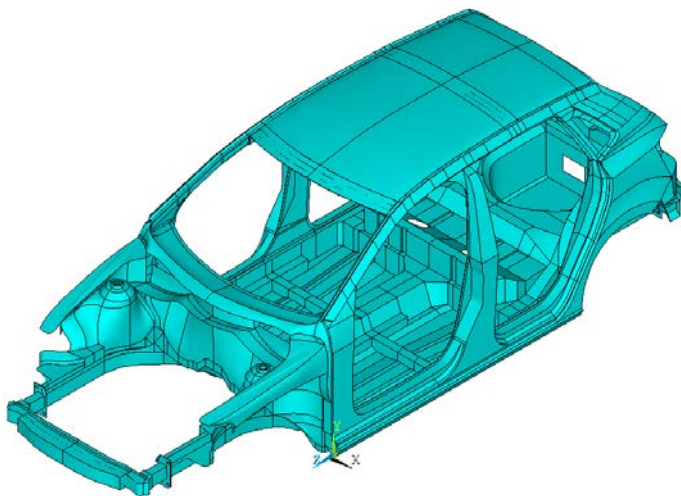


Рис. 1. Схема кузова легкового автомобиля, изготовленного из одной марки стали

На рис. 2 показаны расчетная модель кузова и расположение твердого тела. Структурные элементы кузова легкового автомобиля смоделированы с помощью конечного элемента оболочечного типа “Shell163”, позволяющего учитывать также большие деформации [3].

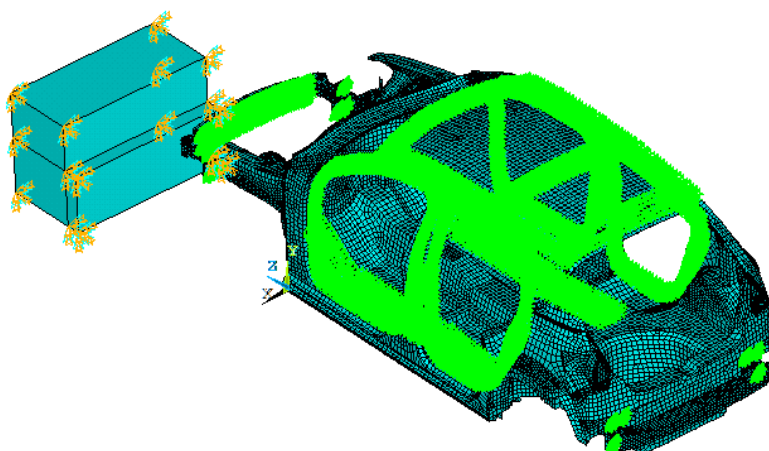


Рис. 2. Расчетная модель лобового столкновения с 40% перекрытием

Процесс нелинейного деформирования материала учитывается с помощью диаграммы (модель Bilinear Kinematic учитывает пластические деформации) деформирования материала [3].

На рис. 3 показаны начальное положение и деформированный вид кузова до и после фронтального столкновения с 40% частичным перекрытием. Максимальное перемещение – 1071 мм. Конструкция кузова имеет малую жесткость. При фронтальном столкновении моторный отсек и передняя панель салона кузова имеют малую жесткость, что недопустимо.

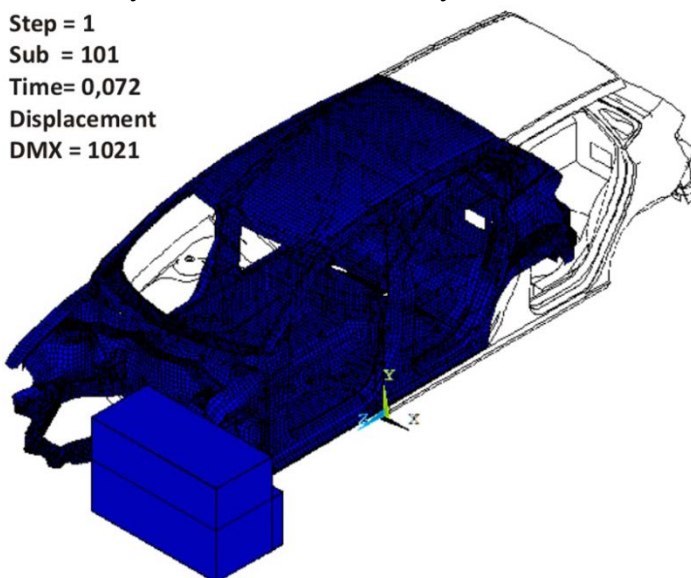


Рис. 3. Вид кузова до и после столкновения (0,072 с)

На рис. 4 показаны деформированный вид кузова автомобиля и распределение $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ напряжений (Мизеса) в конце столкновения [3]. Фронтальное столкновение с 40% частичным перекрытием по результатам расчета длилось 0,072 с. Из распределения фонов видны зоны пластических деформаций.

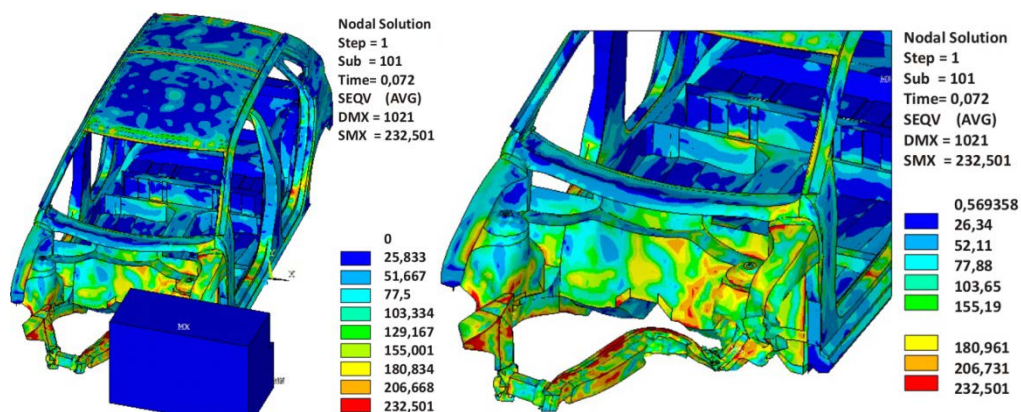


Рис. 4. Распределение эквивалентных $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ напряжений по Мизесу после 0,072 с (в конце столкновения)

2. Схема конструкции кузова легкового автомобиля, показанного на рис. 5, построена в соответствии с размерами кузова легкового автомобиля марки Volkswagen Polo 2010, изготовленного из различных марок сталей, механические характеристики которых представлены в таблице.

Таблица

Механические характеристики материалов

N	Цвет	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона	Плотность материала, кг/м ³	Предел текучести, МПа
1	Синий	21000	0,3	7850	230
2	Красный	21000	0,3	7850	600
3	Фиолетовый	21000	0,3	7850	1000

Конструктивные части кузова изготовлены из оболочек разной (в основном 1 или 2 мм) толщины. Представленный на рис. 5 кузов легкового автомобиля изготовлен из различных марок сталей [5].

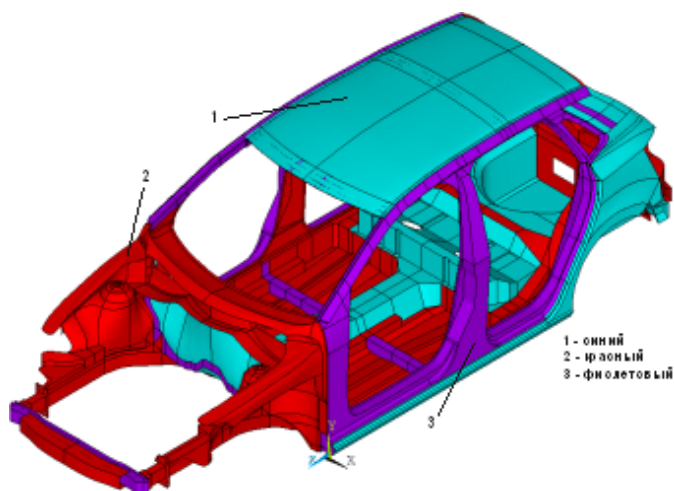


Рис. 5. Схема кузова легкового автомобиля, изготовленного из различных марок сталей

На рис. 6 показаны начальное положение и деформированный вид кузова до и после фронтального столкновения с 40% частичным перекрытием (0,06 с). Максимальное перемещение – 727,782 мм. Конструкция кузова имеет достаточную жесткость: при фронтальном столкновении с 40% перекрытием салон кузова имеет необходимую жесткость, пластически деформируются бампер, энергоаккумулятор и передняя часть лонжерона (рис. 7).

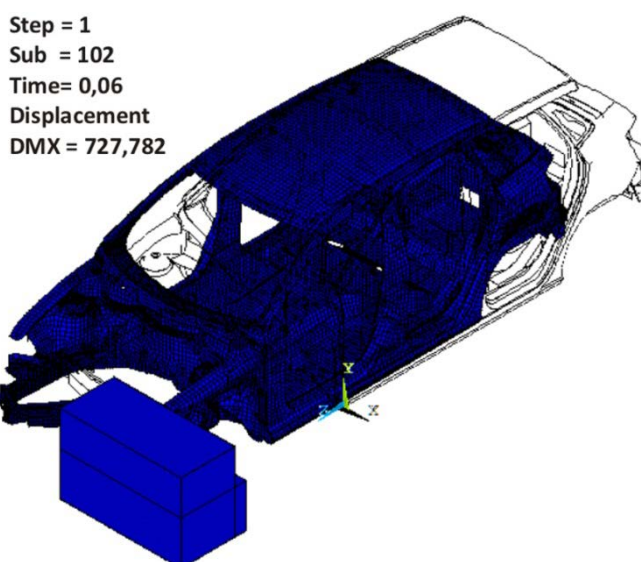


Рис. 6. Вид кузова до и после столкновения (0,06 с)

На рис. 7 показаны деформированный вид кузова автомобиля и распределение $\sigma_{\text{экв}}$ напряжений (Мизеса) в конце столкновения. Фронтальное столкновение с 40% частичным перекрытием длилось 0,06 с.

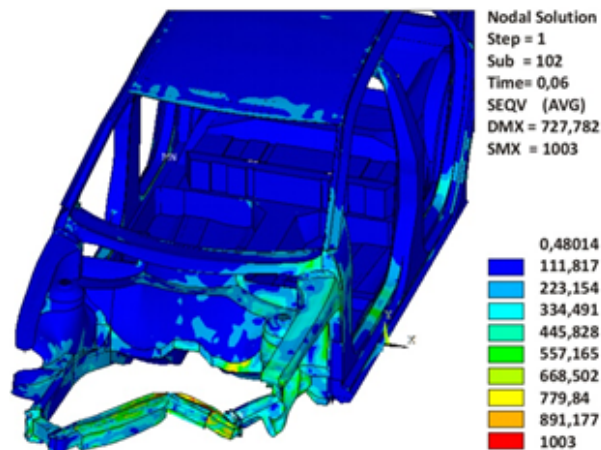


Рис. 7. Распределение эквивалентных $\sigma_{\text{экв}}$ напряжений по Мизесу после 0,06 с

На рис. 8 показаны распределения суммарной и составных энергий при фронтальном столкновении с 40% частичным перекрытием [6]. С помощью линии 4 определяют начальную кинетическую энергию кузова до столкновения. Линия 2 показывает распределение суммарной энергии деформации кузова, линия 3 – кинетическую энергию деформирования кузова, а линия 1 – энергию “Hourglass”, с помощью которой оценивается точность расчета.

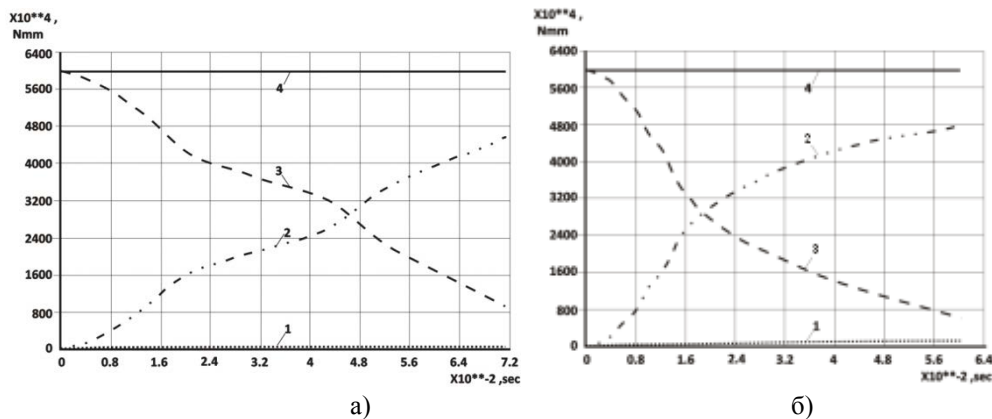


Рис. 8. Распределение энергии (Нмм) для конструкций из одного материала (а), трех материалов (б): 1 – энергия “Hourglass”, 2 – суммарная энергия деформации кузова, 3 – кинетическая энергия деформации кузова, 4 – начальная кинетическая энергия кузова при столкновении

На рис. 9 показаны зависимости компонентов скорости точек кузова от времени столкновения [7].

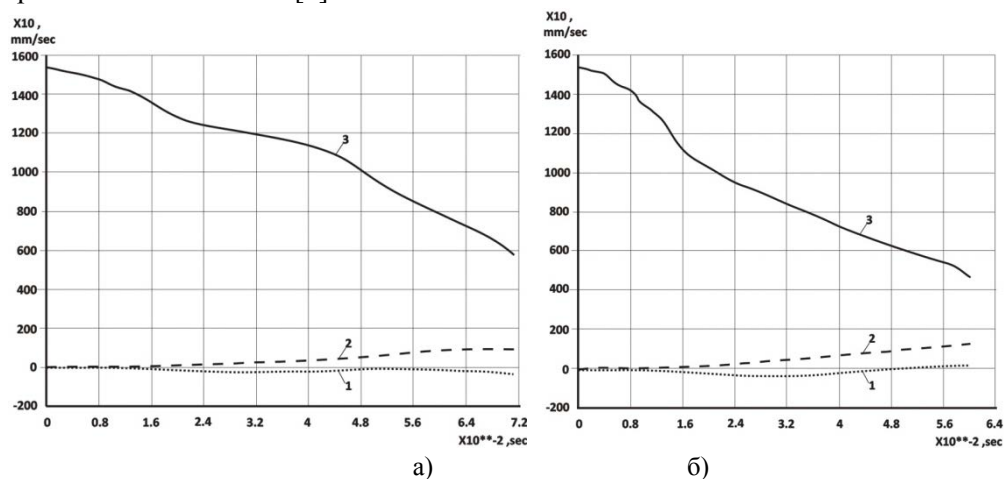


Рис. 9. Зависимости компонентов скорости точек кузова (мм/с) для конструкций из одного материала (а), из трех материалов (б) от времени столкновения:
1 - V_x , 2 - V_y , 3 - V_z

С помощью графиков, показанных на рис. 10, получаем распределения компонентов реакции препятствия, где важную роль играет сила F_z (суммарная нормальная реакция).

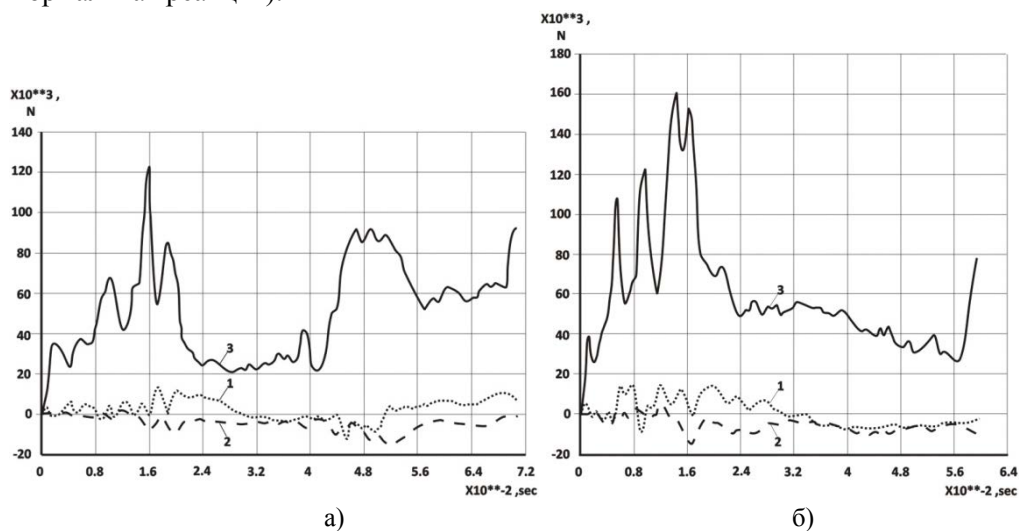


Рис. 10. Зависимости компонентов реакции (суммарная контактная сила препятствия) препятствия (Н) для конструкции из одного материала (а), из трех материалов (б) от времени столкновения: 1 - F_x , 2 - F_y , 3 - F_z

Выводы

1. Разработанная расчетная модель кузова при фронтальном столкновении автомобиля с 40% частичным перекрытием дает возможность исследовать процесс деформирования, определить распределения напряжений и деформаций, выявить максимально искаженные участки кузова, слабые места конструкции.

2. Полученные распределения энергии при фронтальном столкновении автомобиля с 40% частичным перекрытием используют для оценки энергоемкости деформирования конструкции.

3. Определены величины реакции препятствия в процессе фронтального столкновения автомобиля с 40% частичным перекрытием.

Литература

1. Хусаинов А.Ш., Кузьмин Ю.А. Пассивная безопасность автомобиля: Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 89 с.
2. Зузов В.Н., Зузов И.В. Совершенствование конструкции корпуса кузова легкового автомобиля на стадии проектирования для обеспечения требований пассивной безопасности при кософронтальном ударе // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Машиностроение". – М., 2013. – № 1. – С. 60-71.
3. Hallquist J.O. LS-DYNA User's Manual, Livermore Software Technology Corporation. – California, March, 2006. – 498 p.
4. European New Car Assessment Programme (Euro NCAP). Offset Deformable Barrier Frontal Impact Testing Protocol. – Brussels, November, 2015. – 31 p.
5. Мусаелян Г.В., Мусаелян В.Г. Исследование процесса нелинейного деформирования кузова легкового автомобиля при фронтальном столкновении // Взаимодействие вузов и предприятий как основа инновационного развития современной экономики: Сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции (15 марта 2016 г., г. Екатеринбург). – Пермь, 2016. – С. 12-17.
6. Мусаелян Г.В., Мусаелян В.Г. Разработка расчетной модели нелинейного деформирования переднего лонжерона кузова автомобиля при лобовом столкновении // Научно-исследовательские публикации: Материалы научной конференции "Естественно-научные исследования и народное хозяйство, современные технологии и технический прогресс". – Воронеж, 2015.- Т.1, № 9 (29). – С. 39-48.
7. Базикян Н.А., Мусаелян В.Г. Исследование процесса деформирования кузова легкового автомобиля при боковом столкновении // Сб. ст. по материалам LVI Междунар. науч.-практ. конф. "Технические науки – от теории к практике". – Новосибирск: Изд. АНС "СибАК", 2016. – № 3 (51). – С. 98-110.

*Поступила в редакцию 25.04.2016.
Принята к опубликованию 13.05.2016.*

**ՄԱՐԴԱՏԱՐ ԱՎՏՈՄՈԲԻԼԻ ԹԱՓՔԻ ՃԱԿԱՏԱՅԻՆ ԲԱԽՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ ՄԱՍՆԱԿԻ ՎՐԱԾԱԾԿՄԱՄԲ**

Գ.Վ. Մուսայելյան, Վ.Գ. Մուսայելյան

Վերջավոր տարրերի մեթոդով մշակվել է մարդատար ավտոմոբիլի թափքի մասնակի վրաձածկմամբ ճակատային բախման գործընթացի հաշվարկային մոդելը: Հետազոտվել է առաջադրված սկզբնական արագությամբ մարդատար ավտոմոբիլի թափքի 40 % վրաձածկմամբ ճակատային բախման դեպքում բարձր ոչ գծայնությամբ դեֆորմացման գործընթացը: Որոշվել են թափքի դեֆորմացված տեսքը, լարումների և դեֆորմացիաների բաշխումը, թափքի առաջադրված կինետիկ էներգիայի փոփոխությունը, անշարժ արգելքի հակազդման բաղկացուցիչների փոփոխությունը, ավտոմոբիլի թափքի կետերի արագությունների միջինի բաղկացուցիչների փոփոխությունը: Թափքի երկրաչափական պարամետրերի և օգտագործվող նյութերի փոփոխմամբ քննարկվել են կառուցվածքի զանազան տարբերակներ, որոնցից երկուսը ներկայացված են սույն աշխատանքում:

Առանցքային բառեր. մարդատար ավտոմոբիլի թափք, վերջավոր տարրերի մեթոդ, ոչ գծային դեֆորմացում, հաշվարկային մոդել, ճակատային բախում:

**MODELING THE FRONTAL COLLISION PROCESS FOR THE CAR BODY WITH
A PARTIAL OVERLAP**

G.V. Musayelyan, V.G. Musayelyan

By the finite element method a calculation model is developed for the process of the frontal collision with a partial overlap of the car body. The highly non-linear deformation process of the car body at the frontal collision of 40% partial overlap with the set initial velocity is investigated. The deformed view of the body, the distribution of stresses and strains, the change in the proposed kinetic energy of the body, the values of the reaction force components of the static barrier, the change in the component values of the average of the car body points' velocities are determined. By changing the geometric parameters and the types of the applied materials, different versions of structures are considered, two of which are presented in the article introduced.

Keywords: car body, finite element method, non-linear deformation, calculation model, frontal collision.