

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина»

Кафедра теоретической и прикладной механики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БАМПЕРА АВТОМОБИЛЯ

Выполнил: студент гр.2-33М В.А. Зуев

Руководитель: к. т. н., доцент М.А. Ноздрин

Иваново 2021

Актуальность исследования

При проектировании элементов пассивной безопасности, защищающих человека при столкновении, основной задачей является рассеивание кинетической энергии таким образом, чтобы обеспечить минимальное её воздействие на человека.

Актуальность исследований в данной области обусловлена необходимостью разработки конечно-элементной модели, способной смоделировать упругопластическое поведение материалов при воздействии на них статических и динамических нагрузок.

Объект и предмет исследования

- Объектом исследования является напряженно-деформируемое состояние элемента бампера автомобиля.
- Предметом исследования является изучение свойств материала и создание конечно-элементной модели энергопоглощающего элемента бампера под действием динамической нагрузки.

Цель и задачи исследования

- Целью является исследование механических свойств образца из вспененного полипропилена и построение компьютерной модели энергопоглотителя бампера автомобиля с учетом найденных свойств.
- Рассматриваемые задачи:
 - исследование механических характеристик вспененного полипропилена;
 - разработка компьютерной модели бампера автомобиля;
 - сравнение результатов энергопоглощения различных материалов.

Совершенствование энергопоглощающих устройств бампера автомобиля



Рис.1- Автомобили разных этапов развития бампера

Структурные элементы переднего бампера автомобиля

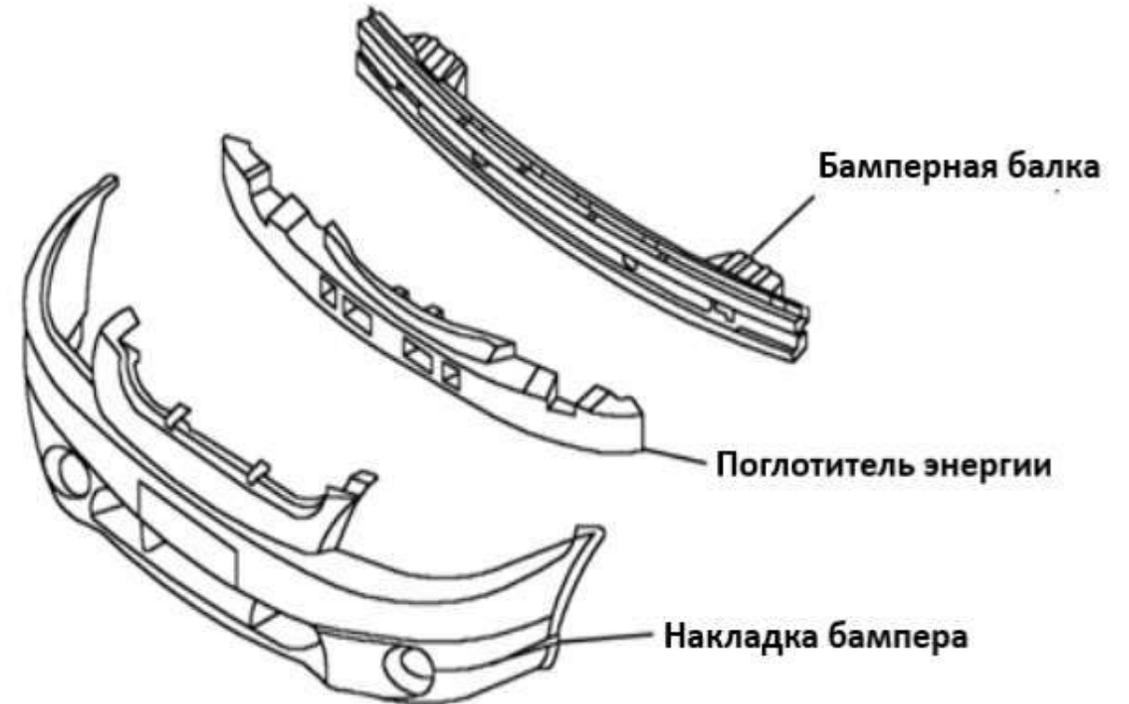


Рис.2- Основные элементы переднего бампера

Структура вспененного полипропилена

Полипропилен



Рис. 3- Гранулы полипропилена

Вспененный полипропилен



Рис. 4 - Гранулы вспененного полипропилена

Проведение испытания на сжатие



Рис. 5 – Энергопоглощающая деталь бампера автомобиля



Рис. 6 – Испытательная машина с образцом

Результат испытания на сжатие

- Материал – вспененный полипропилен;
- Плотность 30 кг/м^3 ;
- Коэффициент Пуассона $0,1$;
- Предел пропорциональности равен $0,1 \text{ МПа}$;
- Модуль упругости при сжатии для вспененного полипропилена составил $E = 3,38 \text{ МПа}$.

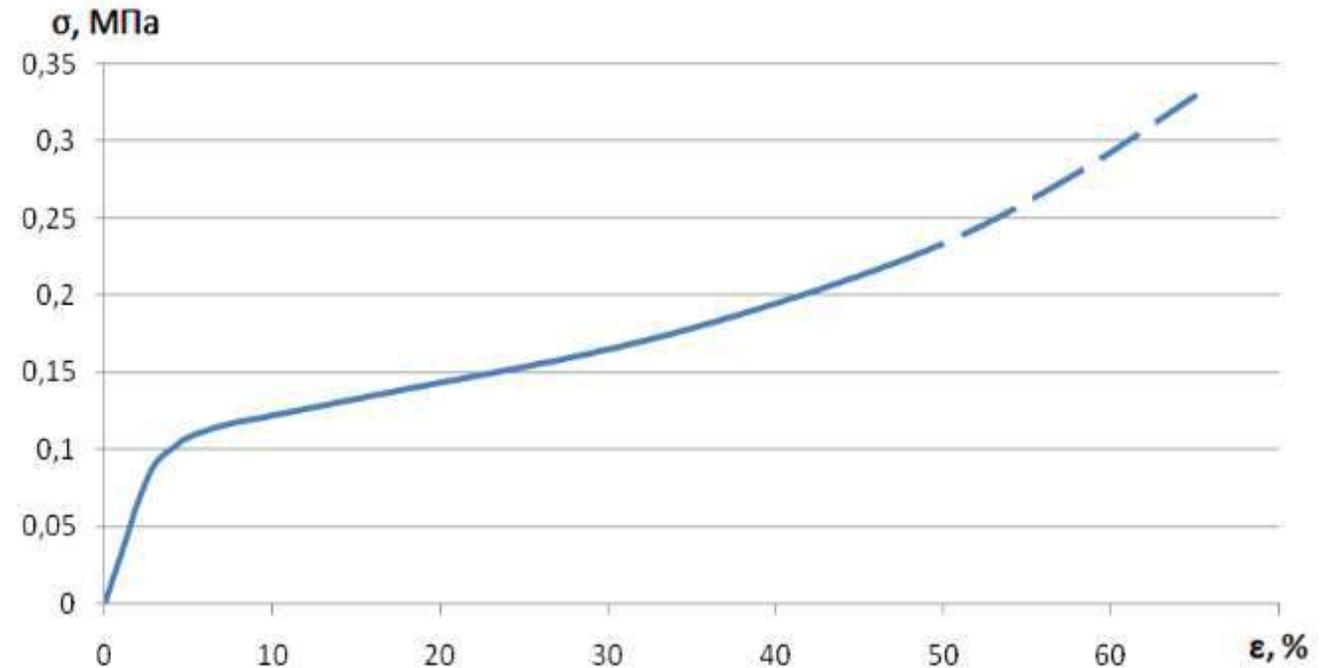


Рис. 7 - Диаграмма сжатия вспененного полипропилена

Расчетная модель энергопоглощающего элемента бампера

Размеры модели 1170×185×143 мм
Материал – вспененный полипропилен.

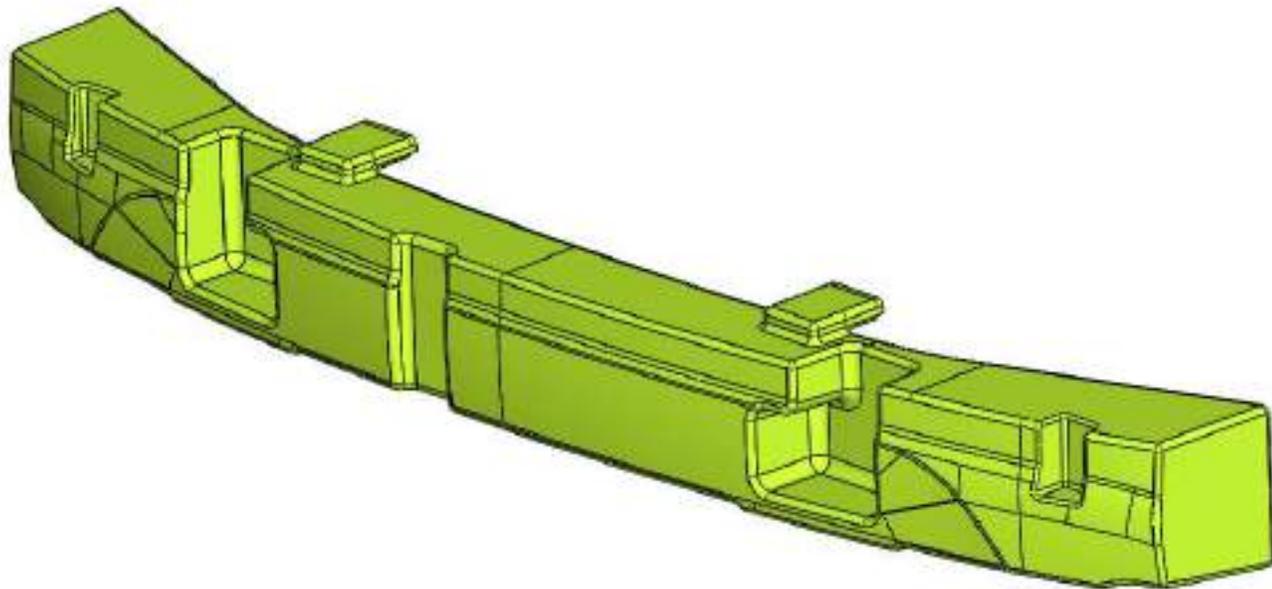


Рис. 8 - Геометрическая 3D модель исследуемого элемента бампера

Диаметр ударного элемента 70 мм, высота – 200 мм.
Материал – резина, плотность 1000 кг/м³, модуль упругости 5 МПа.



Рис. 9 - 3D модель ударного элемента

Математическая постановка задачи теории упругости

Уравнения движения:

$$\sigma_{ij,i} + \rho F_j = \rho \ddot{u}_j, \quad i, j = 1, 2, 3$$

где σ_{ij} - тензор напряжений,

ρ - плотность материала,

F_j - массовая сила,

u_j - перемещение.

Геометрические уравнения:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}),$$

где ε_{ij} - тензор деформации.

Задание граничных условий

Скорость ударного элемента 10 м/с;
Материал бампера – вспененный полипропилен;
Материал ударника – резина.

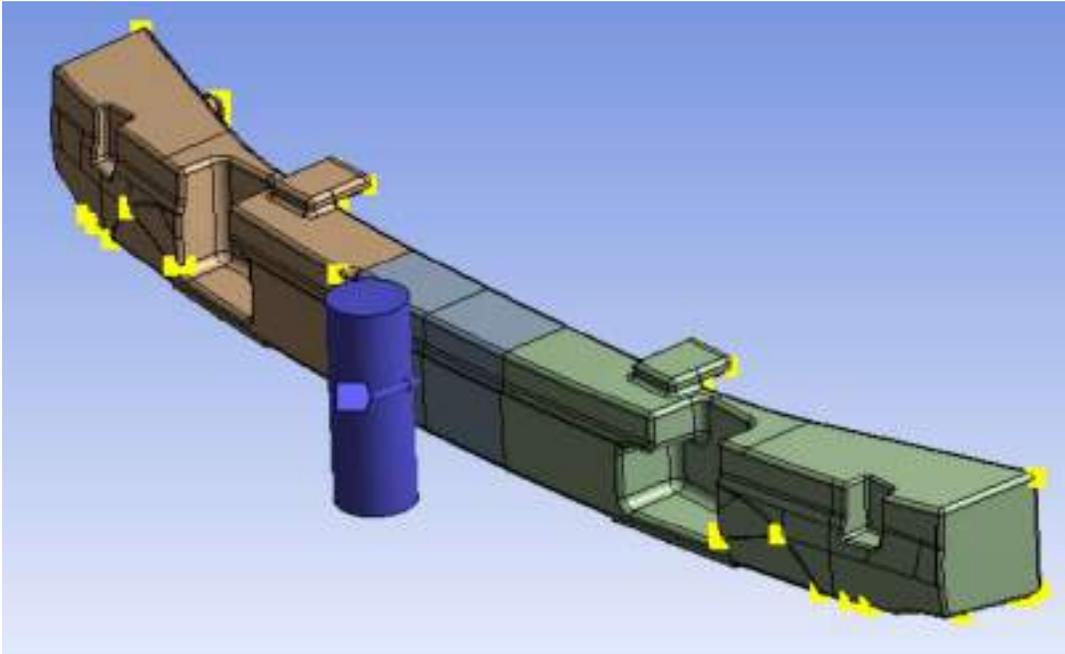


Рис. 10 - Модель бампера с ударником

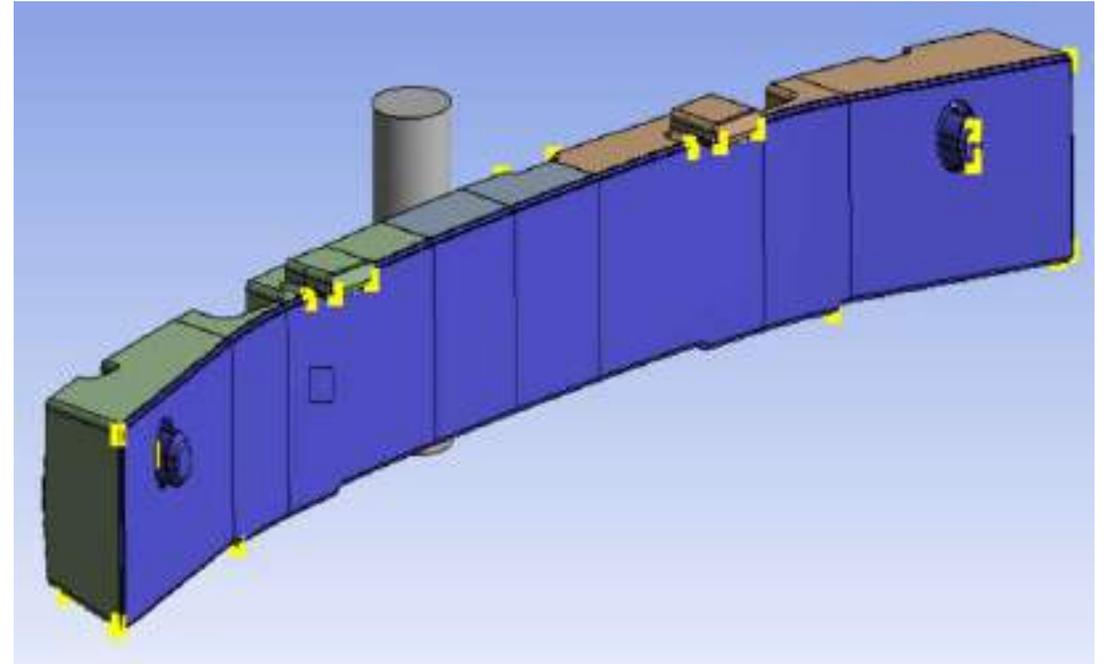


Рис. 11 - Задание ограничений перемещения бампера

Создание конечно-элементной сетки в программном комплексе ANSYS

Общее количество элементов – 149232, количество узлов – 29423.

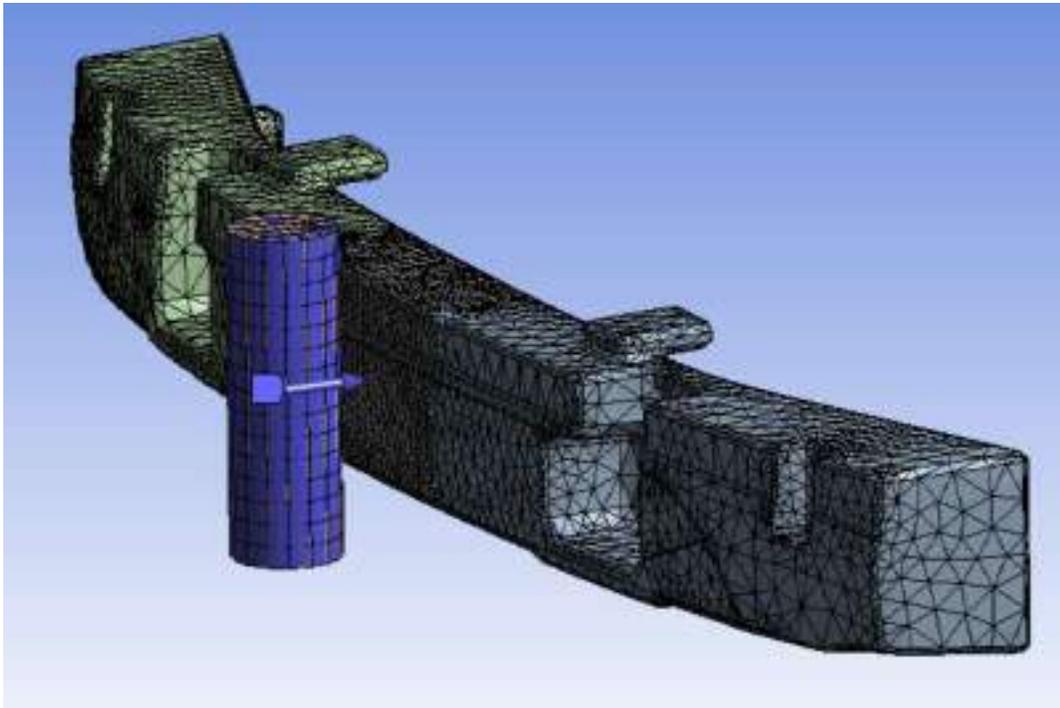


Рис. 12 - Модель бампера с ударником

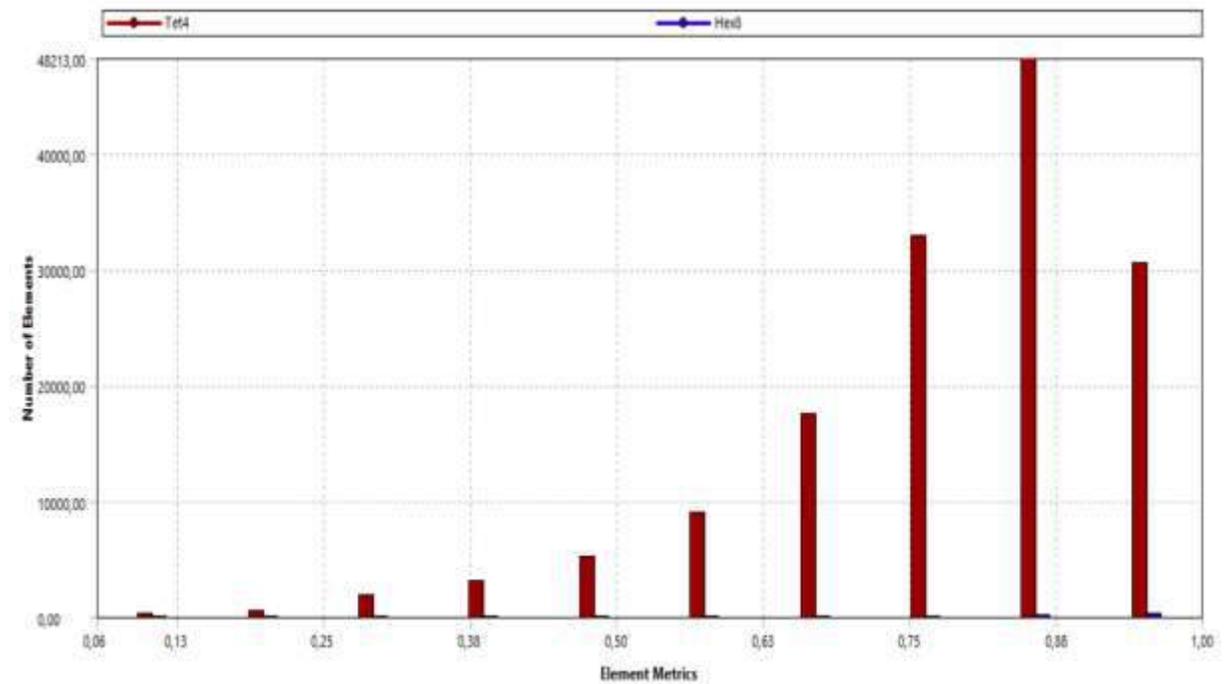


Рис. 13 - График качества элементов сетки

Моделирование динамического удара

Максимальное напряжение в бампере при ударе составило 1,35 МПа.

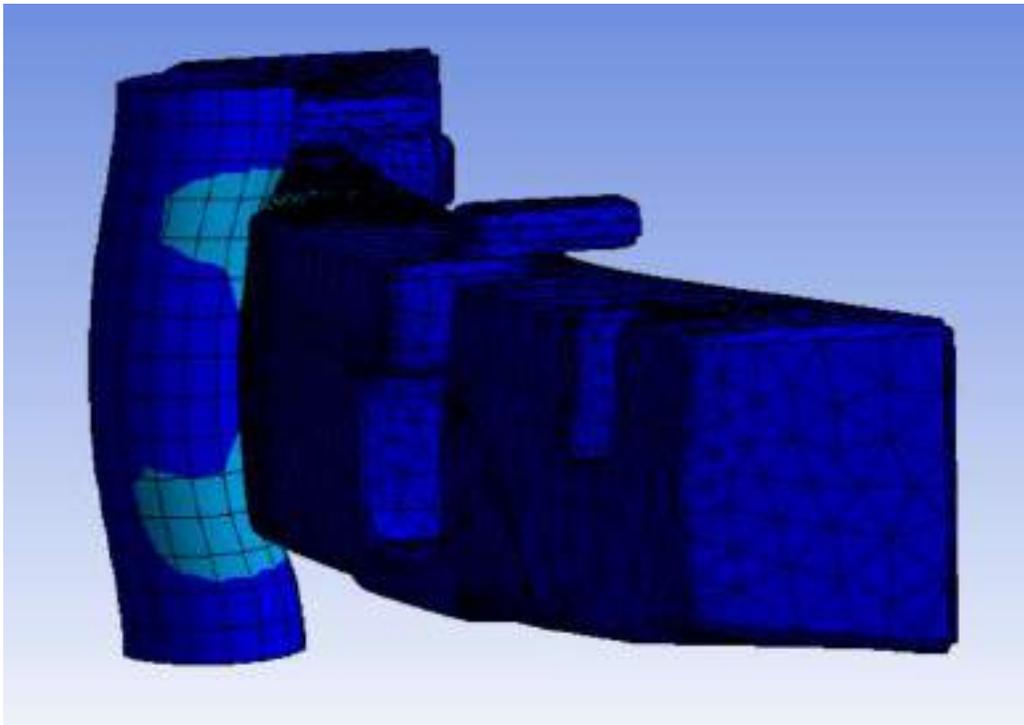


Рис. 14 - Момент удара ударника по бамперу

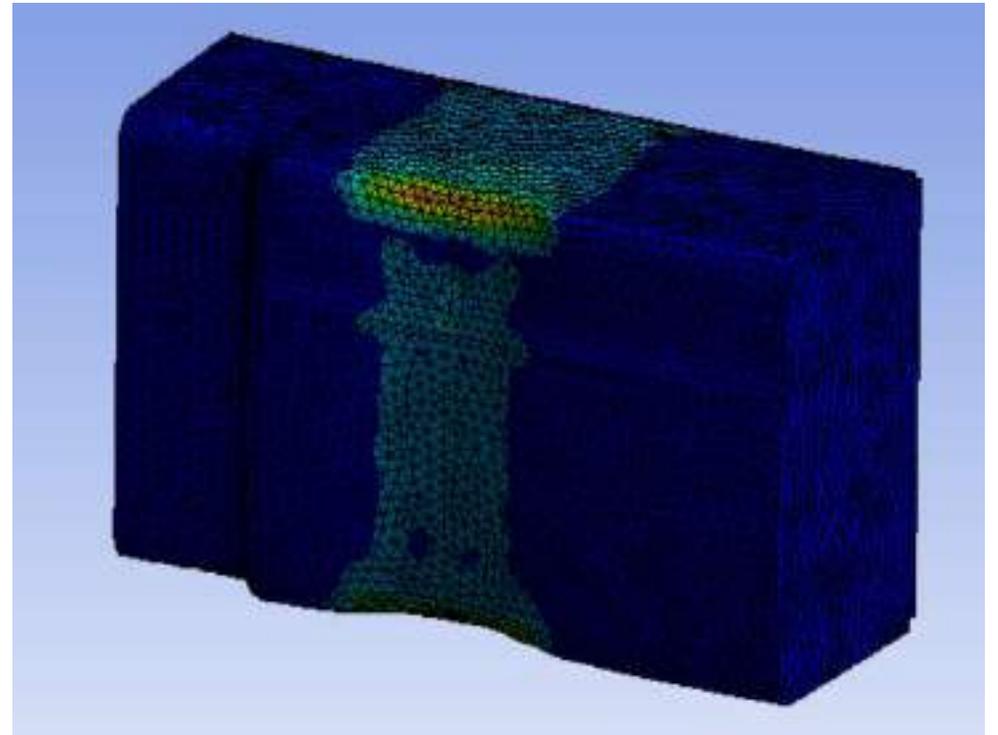


Рис. 15 - Распределение напряжений по участку бампера

Результат изменения напряжения в области удара элемента бампера

При скорости ударника 10 м/с, максимальное напряжение в бампере составило 1,35 МПа. Время расчета принято равным 0,01 с. Удар происходит в момент времени 0,0015 с., а в момент времени 0,0065 с. достигает максимума напряжения.

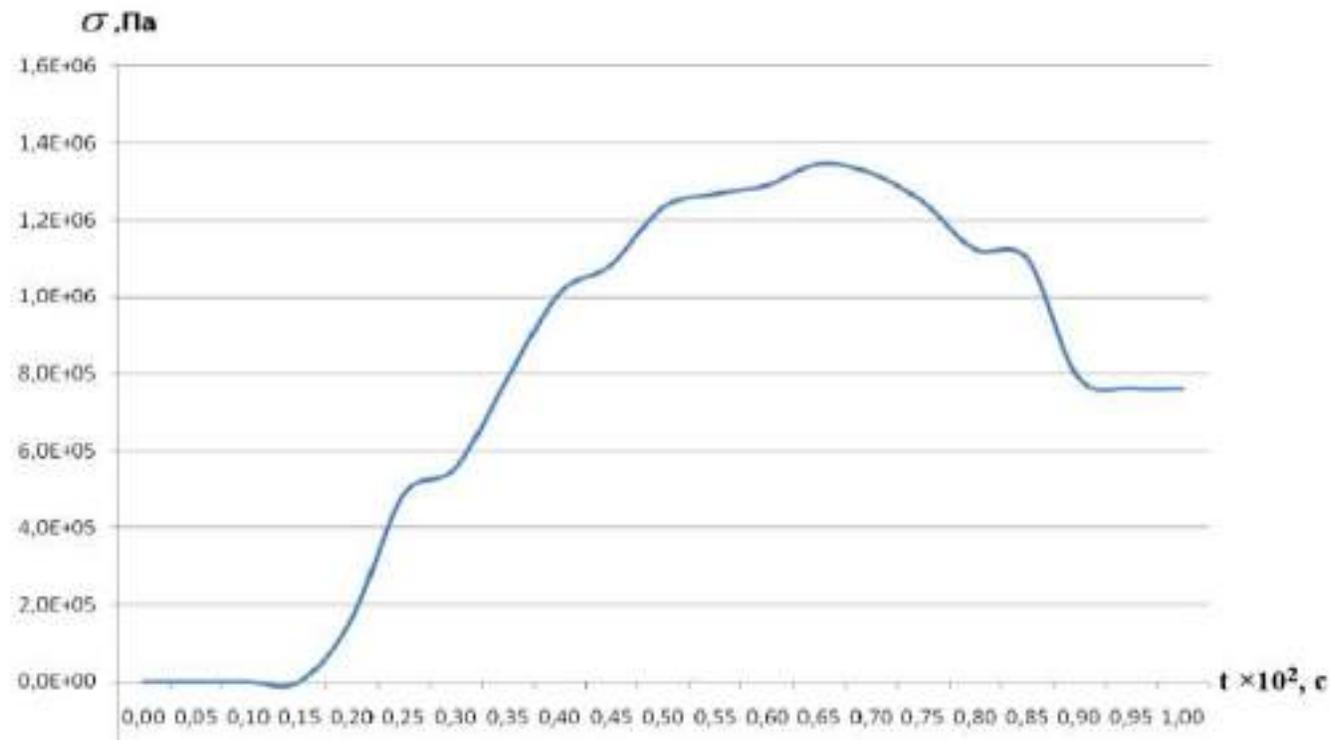


Рис. 16 - График изменения напряжения в элементе бампера

Сравнение результатов изменения напряжения в опасном узле бампера

Изменение напряжения вспененного полипропилена

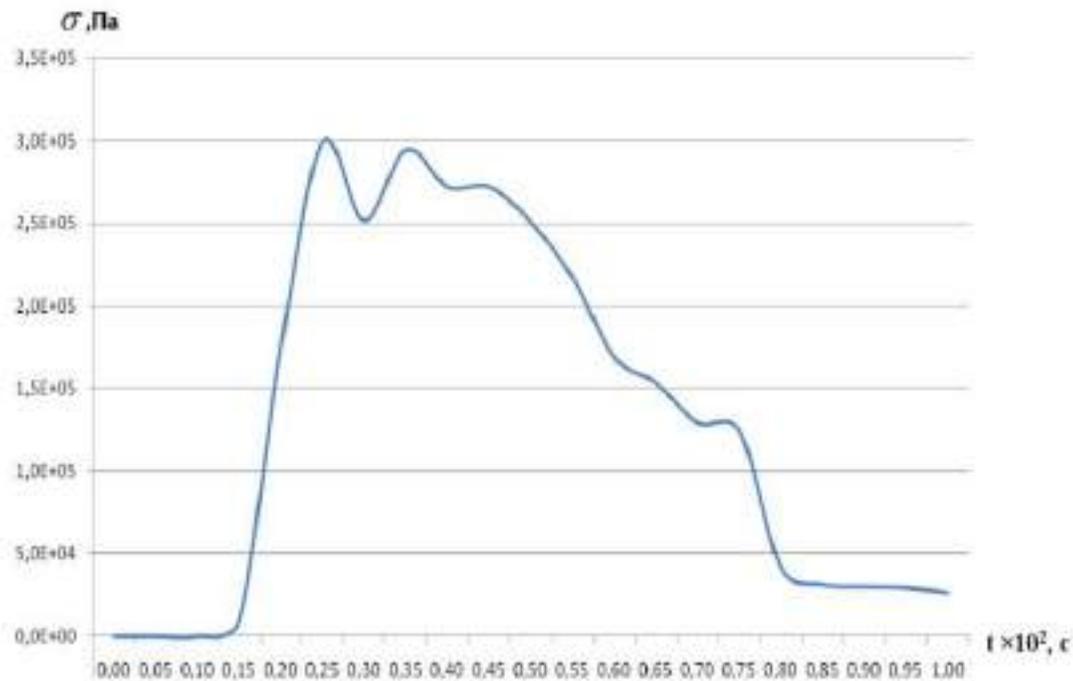


Рис. 17 - График изменения напряжения пенополипропилена в элементе бампера

Изменение напряжения пенополистирола

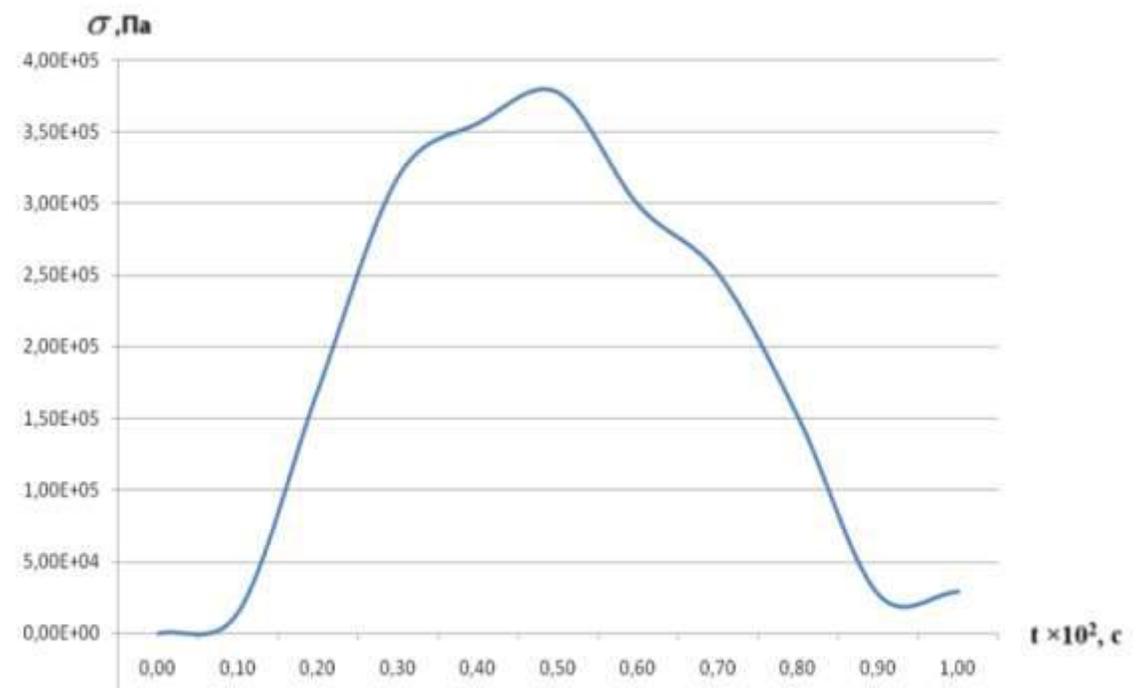


Рис. 18 - График изменения напряжения пенополистирола в элементе бампера

Сравнение результатов поглощения энергии в опасном узле бампера

Максимальное значение поглощенной энергии 1330 Дж/кг.

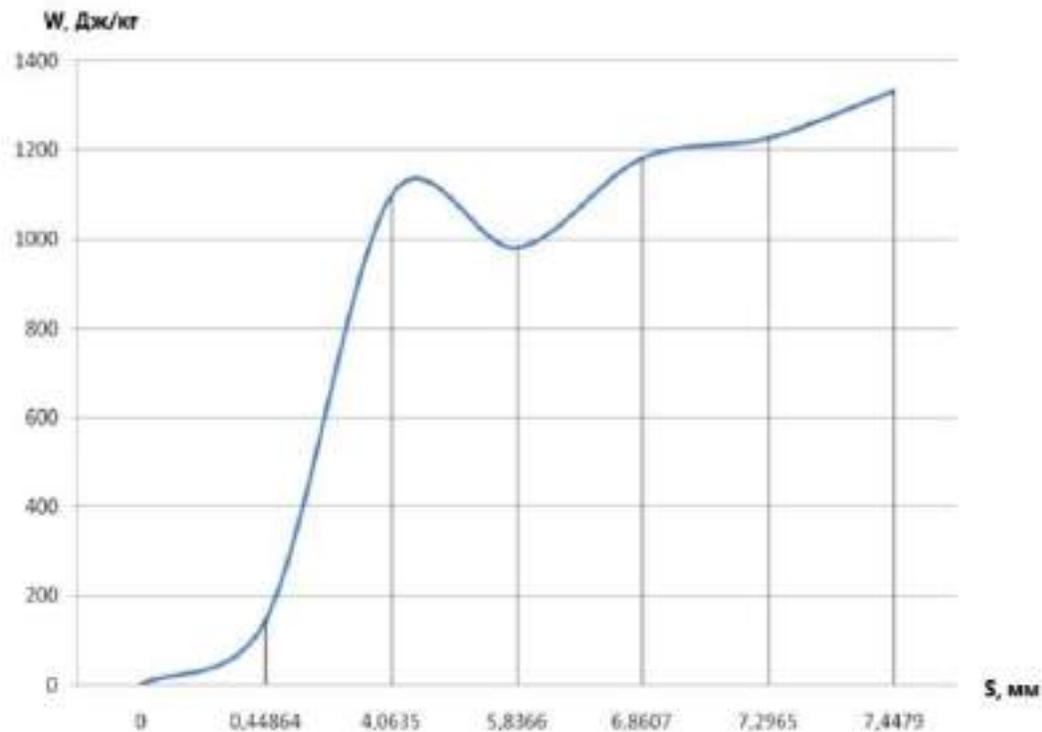


Рис. 19 - График распределения внутренней энергии пенополипропилена

Максимальное значение поглощенной энергии 4730 Дж/кг.

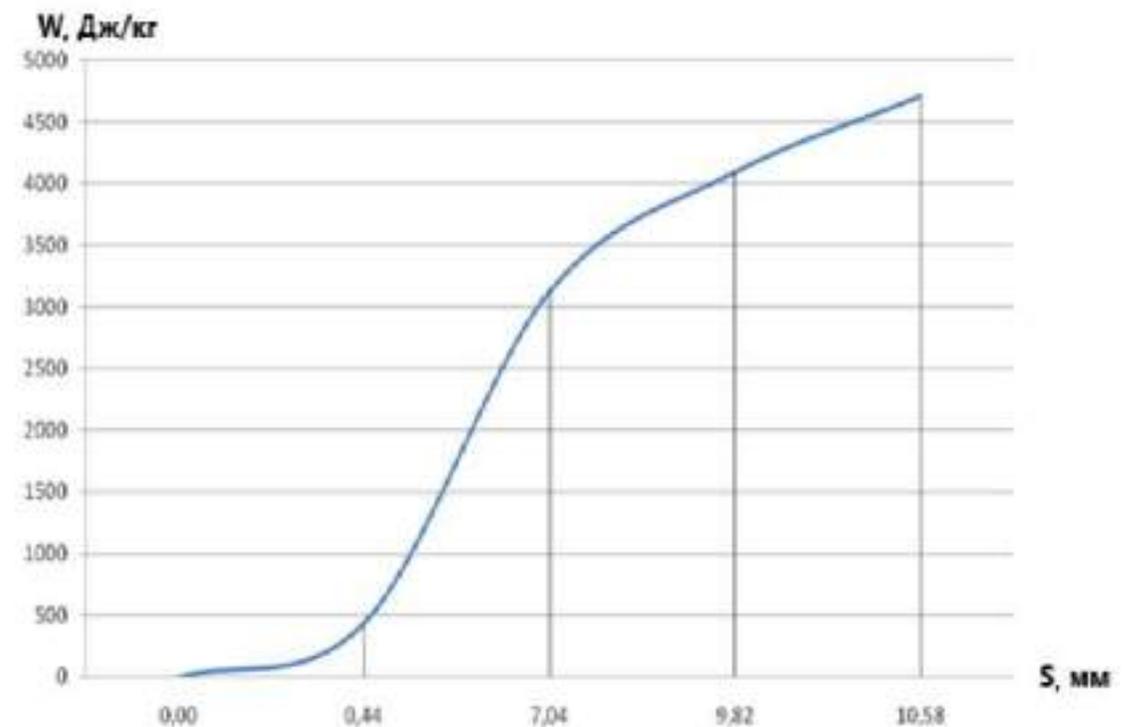


Рис. 20 - График распределения внутренней энергии пенополистирола

Сравнение полученных результатов двух материалов

Таблица 1 – Сравнение физико-механических характеристик материалов

Физико-механические характеристики	Пенополипропилен	Пенополистирол
Плотность, кг/м ³	30	12
Модуль Юнга, МПа	3,36	2,2
Коэффициент Пуассона	0,1	0,1
Максимальное напряжение в узле (при скорости ударника 10 м/с), МПа	0,3	0,38
Максимальная глубина вдавливания, мм	7,45	10,6
Максимальная поглощенная внутренняя энергия, Дж/кг	1330	4730

Выводы по работе

- Изучены и экспериментально найдены механические характеристики вспененного полипропилена;
- Создана конечно-элементная модель энергопоглощающего бампера автомобиля с использованием полученных характеристик исследуемого материала;
- Проведено сравнение двух материалов. Получено, что значение поглощения энергии вспененного полипропилена не превышает значения 4 Дж/кг (норма установлена компанией-производителем автомобилей), а значит удовлетворяет требованиям. Пенополистирол имеет большее значение поглощения энергии, однако из-за существенно меньшей деформационной способности и «мягкости» материала не может быть использован в качестве материала для энергопоглотителей бампера.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина»

Кафедра теоретической и прикладной механики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БАМПЕРА АВТОМОБИЛЯ

Выполнил: студент гр.2-33М В.А. Зуев

Руководитель: к. т. н., доцент М.А. Ноздрин

Иваново 2021