



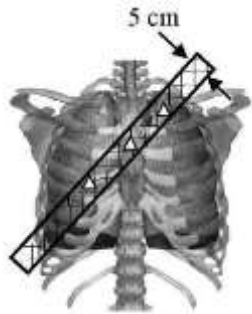
**Разработка и валидация конечно-элементной модели
внутренних органов грудной клетки человека для оценки
механического поведения тела человека.**



**Студент: Ким Р.В.
Группа: 63602/1
Руководитель: Боровков А.И.
Соруководитель: Клявин О.И.**



Содержание



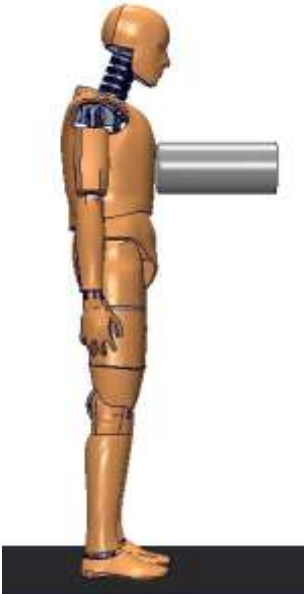
• Введение

• Эксперимент Хаямизу.

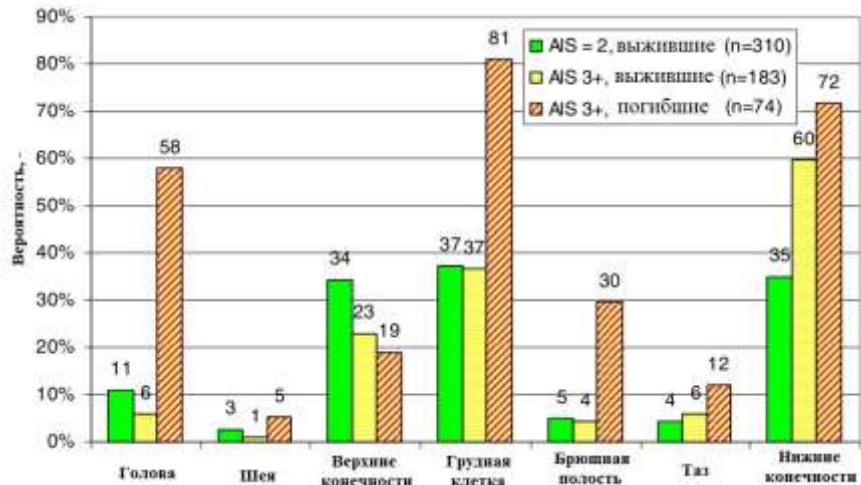
• Тест Кента.

• Тест на передний удар грудной клетки импактором. Разработка критерия травмирования.

• Выводы



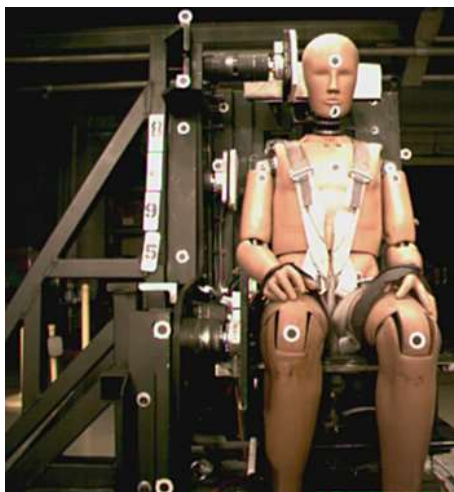
Введение



81% погибших водителей при лобовом столкновении имели травму грудной клетки с рейтингом AIS 3+



Манекен Hybrid III

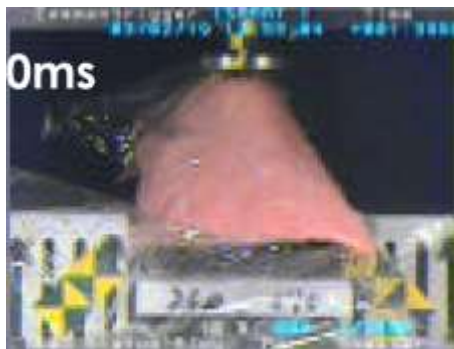


Манекен Hybrid III при проверке ремней безопасности



Манекены THUMS

Эксперимент Хаямизу

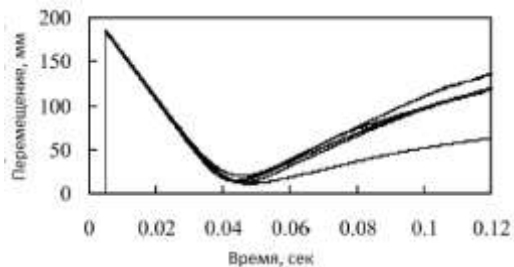


Скорость импактора, $\frac{m}{c}$	Вес импактора, кг
3.5	2.8
4.4	1.7
5.4	1.7
6.1	0.9

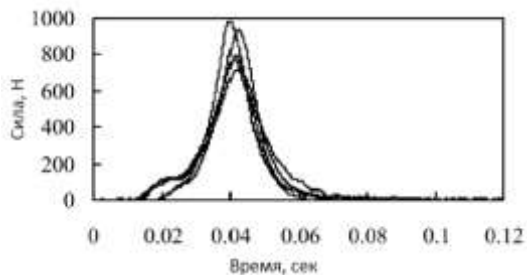


Эксперимент Хаямизу

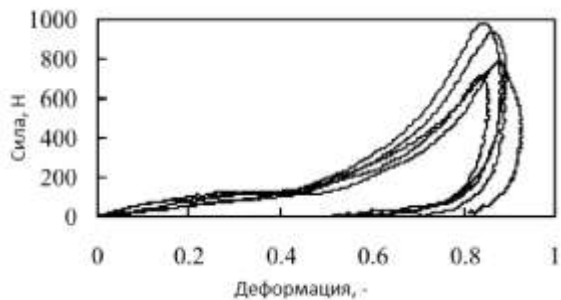
Результаты эксперимента Хаямизу



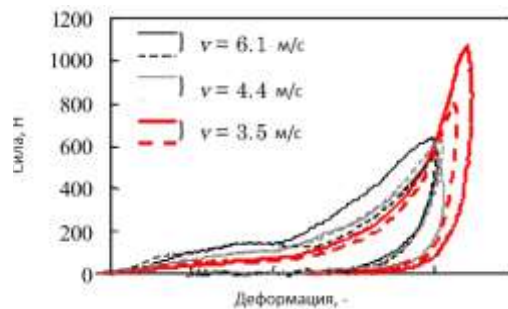
(а) - зависимость перемещения импактора от времени ($V = 5.4$ м/с)



(б) - зависимость силы реакции от времени ($V = 5.4$ м/с)

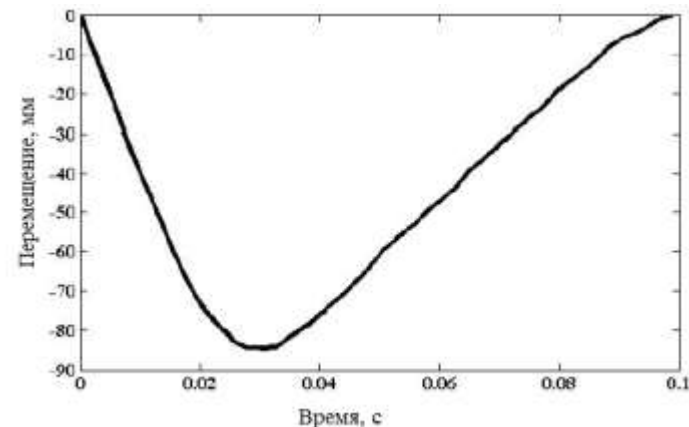


(с) - зависимость силы реакции от деформации ($V = 5.4$ м/с)



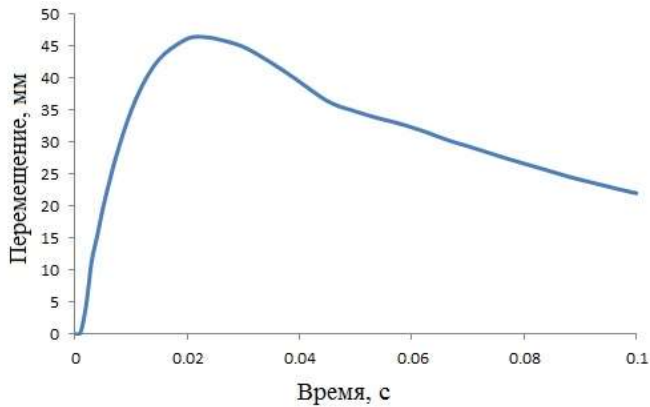
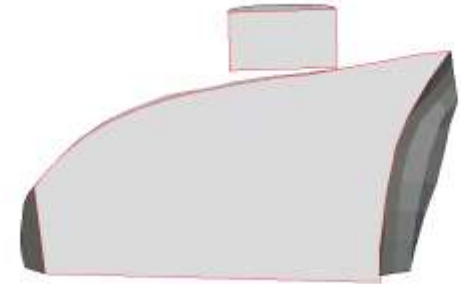
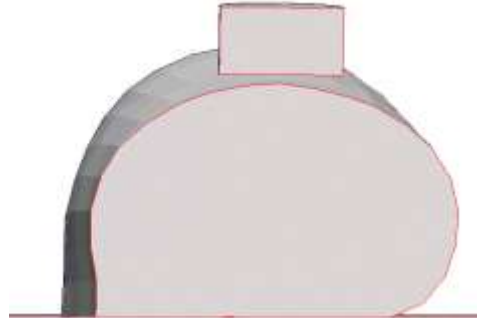
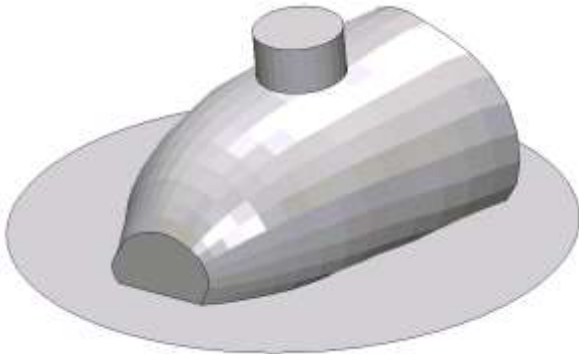
(d) - зависимость силы реакции от деформации для остальных скоростей импактора

График зависимости перемещения импактора от времени для скорости 5.4 м/с адаптируется под отрезок времени взаимодействия импактора и легкого



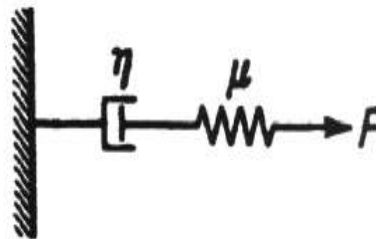
Материал

Перемещение, мм



Зависимость перемещения
импактора от времени ($V = 5.4 \text{ м/с}$)

Реологическая модель материала



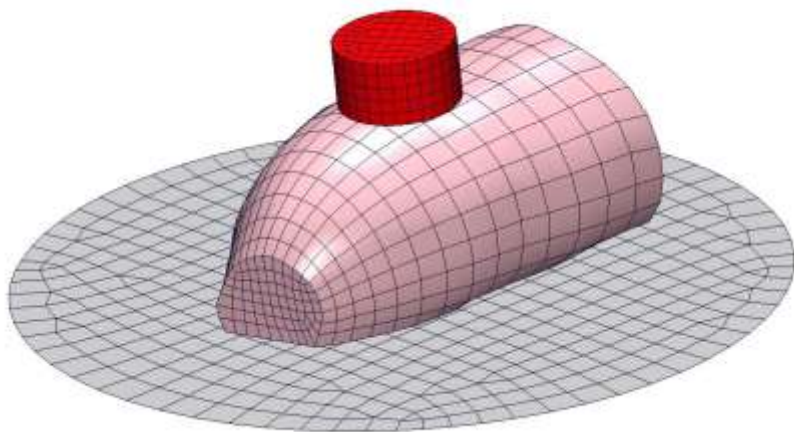
Материал Viscoelastic:

Относится к деформационно-энергетическим моделям. Его можно рассматривать как модель Максвелла, которая состоит из демпфера и пружины последовательно.

$$E = 0.1 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$
$$\rho = 0.917 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$



Конечно - элементная модель



Характеристики КЭ модели:

Масса импактора: 1.7 кг

Высота импактора: 43.08 мм

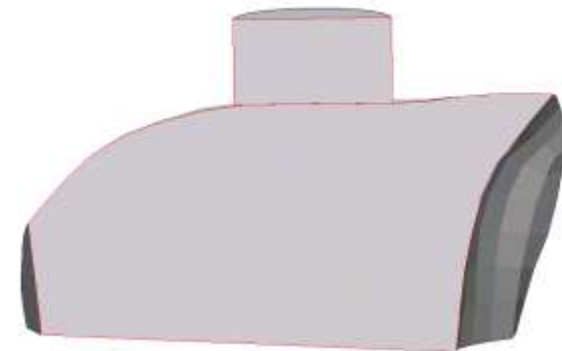
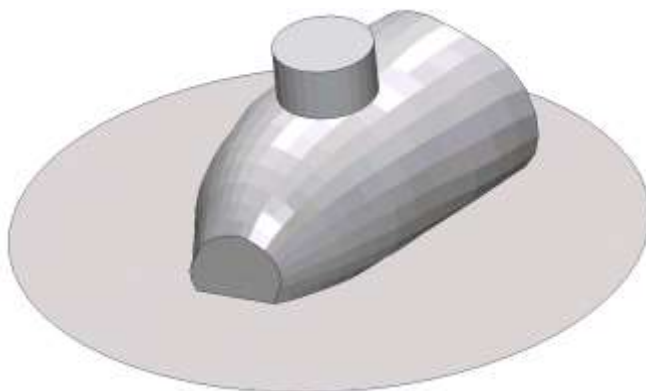
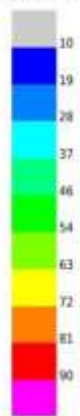
Диаметр импактора: 80 мм

Скорость импактора: 5.4 м/с

Высота легкого: 129 ± 16 мм

Результаты расчета

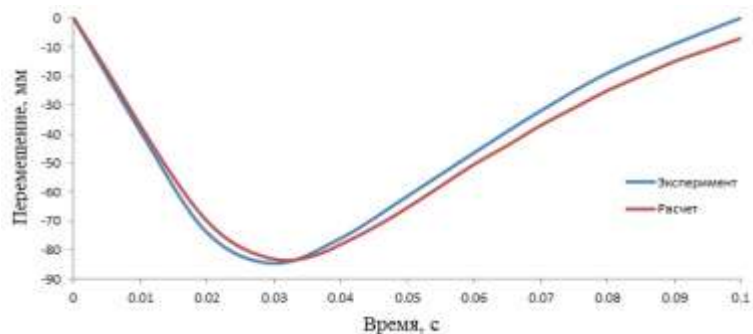
Перемещение, мм



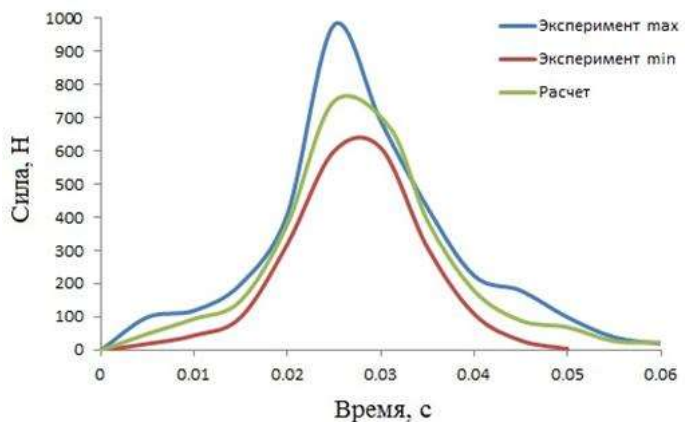


Результаты

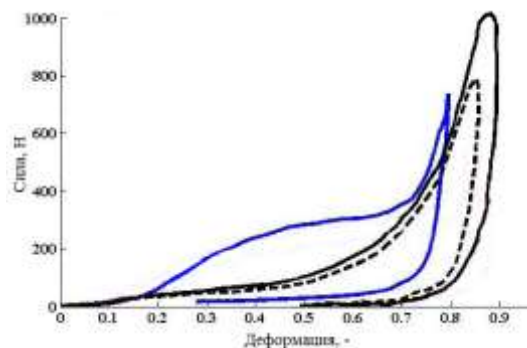
Сравнение результатов



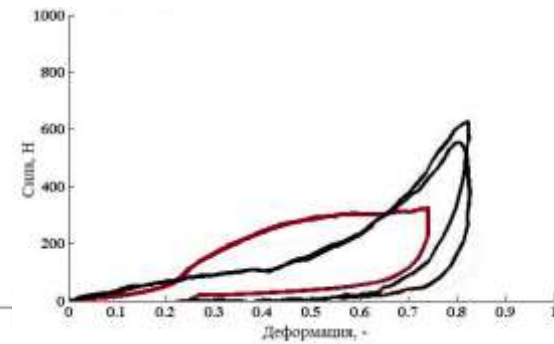
Зависимость перемещения
импактора от времени ($V = 5.4 \text{ м/с}$)



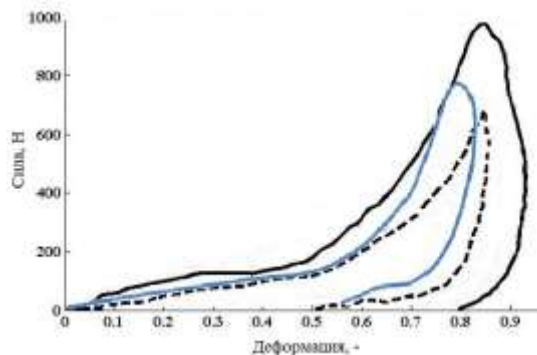
Зависимость силы реакции от
времени ($V = 5.4 \text{ м/с}$)



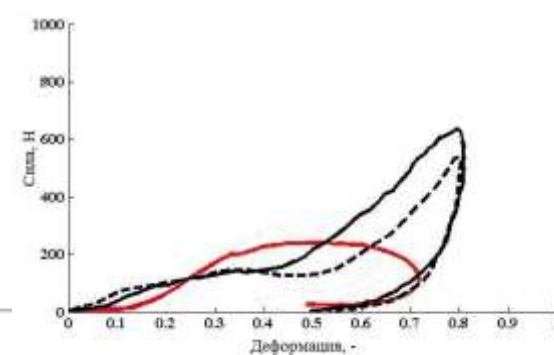
(a) – 3.5 м/с



(b) – 4.4 м/с



(c) – 5.4 м/с



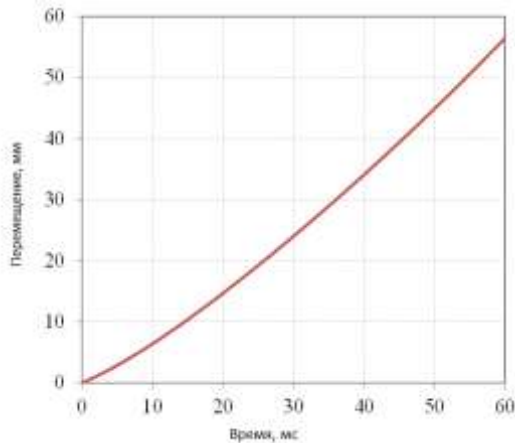
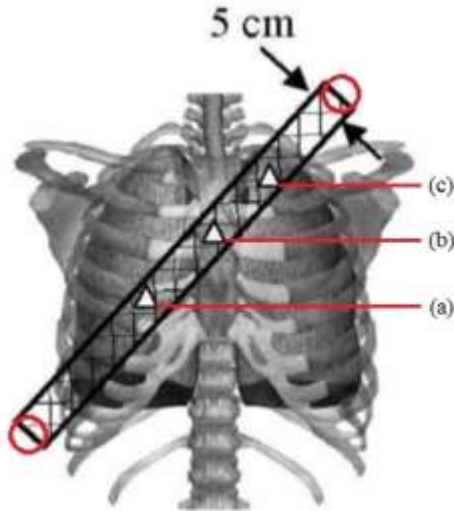
(d) – 6.1 м/с

Зависимость силы реакции от
деформации для разных скоростей
импактора



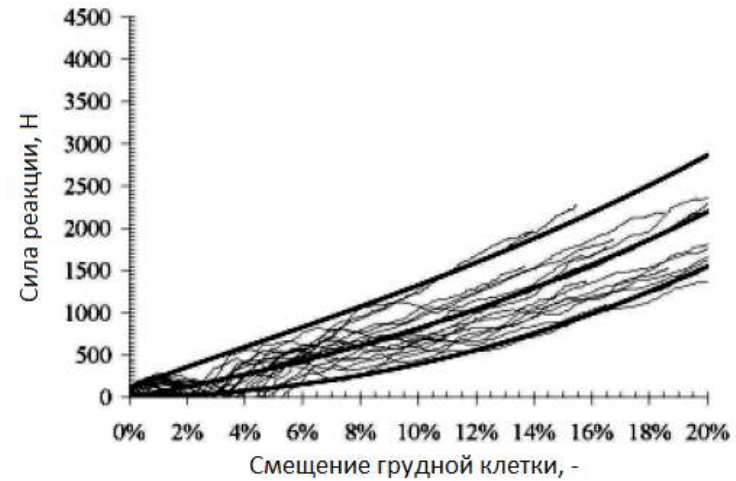
Тест Кента

Постановка задачи



Зависимость перемещения концов ремня от времени

Результат эксперимента

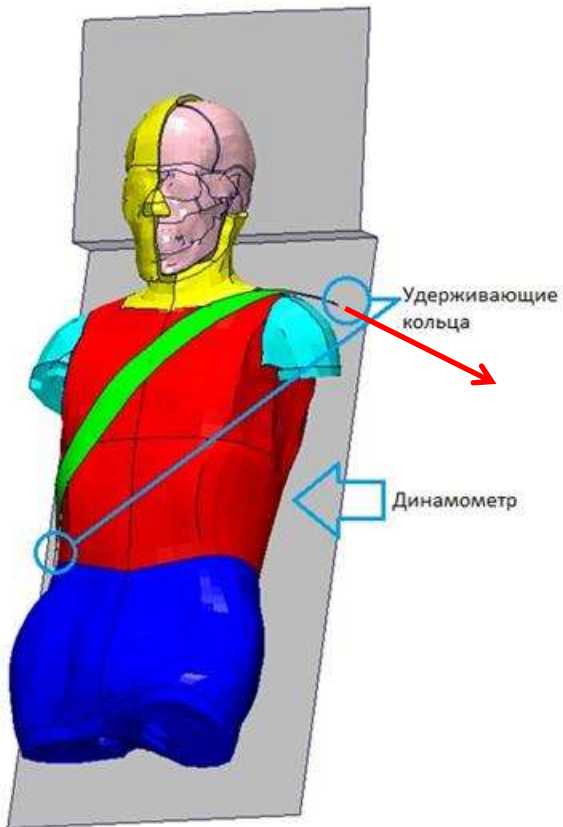


Зависимость силы реакции от смещения грудной клетки

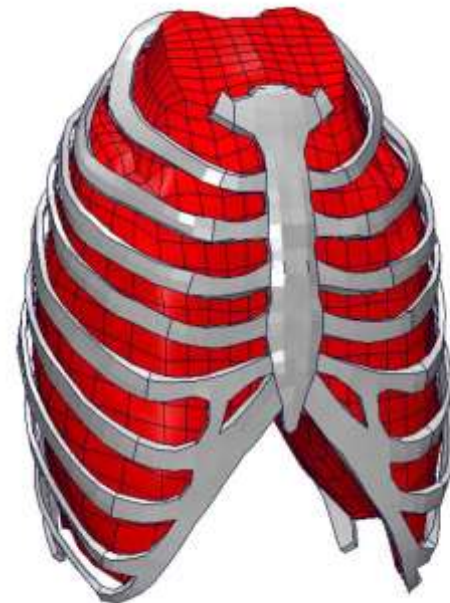
Обозначение точки	Перемещение, мм
a	35
b	30
c	20

Конечно - элементная модель

КЭ модель, используемая в расчете

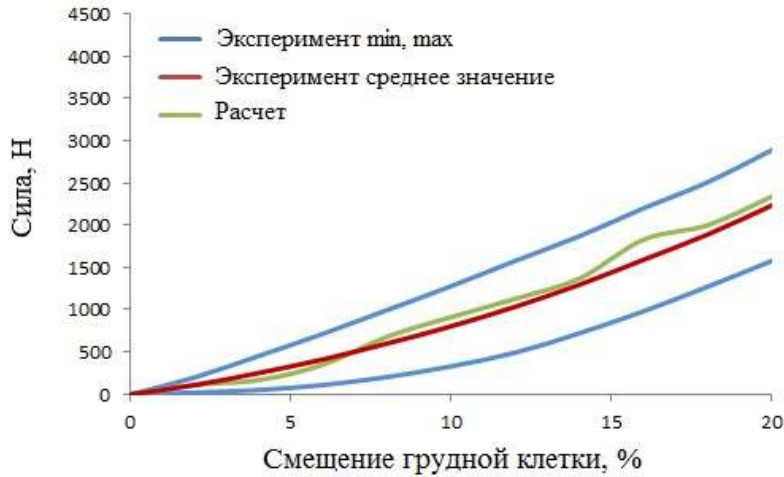
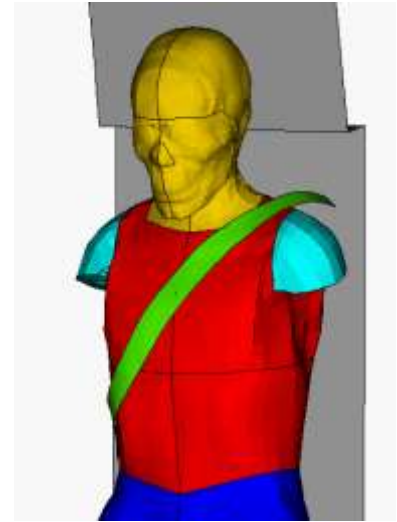
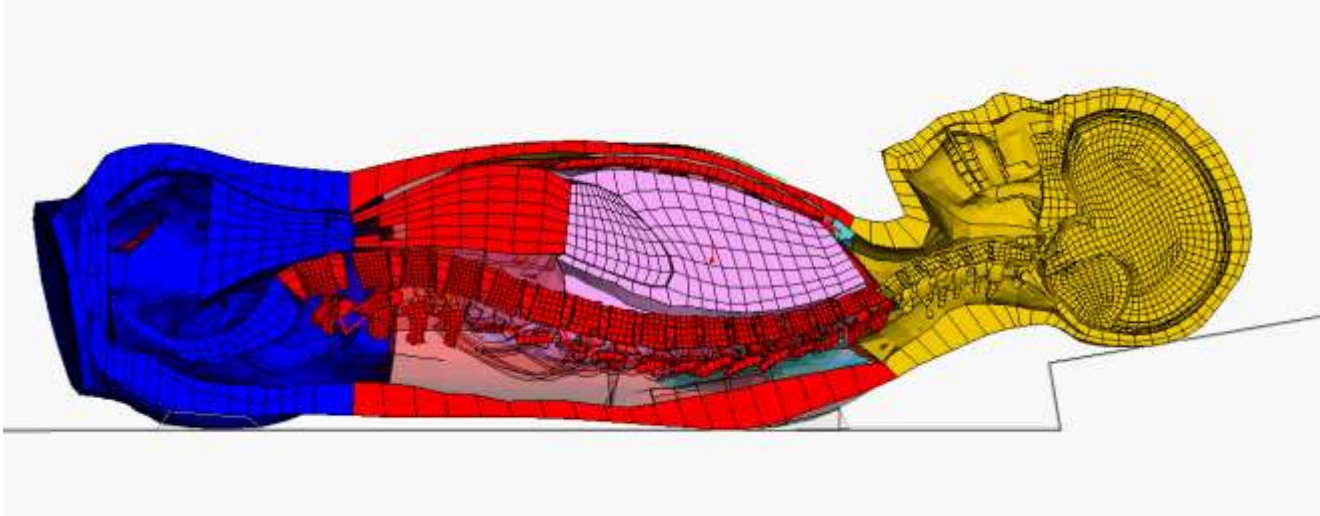


КЭ модель легких и грудной клетки



Объем одного легкого: 3.44 л
Плотность: $0.917 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Масса одного легкого: 3.16 кг

Результаты теста Кента

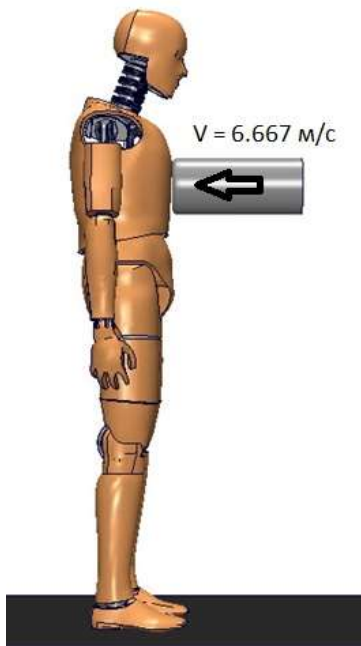


Обозначение точки	Перемещение, мм
a	34.4
b	29.2
c	19.5

Зависимость силы реакции от смещения грудной клетки

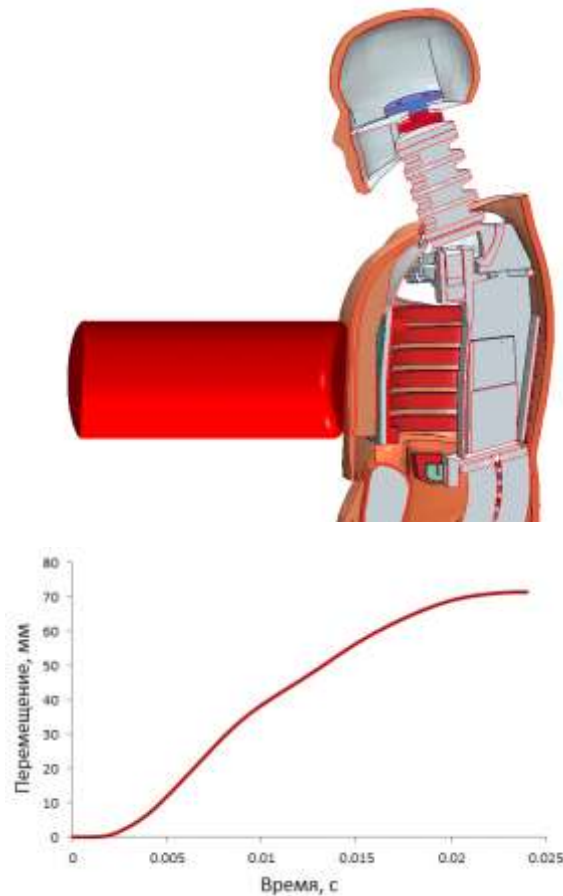
Тест на передний удар грудной клетки импактором.

Постановка задачи



Масса импактора: 23.36 кг
Диаметр импактора: 152.4 мм
Начальная скорость: 6.667 м/с

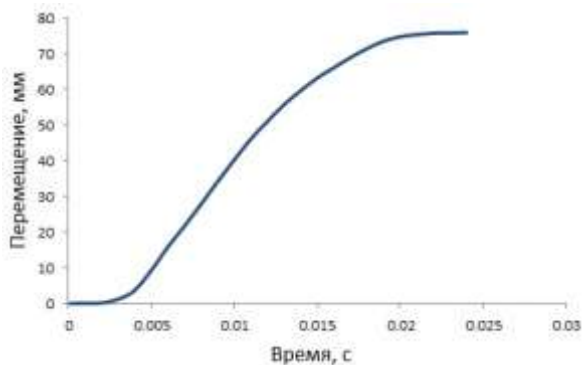
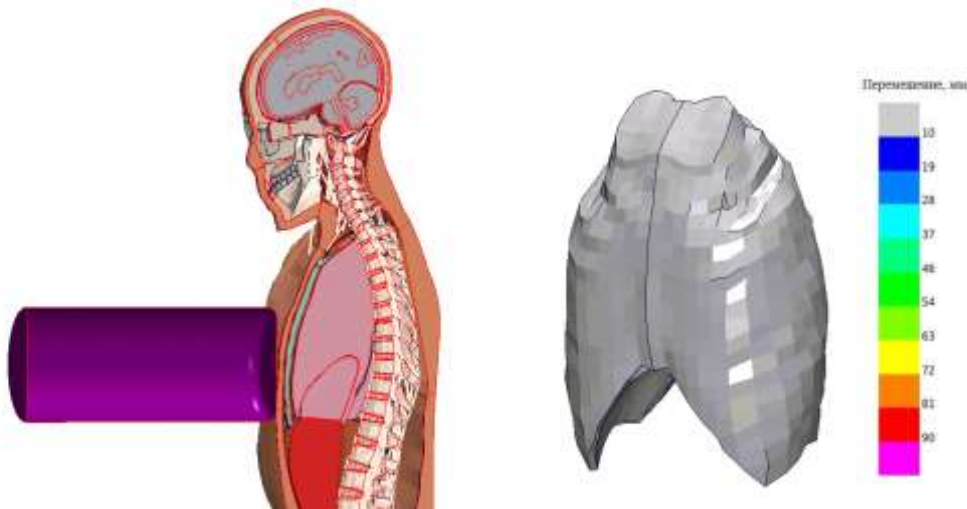
Результат расчета для манекена Hybrid III



Зависимость максимального прогиба грудной клетки от времени

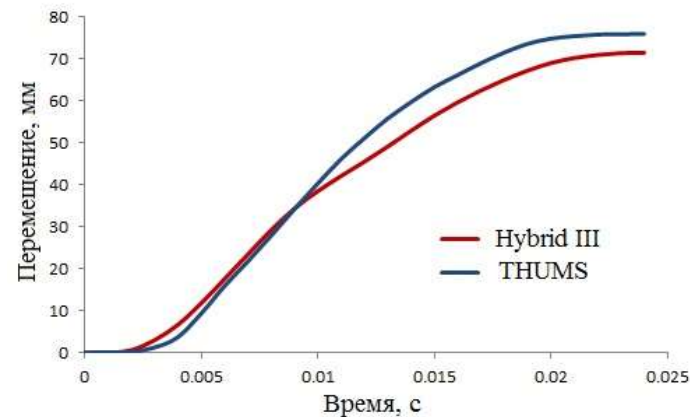
Тест на передний удар грудной клетки импактором.

Результат расчета для модели THUMS



Зависимость максимального прогиба грудной клетки от времени

Сравнение результатов

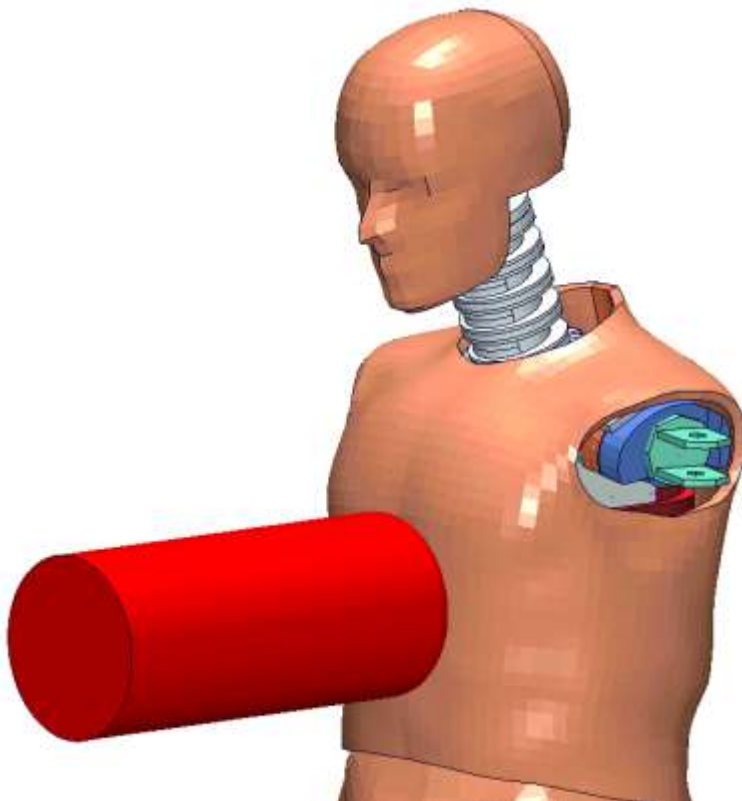


Зависимость максимального прогиба грудной клетки от времени

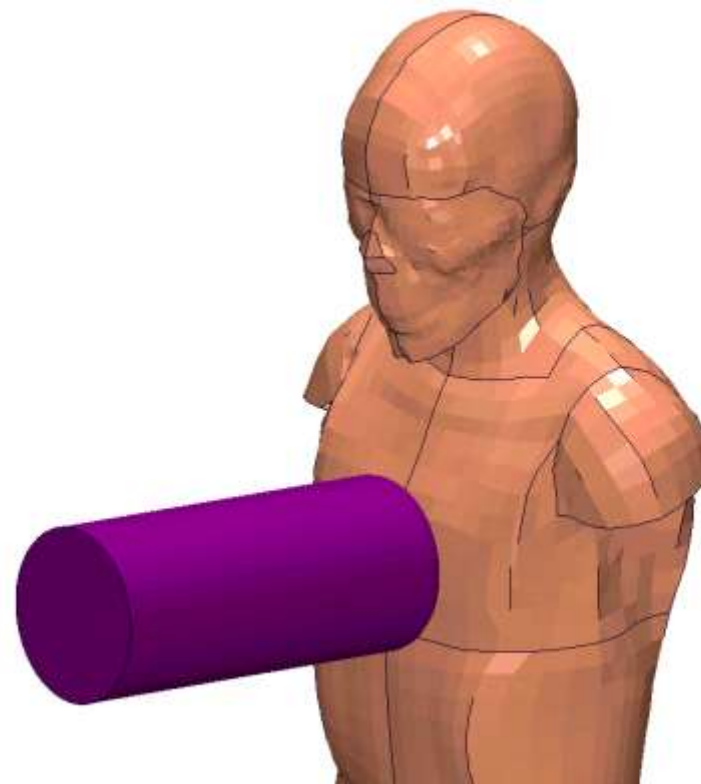
	Время достижения максимального прогиба, с	Величина максимального прогиба, мм
Hybrid III	0.024	71.5
THUMS	0.024	75.6

Тест на передний удар грудной клетки импактором.

Результат расчета для манекена Hybrid III



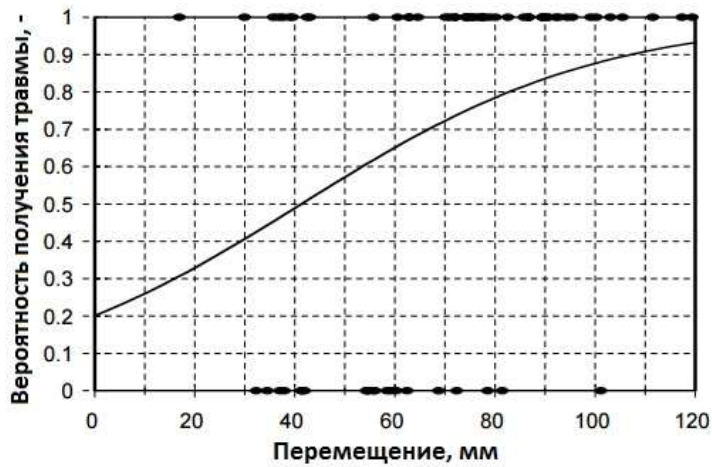
Результат расчета для модели THUMS





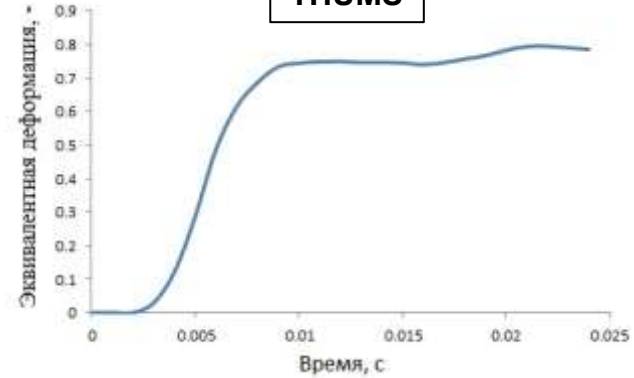
Критерий травмирования

Hybrid III

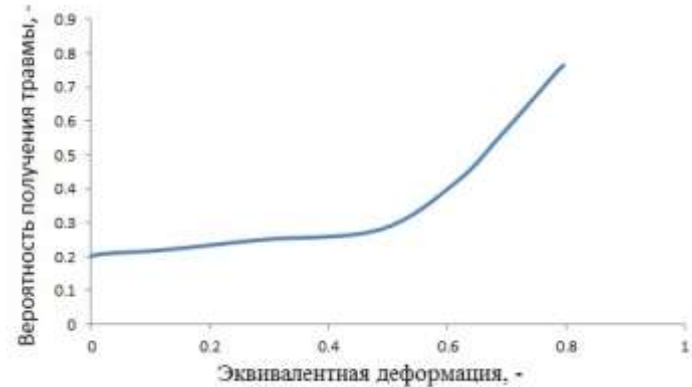


Вероятность получения травмы AIS ≥ 3 в зависимости от максимального прогиба грудной клетки

THUMS



Критерий травмирования от эквивалентных деформаций



Вероятность получения травмы AIS ≥ 3 в зависимости от эквивалентных деформации в легких



Заключение

- Разработана модель материала для КЭ моделирования легких
- Описаны эксперименты, проводимые для исследования характеристик и поведения легких
- Показаны примеры расчетов с предложенным материалом и проведены сравнения с результатами экспериментов
- Проведена разработка критерия травмирования для легких



Спасибо за внимание!

