

Разработка сосредоточенной модели манекена с использованием HyperMesh, HyperStudy и PRADIS

Семинар Altair Engineering
Москва, Институт им. Келдыша
(5 Декабря 2006)

Овчинников В. ООО Ладуга

Иванчук Е. ОАО АВТОВАЗ

Цели и этапы работы

Цель работы:

- решение задачи бокового удара с помощью сосредоточенной модели манекена

Этапы:

- разработка сосредоточенной модели манекена EuroSID - I
- калибровка модели манекена
- расчет бокового удара
- сравнение сосредоточенной и конечно-элементной модели

Достоинства и недостатки сосредоточенной модели

Достоинства:

- малая размерность модели (в 1000 по сравнению с КЭ моделью)
- применение неявных методов интегрирования
(шаг по времени больше в 100 раз, чем КЭ расчет)
- высокая скорость расчета и малые требования к ресурсам
(2 мин. на РС против 6 часов на 16-узловом кластере)

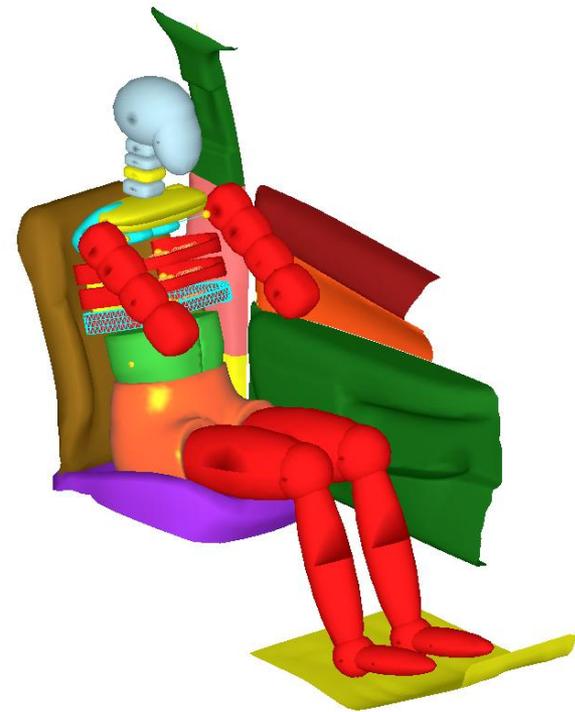
Недостатки:

- более низкая точность (по сравнению с КЭ моделями)

**Достоинства позволяют делать оптимизацию интерьера с помощью
сосредоточенной модели**

Создание манекена в HyperMesh

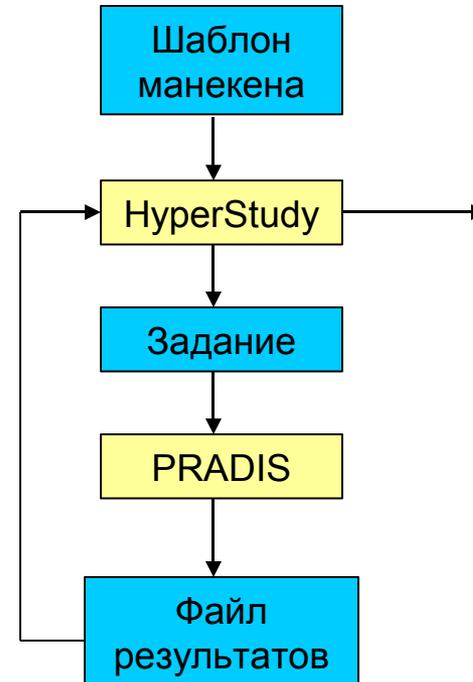
- Построение контактных эллипсоидов
- Построение фасетных поверхностей
- Усадка манекена в интерьер автомобиля
- Конвертирование в текст задания



Калибровка манекена в HyperStudy

- Формулировка задачи оптимизации
- Создание шаблона задания
- Определение параметров оптимизации
- Определение критериев оптимизации
- Определение ограничений

$$\min |f_{j \max}^{\exp} - f_{j \max}^{\text{num}}|, \forall t$$
$$f_i = f_i(p_1, \dots, p_j, \dots, p_N, t)$$
$$p_j \in [p_j^{\min}, p_j^{\max}]$$
$$f_i \in [f_j^{\min}, f_j^{\max}]$$



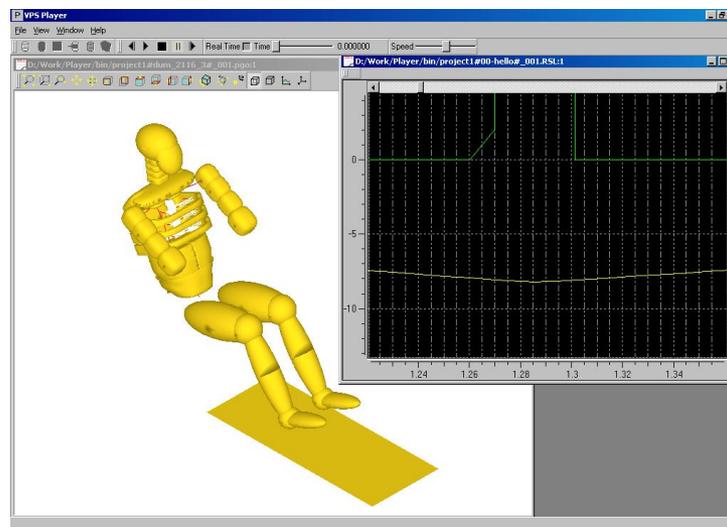
PRADIS – программный комплекс для анализа динамики систем различной физической природы

Участники проекта:

- ОАО АВТОВАЗ
- ООО Ладуга
- СПбГПУ
- МГТУ им. Баумана

Математические модели комплекса:

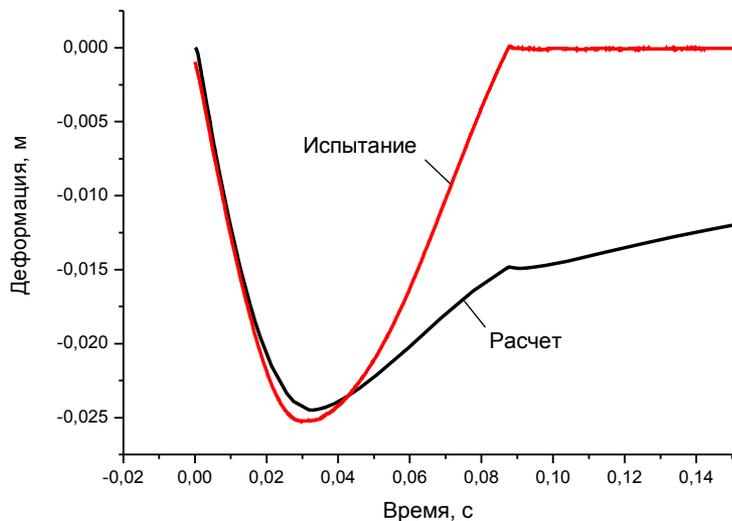
- Механика
- Электроника
- Пневматика
- Гидравлика
- Биомеханика (моделирование манекенов)



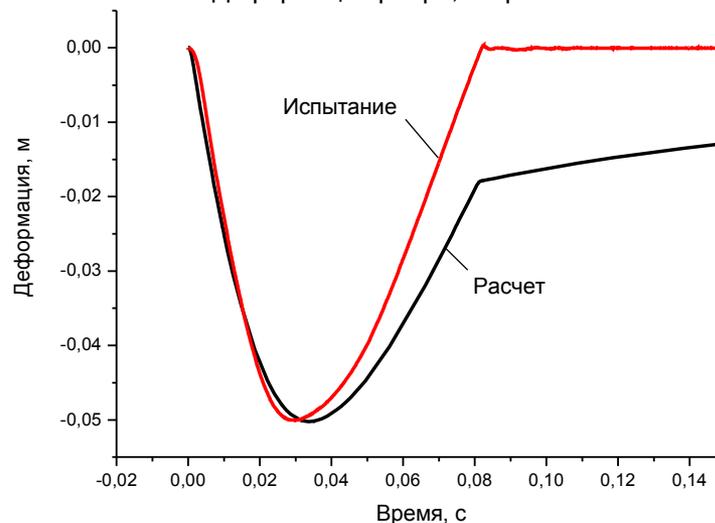
Тест блока ребер

Скорость удара, м/с	Деформация ребра эталонная, мм	Деформация ребра расчетная, мм
1	10,0 ... 14,0	11,3
2	23,5 ... 27,5	24,5
3	36,0 ... 40,0	37,3
4	46,0 ... 51,0	50,2

Деформация ребра, скорость удара = 2 м/с



Деформация ребра, скорость = 4 м/с

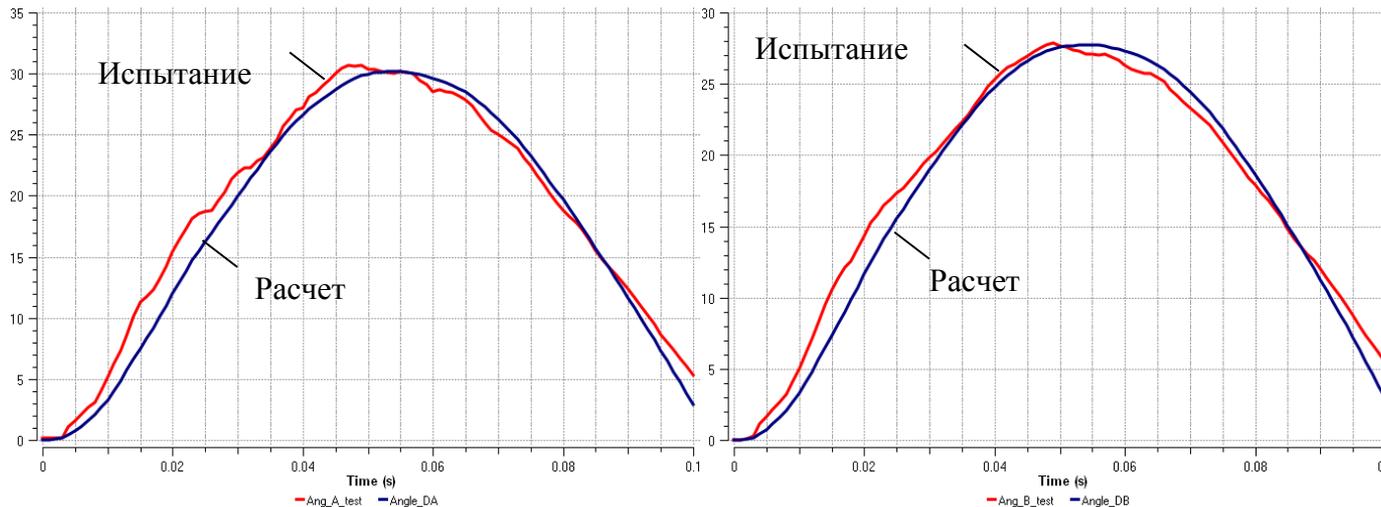


Тест позвоночника

Критерий	Предельные значения		Результаты расчета	
	Макс. угол, град.	Время, мс	Макс. угол, град.	Время, мс
Угол изгиба позвоночника относительно маятника	45 ... 55	39 ... 53	63,7	45
Угол $d\theta_A$	31 ... 35	45 ... 55	31,7	45
Угол $d\theta_B$	27 ... 31	45 ... 55	28,5	45

Тест шеи манекена

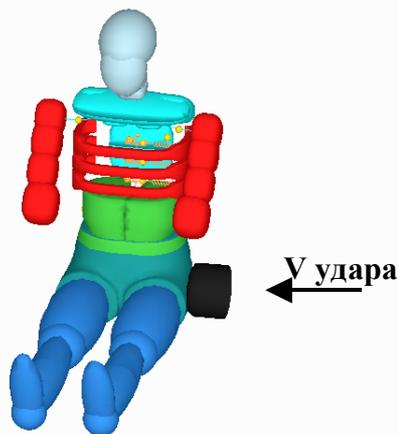
Критерий	Требование		Результаты расчета	
	Макс. угол, град.	Время, мс	Макс. угол, град.	Время, мс
Угол изгиба шеи относительно маятника	46 ... 56	50 ... 62	61,3	55
Угол $d\theta_A$	30 ... 34	50 ... 60	30,2	55
Угол $d\theta_B$	26 ... 30	50 ... 60	27,7	55



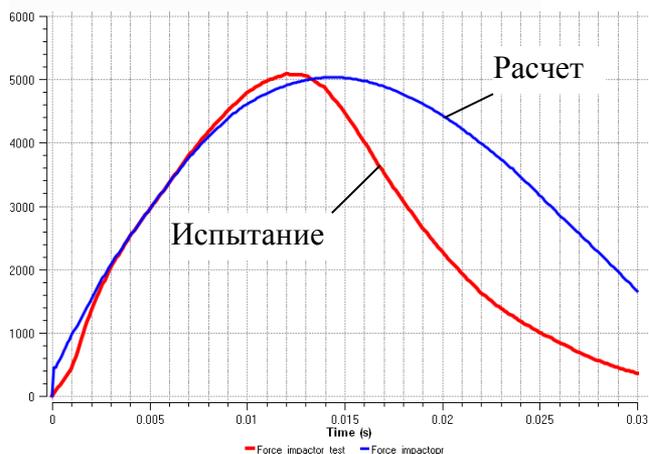
Угол $d\theta_A$

Угол $d\theta_B$

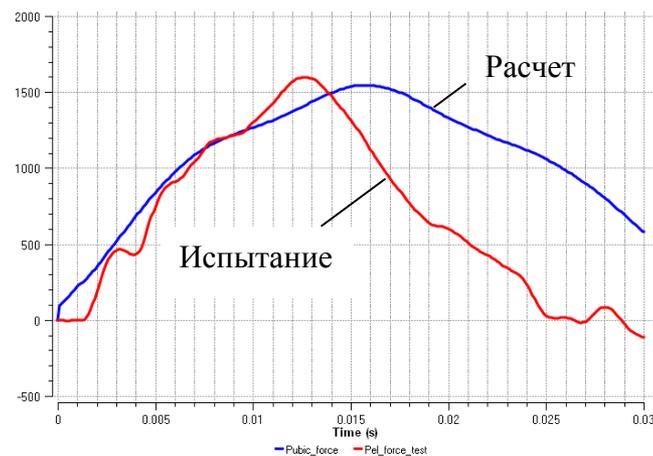
Тест датчика усилия в локтовом сочленении манекена



Критерий	Требование		Результаты расчета	
	Усилие, кН	Время, мс	Усилие, кН	Время, мс
Усилие маятника максимальное	4.5 ... 5.4	10.3 ... 15.3	5,03	14,4
Усилие в локтовом сочленении	1.4 ... 1.64	9.9 ... 15.9	1,55	15,7

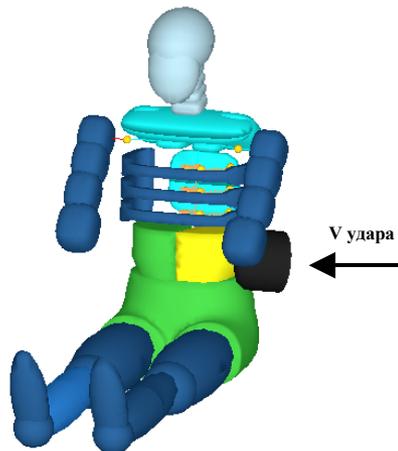


Усилие в маятнике

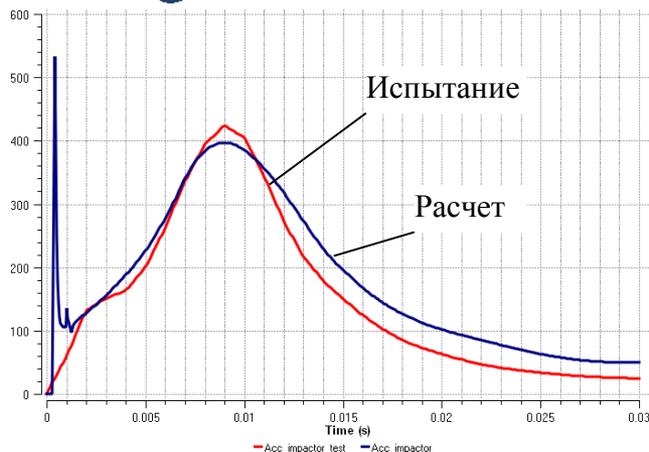


Усилие в локтовом сочленении

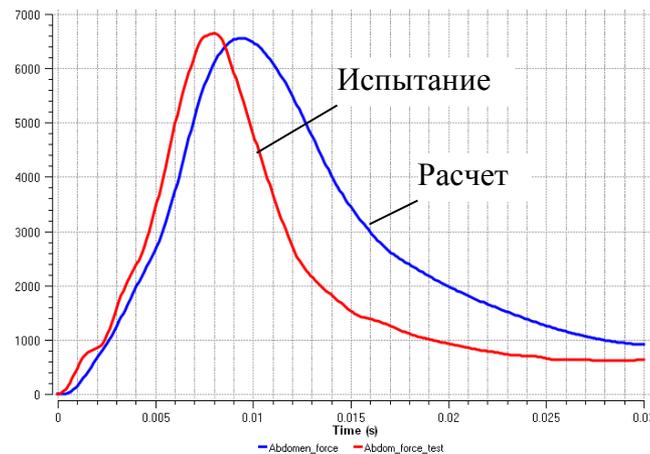
Тест датчика усилия в брюшной полости манекена



Критерий	Требование		Результаты расчета	
	Усилие, кН	Время, мс	Усилие, кН	Время, мс
Усилие маятника максимальное	9.5 ... 11.1	8.8 ... 9.4	9,88	9
Усилие в датчике максимальное	5.9 ... 7.9	8.5 ... 10.1	6,56	9,5

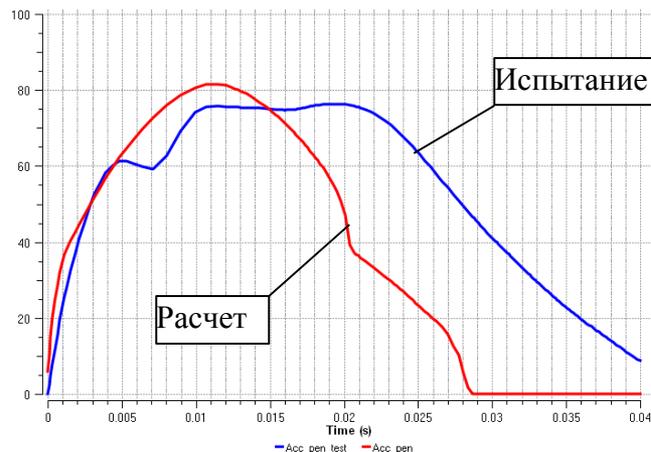
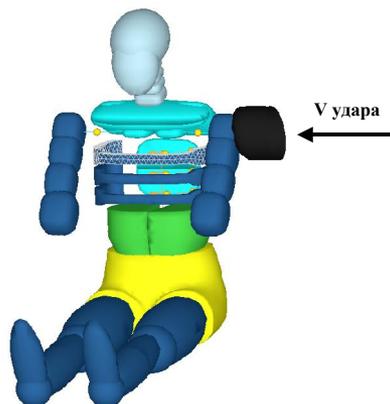


Ускорение маятника



Усилие в брюшной полости

Тест на удар в плечо манекена в сборе



Ускорение маятника

Критерий	Требование	Физический тест	Результаты расчета
Ускорение маятника максимальное, g	7.5 ... 10.5	8,4	8,15

Моделирование удара в PRADIS



0 мс удара

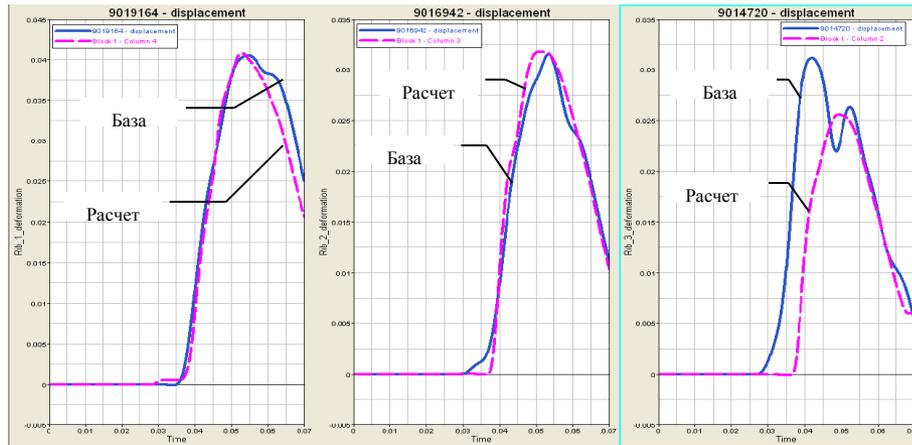


37 мс удара

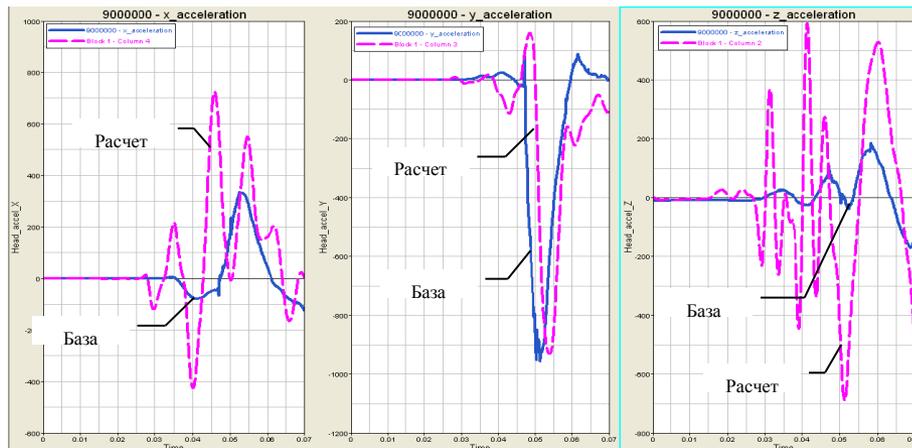


70 мс удара

Сравнение (Вариант V3)

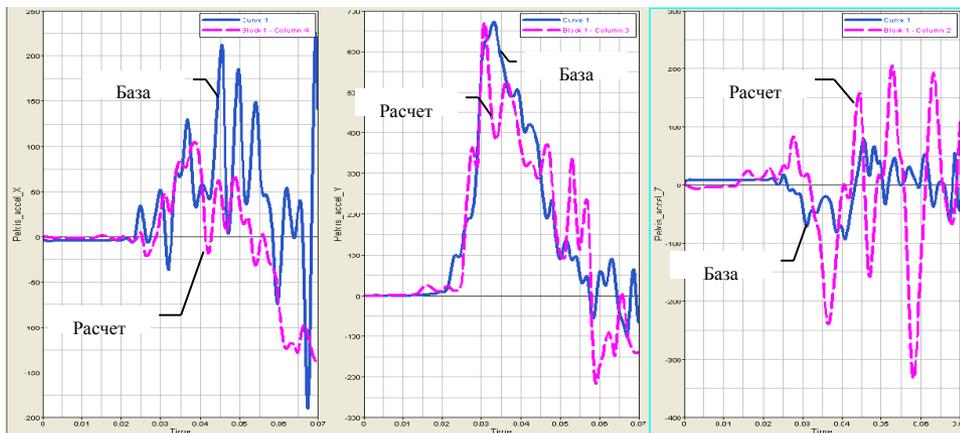


Деформация ребер.
Слева направо – 1, 2, 3 ребра



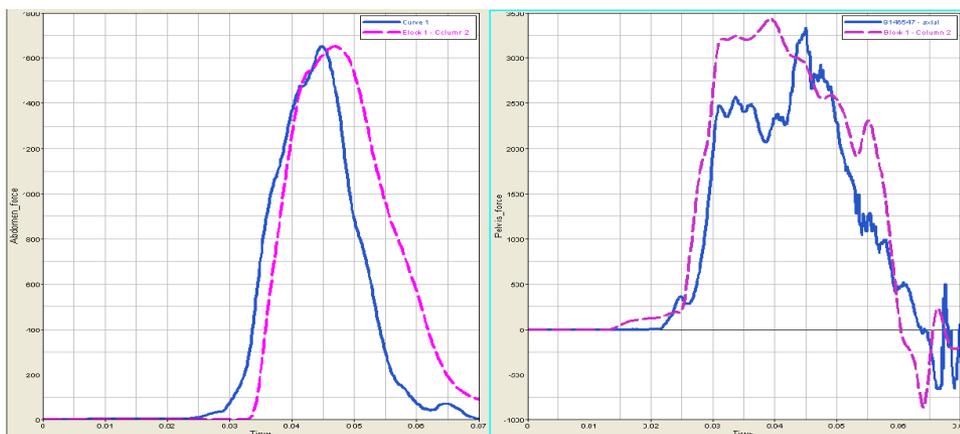
Ускорения головы

Сравнение (Вариант V3)



Ускорение таза.

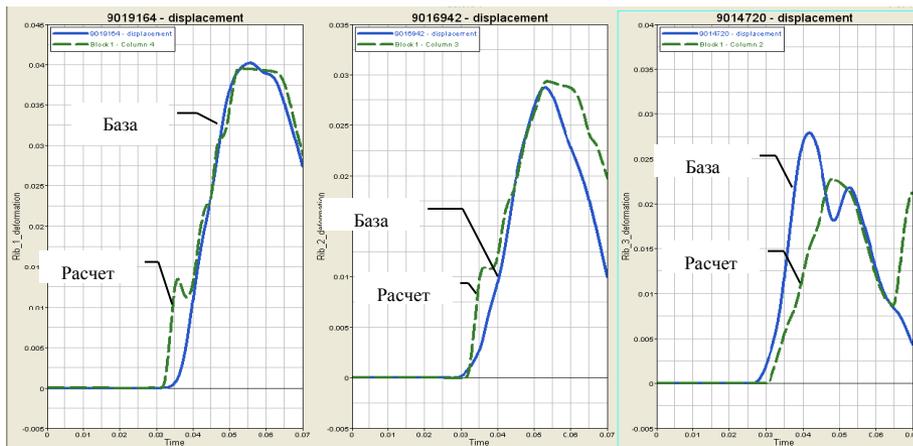
Слева направо – по осям X, Y, Z



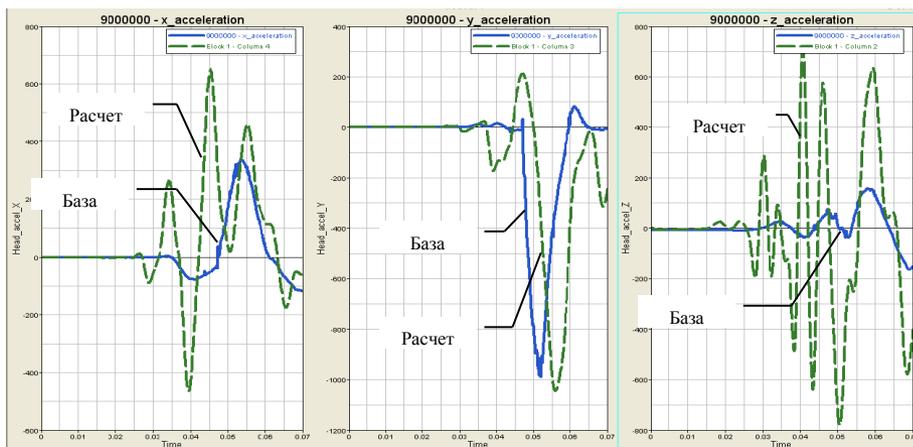
Усилие в брюшной полости

Усилие в лобковом сочленении

Сравнение (Вариант V19)

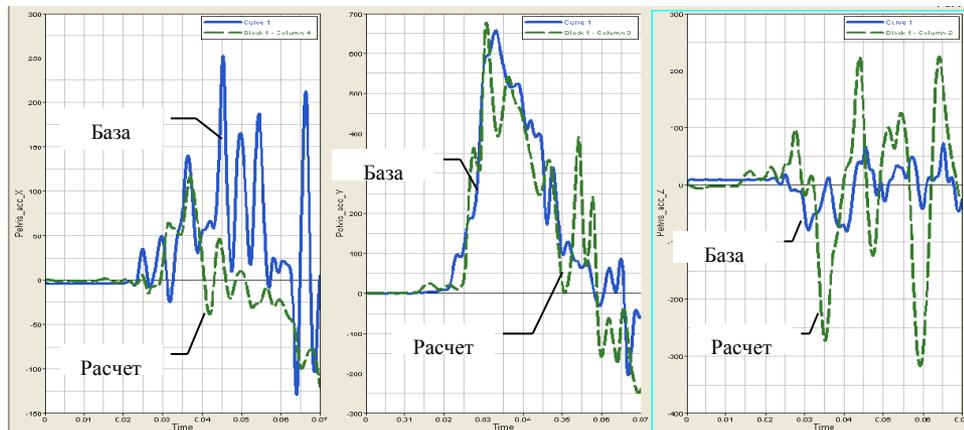


Деформация ребер.
Слева направо – 1, 2, 3 ребра



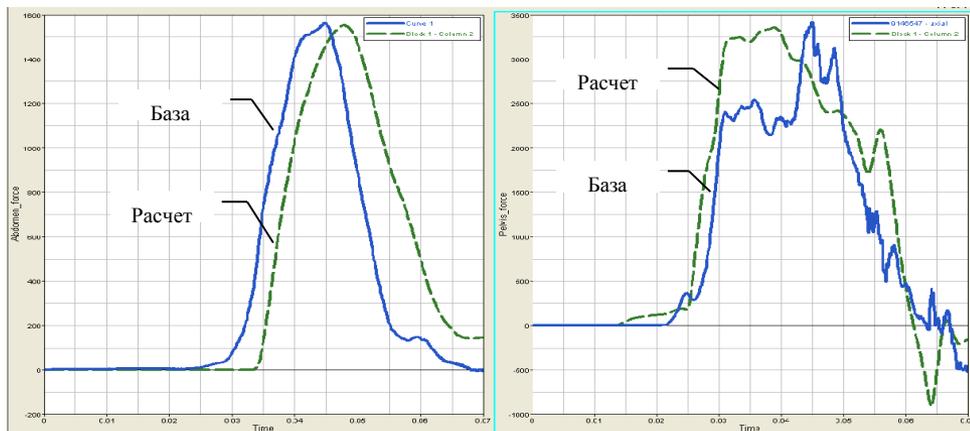
Ускорения головы

Сравнение (Вариант V19)



Ускорение таза.

Слева направо – по осям X, Y, Z



Усилие в брюшной полости

Усилие в лобковом сочленении

Выводы

1. Разработана сосредоточенная модель манекена EuroSID - I
2. Калиброваны элементы манекена и манекен в сборе
3. Выполнено сравнение КЭ модели в LS-Dyna и сосредоточенной модели в PRADIS
4. Повышенный НИС из-за сильных колебаний по осям X и Z
5. Погрешность деформации третьего ребра $> 15\%$
6. Для остальных критериев травмирования погрешность $< 5\%$
7. Модель манекена может успешно применяться для задач оптимизации интерьера

Интернет: <http://www.laduga.ru>
e-mail: laduga@laduga.com

Центральный офис:

Тел.: (495) 597-20-82, (495) 991-88-97

Факс: (495) 597-20-80

143000, г.Одинцово, Московская обл.

Можайское шоссе, 71

Тольяттинский филиал:

Тел./Факс: (8482) 36-36-88

445036, г.Тольятти, Самарская обл.

ул. Степана Разина, д 4а, оф.9