

Решения от компании «Ладуга»

- **Автомобильный инжиниринг**
- **Инженерные расчеты**
- **Инженерный консалтинг**

2. Комплекс услуг

- Разработка дизайна, интерьера, конструкторское проектирование
- Разработка конечно-элементных моделей кузова и узлов автомобиля
- Прочностные расчеты
- Расчет и оптимизация кузова автомобиля
- Расчет и оптимизация различных механизмов и ходовой части автомобиля
- Моделирование краш-тестов
- Планирование натуральных экспериментов, анализ данных эксперимента
- Верификация и валидация конечно-элементной модели
- Оптимизация и анализ чувствительности
- Анализ пассивной и активной безопасности автомобиля
- Анализ компонентов на соответствие правилам пассивной безопасности
- Анализ эргономики рабочего места водителя
- Оценка внешнего и внутреннего шума автомобиля
- Расчет и оптимизация двигателя
- Газодинамические расчеты и теплоперенос
- Аренда кластеров
- Разработка CAD/CAE программного обеспечения

3. О компании

Основное направление нашей компании – автомобильный инжиниринг. Инженеры компании выполняют работы по инженерному анализу и дизайну. В настоящее время автомобилестроение является приоритетным направлением для развития компании. Знания и опыт инженеров позволяют проектировать изделие и выполнять расчеты в соответствии с современными требованиями и стандартами к автомобилю.

Инженеры нашей компании являются высококвалифицированными специалистами в области численных методов, оптимизации, прочности, транспортного машиностроения.

Компания Ладуга ведет научную работу. Основными областями исследований являются пассивная безопасность и оптимизация. Разработанные идеи позволяют повысить эффективность поиска решений.

Для повышения качества обслуживания мы стараемся, как можно теснее работать с нашими заказчиками. В начале 2006 года компания Ладуга открыла филиал в г.Тольятти. Инженеры филиала будут сосредоточены на работе с крупнейшим производителем автомобилей в России ОАО АВТОВАЗ.

Девиз компании - "ОТ ЧИСЕЛ К ЗНАНИЯМ". Он отражает переход от массивов чисел результатов к качественному пониманию происходящих процессов.

В настоящее время офисы компании находятся в трех городах:

- Одинцово (Московская область)
Центральный офис
- Тольятти. Инженерный центр
- Нижний Новгород. Центр разработки.

4. Конструкторское проектирование

Современные технологии САПР позволяют проектировать изделия полностью цифровым способом.

Трехмерное геометрическое моделирование дает возможность дизайнеру увидеть конечное изделие задолго до его изготовления. Быстрая модификация геометрии позволяет создать множество вариантов изделия и выбрать наилучший.

Красивый современный дизайн является ключевым фактором успеха на современном рынке.

Возможность рассмотреть в кратчайшие сроки несколько вариантов, отобрать наилучший, является преимуществом перед другими производителями.

Компания Ладуга разрабатывает дизайн по требованиям заказчика.

По созданным геометрическим моделям выпускается конструкторская документация.

Для разработанных моделей возможно выполнение расчетов и оптимизация геометрии на основании результатов расчетов.



5. Прочностные промышленные расчеты

5.1 Создание расчетных моделей

Различные виды расчетов требуют для себя различные расчетные модели. Чтобы достичь высокой точности и надежности результатов расчета, на каждом этапе необходимо участие высококвалифицированных специалистов.

Задача специалиста — учесть все нюансы физического процесса в математической модели. Кроме того, необходимо профессиональное знание, как численных методов, так и инструментов, используемых для моделирования. Поэтому создание корректной расчетной модели — главный ключ к получению правильного результата моделирования.

Мы выполняем работы по созданию расчетных моделей с требуемым для расчетов качеством и в заданные сроки. Чтобы гарантировать качество модели, проводится контроль качества по требованиям заказчика или по собственным методикам, позволяющим избежать некорректности моделей. Нами разработаны специальные тесты, с помощью которых можно быстро определить ошибки в модели.

5.2 Подготовка геометрических моделей

Исходная геометрическая модель для задачи может быть в различных видах:

- внутренний формат CAD системы
- универсальные форматы, такие как STEP или IGES
- чертежи
- форматы сторонних систем (STL, VRML, собственные форматы)

Инженеру необходимо решать задачу импорта данных моделей в препроцессор для создания конечно-элементной модели.

Для внутренних форматов наиболее популярных систем существуют конверторы, позволяющие практически без потерь переносить информацию. В данном случае могут понадобиться лишь незначительные исправления полученной от конвертора геометрии.

Часто для передачи данных используются универсальные форматы, такие как STEP или IGES. При этом возможны потери информации, и инженеру часто приходится восстанавливать утерянную геометрию.

В случае если организация еще не перешла на трехмерное моделирование или необходимо рассчитать старое изделие, мы можем воссоздать по чертежам трехмерные модели.

Иногда исходная модель может быть в таком формате, как STL или VRML. При этом геометрическая информация может быть полностью утеряна и известно лишь облако точек. Методами поверхностного моделирования можно восстановить геометрию изделия.

Если используется уникальная система проектирования без возможности экспорта в универсальные форматы, то необходимо написать конвертор, который бы сгенерировал геометрическую модель в каком-либо доступном формате. Наши программные разработки позволяют делать импорт-экспорт геометрии в такие популярные форматы, как STEP и IGES.

5.3 Конечно-элементные модели

В настоящее время метод конечных элементов является основным методом для анализа изделий на прочность.

Для решения задач методом конечных элементов, необходимо подготовить конечно-элементную модель изделия. Сложность данной модели зависит от сложности геометрической модели и требований к точности.

Различные виды расчетов могут определять различные требования к модели. Качественная модель адекватно отражает реальные физические процессы, поэтому легко валидируется. Для получения качественной модели существующих в настоящее время автоматических инструментов может быть недостаточно.

Автоматические генераторы конечно-элементной сетки несовершенны. Они позволяют получать оболочечные модели с треугольными элементами (TRIA) или объемные модели из тетраэдров (TETRA).

Такие модели могут обеспечить необходимую точность только для простых задач, круг которых невелик.

В реальных задачах, со сложной геометрией, необходимо применение четырехугольных элементов (QUAD) или гексаэдров (HEX). При этом наличие треугольных элементов либо не допускается вообще, либо допускается очень малое число.

Но даже наличие элементов QUAD или HEX не гарантируют еще качество модели. На элементы накладываются еще множество требований, такие как близость формы элемента к квадрату, конгруэнтность элементов, регулярность сетки. Часто при создании конечно-элементной сетки упрощается геометрия модели. Инженеру необходимо полностью понимать процессы, происходящие в изделии, чтобы грамотно упростить модель. Кроме того, во многих компаниях существуют свои требования к моделям.

5.4 Требования к модели

Можно выделить следующие требования к конечно-элементной модели:

- требования к качеству 1D, 2D, 3D элементов
- требования к упрощению геометрии
- требования к выбору контактных моделей
- требования к выбору соединений
- требования ко времени расчета

Критерии качества часто противоречивы. Например, высокая точность требует малый размер элемента. Но малый размер элемента значительно повышает время расчета. Инженеру необходимо находить золотую середину между точностью и вычислительными возможностями.

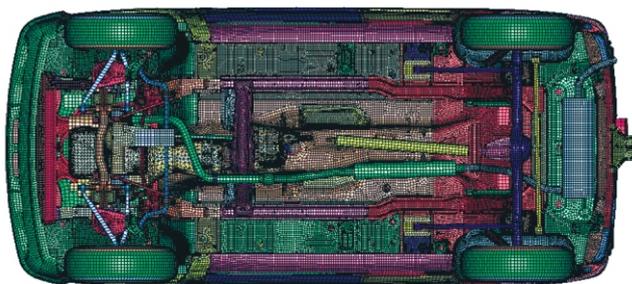
Выполнение требований обеспечивает точную модель для различного вида анализов. Например, для очень требовательных к качеству модели задач разрушения можно выделить следующие дополнительные критерии качественной модели:

- расчет удара без потери устойчивости вычислительного процесса
- отсутствие вырождения элементов
- дополнительная масса не превышает заданной величины
- энергия хаурглассинга не превышает заданной величины

5.5 Создание конечно-элементных моделей

Компания Ладуга выполняет следующие работы:

- разработка конечно-элементных моделей для структурных задач (анализ прочности, NVH анализ);
- разработка конечно-элементных моделей для задач разрушения (моделирование краш-тестов);
- разработка конечно-элементных моделей для задач вычислительной газогидродинамики.



Число конечных элементов ~1 000 000

Перечисленные выше условия требуют участия человека для создания конечно-элементной модели. Нашими специалистами выработаны специальные требования к конечно-элементным моделям для различных задач. Каждая созданная нами модель проходит тест на удовлетворение этим требованиям. Возможно создание модели по критериям заказчика.

5.6 Анализ кинематики и динамики механизмов

Для моделирования динамики механизма создается его модель, представленная в виде твердых тел. При этом элементы механизма преобразуются в твердые тела, используя различные механические модели элементов. Во многих задачах возможно применение набора стандартных моделей. Однако сложность моделирования механики в том, что необходимо использовать очень много различных моделей элементов.

Для каждой модели определяют ее параметры исходя из геометрии, свойств материала. Такими параметрами могут быть масса, момент инерции, центр тяжести. Для модели механизма задаются силы и моменты, действующие на механизм, граничные условия и контакты.

С помощью данных моделей возможно моделирование динамики и кинематики механизма, а также частотный анализ системы.

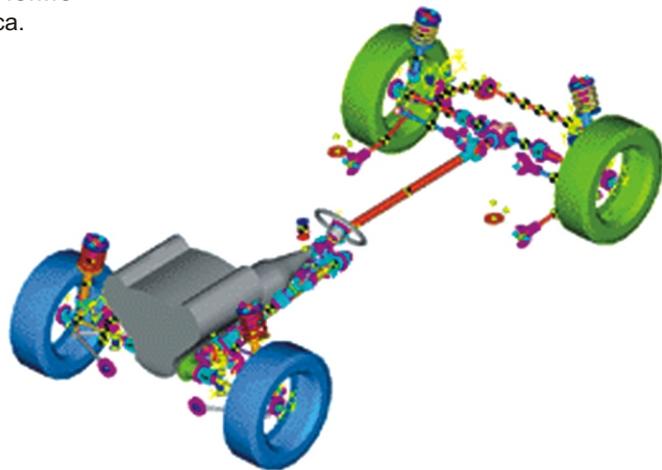
Иногда необходимо разработать новые модели элементов. В этом случае разрабатывается математика элемента, производится тестирование и включение элемента в библиотеку расчетного комплекса.

Специалисты нашей компании имеют большой опыт разработки моделей механических элементов. В процессе многолетней работы в области автомобилестроения мы накопили уникальную библиотеку математических моделей.

Мы создаем модели механизмов для анализа динамики и кинематики на основании геометрии моделей заказчика. Наши специалисты могут разработать новые математические модели для оригинальных элементов заказчика.

Современные устройства являются синтезом электроники, механики, гидравлики. Наши инженеры выполняют совместный анализ систем различной физической природы. Возможна разработка новых сосредоточенных математических моделей для:

- механики
- пневматики
- гидравлики
- электроники



5.7 Конечно-элементные расчеты

Применение инженерного анализа дает новые возможности при проектировании изделия. Сокращение сроков разработки, уменьшение числа натурных испытаний, быстрое внедрение новых идей, оптимизация – все это позволяет быстро создать конкурентоспособный продукт.

Мы выполняем следующие расчеты для анализа изделия:

- линейная и нелинейная динамика
- частотный анализ
- анализ устойчивости
- быстропротекающие сильно нелинейные процессы
- расчет долговечности

Линейная и нелинейная динамика

- конечно-элементный анализ для моделей большой размерности (~ 1 000 000 конечных элементов).

Частотный анализ

- расчет собственных частот конструкции
 - определение собственных форм конструкции
 - определение частотных характеристик при воздействии случайных нагрузок
 - частотный отклик модели на гармоническое возбуждение (прямая и модельная постановка)

Устойчивость

- Определение критических нагрузок

Расчет быстропротекающих нелинейных процессов

Такие процессы, как столкновение конструкций с разрушением, взрывы или штамповка деталей, являются сильно нелинейными и очень чувствительными ко всем параметрам системы. Для их моделирования применяются явные алгоритмы, которые позволяют учесть нелинейность материалов, большие деформации, контактное взаимодействие деталей.

Расчет долговечности

На основании анализа динамики, используя усталостные характеристики материала, рассчитывается время жизни изделия. От современных изделий требуется высокая надежность и долговечность, работа в нормальных и абнормальных условиях. Анализ долговечности позволяет определять слабые места изделия.

6. Моделирование краш-тестов

6.1 Требования к модели

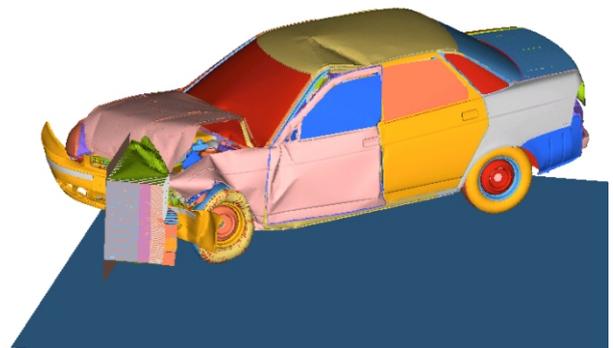
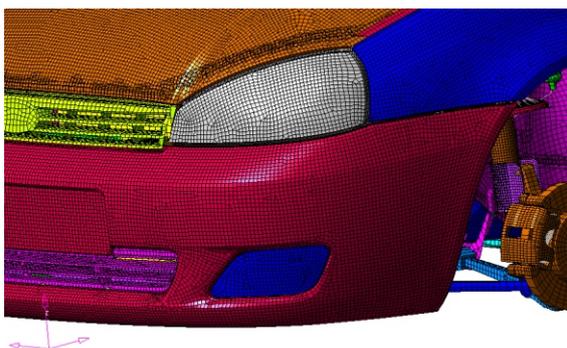
При моделировании краш-теста автомобиля перед инженером встает ряд сложных задач. От решения этих задач зависит точность полученного решения.

Ключевой фактор - разработка корректной конечно-элементной модели. Модель разрабатывается исходя из следующих требований:

- требования к качеству элементов
- требования к сетке
- требования к упрощению геометрии
- требования к выбору контактных моделей
- требования к выбору кинематических соединений
- требования к моделированию клеевых, сварочных, резиновых соединений
- требования ко времени расчета

После создания модели необходимо проверить ее на выполнение следующих условий:

- должны отсутствовать начальные взаимопроникновения деталей
- расчет удара без потери устойчивости вычислительного процесса
- отсутствие вырождения элементов
- дополнительная масса не должна превышать заданной величины
- энергия хаурглассинга не должна превышать заданной величины



6.2 Модели материалов

Определение свойств материалов. Свойства материалов, как правило, доступны в справочниках или предоставляются производителем материалов. Но при использовании сложных моделей материалов необходимо использовать параметры, значения которых недоступны. В таких случаях проблема нахождения значений решается либо путем отдельного натурного эксперимента, либо путем валидации модели. При этом важно иметь базу данных материалов, в которой бы учитывались не только значения всех необходимых свойств, но и возможный разброс этих значений.

В качестве примера может служить материал с учетом скорости деформации. При скоростях, на которых происходит столкновение автомобилей, для корректного моделирования необходимо учитывать скорость деформации. Существует ряд моделей материалов:

- Купера - Саймонда
- Джонсона - Кука
- Модифицированная формула Джонса

Для их использования необходимо определить эмпирические коэффициенты.

7. Анализ чувствительности

При оптимизации сложной конструкции бывает необходимо снизить число управляемых параметров. Для этого надо определить самые чувствительные параметры. Также анализ чувствительности позволяет оценить насколько важны те или иные параметры для конструкции в целом, насколько корректно решение задачи, к каким параметрам чувствительно найденное решение.

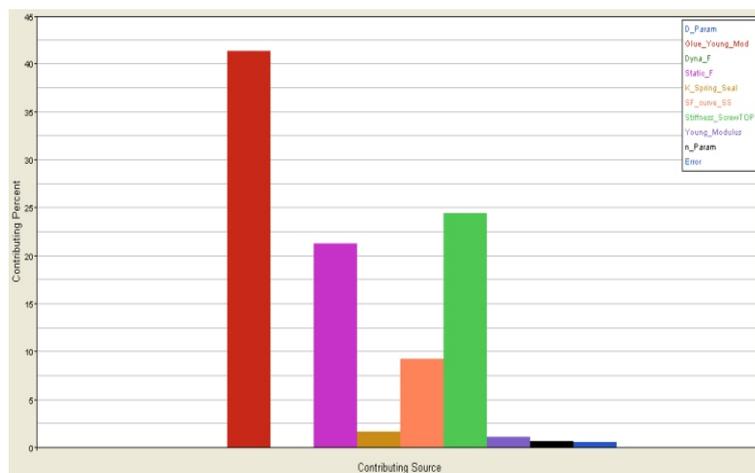
Кроме этого, на основании расчета можно построить упрощенную модель системы. Расчет делается на основе факторного анализа.

Выполняются работы:

- выбор плана
- построение линейной регрессии
- построение нелинейной регрессии

$$y = M + a_i + b_j + (ab)_{ij}$$

	A	B	C	
(1)	0	0	0	X_1
a	1	0	0	X_2
b	0	1	0	X_3
ab	1	1	0	X_4
c	0	0	1	X_5
ac	1	0	1	X_6
bc	0	1	1	X_7
abc	1	1	1	X_8



8. Оптимизация

Оптимизация изделия позволяет найти рабочие параметры изделия, повысить эффективность работы, получить новую конструкцию, уменьшить стоимость изделия. Оптимизация выполняется как для отдельных деталей, так и для всего изделия в целом. Автоматическая процедура оптимизации позволяет сократить время разработки изделия, найти новые идеи.

Можно выделить несколько видов оптимизации:

- топологическая оптимизация
- топографическая оптимизация
- параметрическая оптимизация

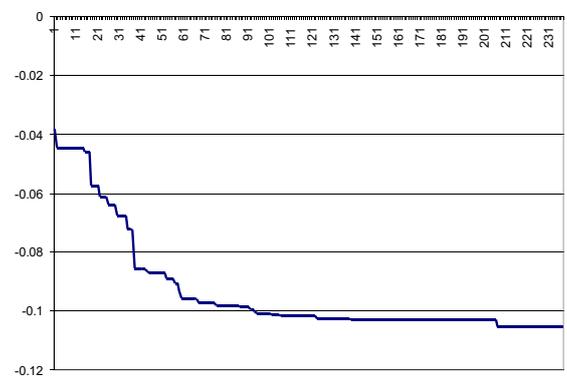
Топологическая оптимизация позволяет найти оптимальную форму твердотельной детали. Например, форму кронштейна.

С помощью топографической оптимизации можно найти оптимальную форму оболочки. Например, панели кузова или двери автомобиля.

Параметрическая оптимизация находит оптимальные параметры конструкции или механизма.

Мы выполняем такие процедуры, как:

- нахождение оптимальных параметров конструкции
- оптимизация массы конструкции
- оптимизация прочностных характеристик
- оптимизация по частотным характеристикам
- оптимизация по требованиям устойчивости
- оптимизация и идентификация материала
- оптимизация по требованиям краш-тестов
- робастная оптимизация



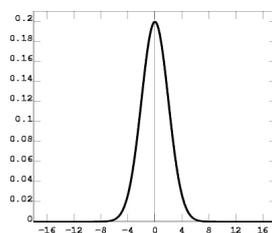
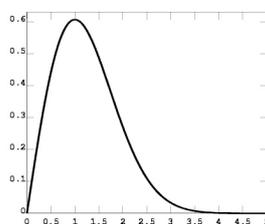
9. Робастное проектирование

Робастное проектирование позволяет снизить чувствительность функциональности изделия к разбросу случайных величин. При этом достигается:

- уменьшение зависимости от случайных параметров
- увеличение допусков при производстве компонент
- повышение надежности конструкции
- учет разброса входных параметров

Применяются методы:

- факторный анализ
- DOE/RSM оптимизация
- статистические методы



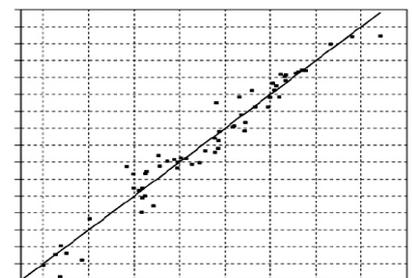
Контролируемые факторы:

- толщина
- свойства материала

Модель

Неконтролируемые факторы:

- масса
- скорость



10. Верификация и валидация модели

При выполнении расчета инженер должен быть уверен в корректности модели, в соответствии модели реальному прототипу. Точность математического моделирования зависит от того, насколько хорошо математическая модель отражает свойства физической модели и физических процессов в ней происходящих.

Инженеру важно знать, с какой погрешностью он получает результат, потому что в случае большой погрешности расчет теряет смысл.

Для простых моделей погрешность может быть мала, так как при этом легко учесть все нюансы физической системы. В случае сложных моделей на точность расчета влияют следующие особенности:

- упрощение геометрической и конечно-элементной модели
- ошибки при построении конечно-элементной модели
- использование конечных элементов с низкой точностью, с линейной аппроксимацией
- наличие в модели вырожденных конечных элементов
- некорректные кинематические связи
- некорректные параметры моделей
- некорректные свойства материалов
- некорректные начальные и граничные условия
- погрешности метода расчетов

Мы решаем следующую задачу – построение модели, которая будет с заданной погрешностью соответствовать физической модели. Для этого используются результаты натурных испытаний реального прототипа модели.

На основании результатов испытаний, таких как показания датчиков, фотографии, видео, вносятся изменения в математическую модель. В итоге, мы создаем модель, результаты расчетов которой, совпадают с результатами испытаний в рамках заданной погрешности.



Сравнение эксперимента и валидированной модели

11. Планирование и анализ натурального эксперимента

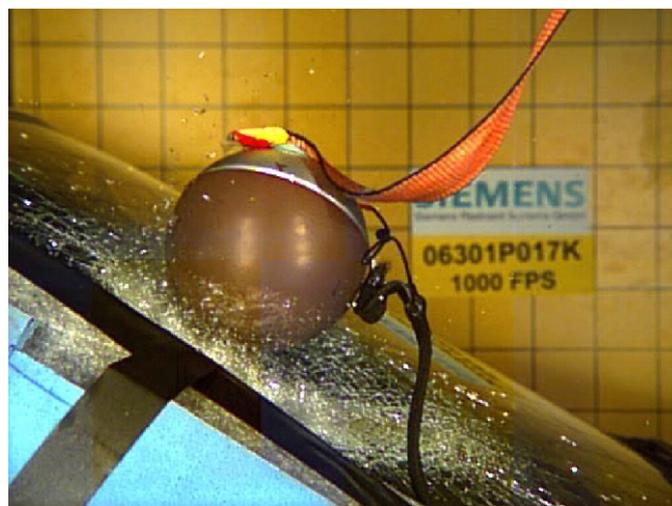
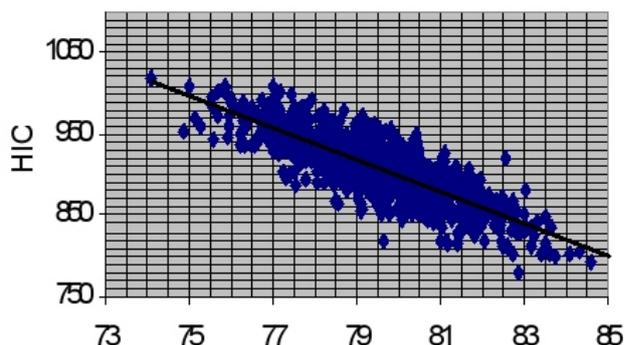
Проведение натурального эксперимента требует тщательной подготовки. Основная задача при проведении эксперимента: получить максимально достоверные данные при минимальных затратах. Для единичного эксперимента важна лабораторная подготовка - правильная установка датчиков, корректный выбор датчиков, установка и т.д.

При выполнении серии экспериментов важным становится планирование серии экспериментов. С помощью теории планирования эксперимента можно оптимально выбрать изменяемые факторы, найти оптимальный план (выбрать точки экспериментов). Оптимальный выбор точек экспериментов позволяет решить основные задачи - увеличить достоверность результатов и минимизировать число точек. Минимизация числа точек особенно важна для таких экспериментов, в ходе которых объект разрушается, например, краш-тест автомобилей. Методы планирования эксперимента можно применять не только к натурному эксперименту, но и к численному. Особенно это касается задач, требующих больших вычислительных ресурсов. Оптимальный выбор плана вычислений позволит быстро и достоверно оценить характеристики системы.

По результатам эксперимента необходимо провести анализ данных. Наш опыт позволяет оценивать слабые места в конструкции. По результатам натурального эксперимента выполняется валидация и верификация математической модели системы. Для серии экспериментов применяется статистическая обработка данных. В ходе анализа обнаруживаются зависимости между факторами, строится аппроксимация функции отклика различного порядка, выполняется анализ чувствительности, определяется вероятность того или иного события.

Наши специалисты выполняют следующие работы:

- подбор факторов
- подбор точек эксперимента
- минимизация числа экспериментов
- повышение достоверности
- анализ данных экспериментов
- статистическая обработка данных



12. Цикл работ для автомобильной промышленности

Обладая большим опытом проектирования в автомобильной промышленности, мы предлагаем отдельный цикл работ в этой области.

Разработка конечно-элементных моделей:

- КЭ модели кузовных деталей и узлов для расчета на удар
- КЭ модели некузовных деталей и узлов для расчета на удар
- преобразование КЭ модели для прочностных расчетов кузова и автомобиля в целом
- разработка КЭ для кинематических, динамических расчетов и анализа долговечности

Расчет и оптимизация несущей системы автомобиля:

- частотный анализ
- определение статической жесткости и прочности
- оптимизация массы при удовлетворении конструкторско-технологических требований (прочности, жесткости, собственным частотам, частотному отклику и т.д.)

Расчет и оптимизация ходовой части автомобиля:

- определение кинематики подвески и рулевого управления
- моделирование испытаний автомобиля на устойчивость и управляемость («переставка», «рывок руля», «поворот» и т.д.)
- расчет плавности хода
- оптимизация ходовой части по критериям устойчивости, управляемости, плавности хода автомобиля в целом
- оценка тормозных свойств автомобиля

Расчет и оптимизация трансмиссии автомобиля:

- расчет узлов (сцепления, КПП, карданной передачи, дифференциала и т.д.)
- определение крутильных колебаний и расчет демпферов
- оптимизация массы деталей при удовлетворении конструкторско-технологических требований (прочности, жесткости, собственным частотам, частотному отклику и т.д.)

Расчет и оптимизация двигателя

Расчет долговечности деталей автомобиля

Оценка внешнего и внутреннего шума автомобиля

Комплекс работ по пассивной безопасности:

- моделирование краш-тестов
- оценка безопасности пешехода
- оценка травмирования манекенов
- проектирование интерьера

Расчет и испытание компонентов (по правилам R11, R12, R14, R17, R34 и R21).

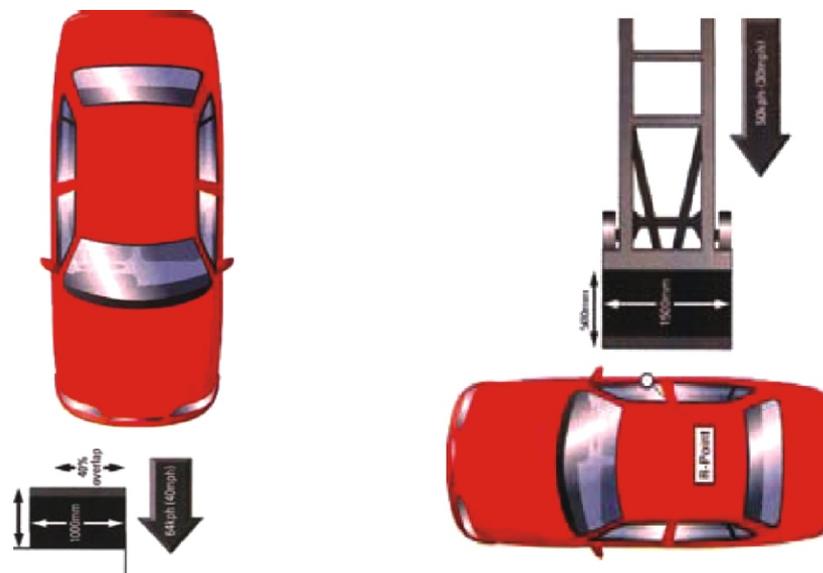
Верификация и валидация модели

Планирование и анализ натурных экспериментов

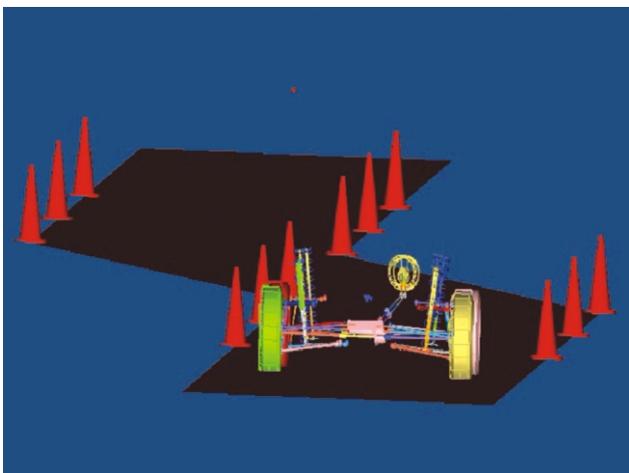
12.1 Моделирование краш-тестов

Основные решаемые задачи:

- фронтальный удар (по требованиям правила R94 и EuroNCAP)
- боковой удар (по правилам R95 и EuroNCAP)
- удар сзади
- низкоскоростные удары (по правилу R42, тесты страховых компаний)
- удар сверху
- оптимизация кузова с учетом требованием по краш-тесту
- верификация и валидация модели автомобиля по результатам натуральных краш-тестов
- анализ энергетического баланса удара
- анализ защитных свойств кабин грузовых автомобилей и автобусов
- расчет защитных устройств прицепов и устройств для фиксации контейнеров



12.2 Моделирование испытаний на устойчивость и управляемость



Основные решаемые задачи:

- моделирование испытаний устойчивости и управляемости
- анализ параметров устойчивости и управляемости
- оптимизация ходовой части, рулевого управления по результатам моделирования
- моделирование движения автомобиля по определенной дороге
- определение настроек подвески по условию максимальной скорости прохождения трассы.

12.3 Расчет несущей системы

Несущая система автомобиля воспринимает все нагрузки, возникающие при ее движении, и служит основанием для крепления узлов и агрегатов автомобиля.

Статические расчеты ведутся от собственных весов всех основных агрегатов автомобиля при действии:

- вертикальных симметричных нагрузок
- вертикальных несимметричных нагрузок
- продольных нагрузок
- боковых нагрузок
- нагрузок, возникающих при преодолении препятствий косым курсом
- специфических нагрузок:

- мягкое опрокидывание
- движение на плаву
- температурных

В задачах динамики рассматриваются:

- детерминированные динамические нагрузки
- случайные динамические нагрузки

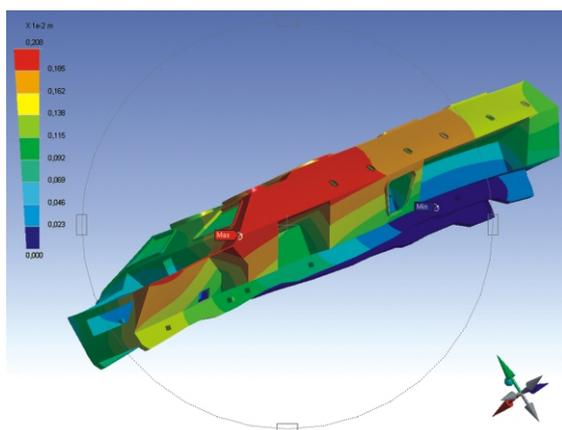
Случайные динамические нагрузки:

- использование экспериментальных данных (показания пятого колеса и т. д.)
- аналитическое представление профиля дороги (среднеквадратичное отклонение и др.), по которым генерируется форма случайного профиля, имеющего те же характеристики в виде математического

Важным аспектом расчетов является рассмотрение предельных состояний:

- движение на резонансных частотах с амплитудами, которые имеют максимальные значения для тех типов дорог, по которым может двигаться автомобиль
- преодоление разовых препятствий, при которых возможен пробой подвески

Случайные колебания интересуют в плане определения ресурса, долговечности несущей системы и для оценки напряженно-деформированного состояния несущей системы.



12.4 Расчет элементов трансмиссии

Для движения автомобиля в различных эксплуатационных условиях необходимо, чтобы усилие на ведущих колесах и частоты их вращения изменялись в значительных пределах. Эту задачу выполняют агрегаты трансмиссии.

При проектировании трансмиссии применяется детерминированный и вероятностный методы оценки прочности и срока службы ее элементов.

Основные решаемые задачи:

- расчет на сопротивление усталости валов, зубчатых колес, подшипников
- расчет жесткости валов
- расчет вибрации элементов трансмиссии
- определение крутильных колебаний валов

При разработке модели трансмиссии важно корректно разработать модели валов, подшипниковых узлов, зубчатых зацеплений, так же необходимо учитывать связь между параметрами движения автомобиля и изменением крутящего момента в трансмиссии.

12.5 Расчет и испытание компонентов

Расчет ремней безопасности по правилу R14

Расчет замков боковых дверей по правилу R11

Расчет сидений по правилу R17

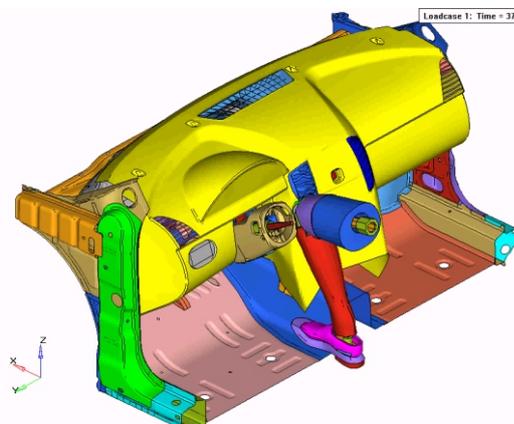
Расчет рулевого управления:

- расчет на удар торсом манекена по правилу R12
- расчет на удар макетом головы по правилу R12

Расчет панели приборов:

- расчет панели приборов по правилу R21
- расчет силового каркаса панели приборов при срабатывании подушек безопасности
- расчет панели приборов в зоне коленей водителя по протоколу EuroNCAP

Расчет топливной системы по правилу R34



12.6 Оценка шума автомобиля

Основное влияние на общий уровень внешнего и внутреннего шума автомобиля оказывают источники механического и аэродинамического шума.

Для анализа источников шума автомобиля выделяют агрегаты и системы, которые в основном формируют ее акустическое поле. К ним относятся двигатель, система выпуска и впуска, вентилятор системы охлаждения, система выхлопа, трансмиссия и шины.

Основные решаемые задачи:

- расчет уровня шума агрегатов и систем
- исследование шума при турбулентном обтекании автомобиля
- расчет шумоизоляции агрегатов и систем автомобиля
- расчет виброизоляции двигателя
- оптимизация характеристик и конструкции шумоизоляционных устройств



12.7 Анализ эргономики рабочего места водителя

Эргономика рабочего места водителя регламентирует требования по:

- обзорности
- усилиям, прикладываемым к органам управления автомобиля
- основным размерным параметрам автомобиля

12.8 Расчет и оптимизация двигателя

- расчет рабочего процесса двигателя
- расчетная оптимизация газоздушного тракта ДВС (впускные трубопроводы головки, выпускной коллектор)
- расчетная оптимизация блока цилиндров
- расчетная оптимизация формы каналов охлаждающей жидкости в головке блока цилиндров
- расчетная оптимизация системы вентиляции картера
- расчетная оптимизация фаз газораспределения
- расчетная оптимизация поршня двигателя
- расчетная оптимизация шатуна
- расчетная оптимизация коленвала
- расчетная оптимизация подшипников коленвала
- расчетная оптимизация комплекта поршневых колец
- расчетная оптимизация схемы расположения опор двигателя
- расчетная оптимизация жесткости опор двигателя

12.9 Оптимизация элементов автомобиля

Выполняется топологическая, топографическая и параметрическая оптимизация.

Топологическая оптимизация предполагает поиск конструктивного расположения и формы основных конструктивных элементов автомобиля.

Топографическая оптимизация позволяет найти оптимальную форму оболочечных элементов – кузова, дверей.

Параметрическая оптимизация предполагает фиксированное число и место расположения элементов конструкции КМ, уточняются размеры основных элементов конструкции автомобиля.

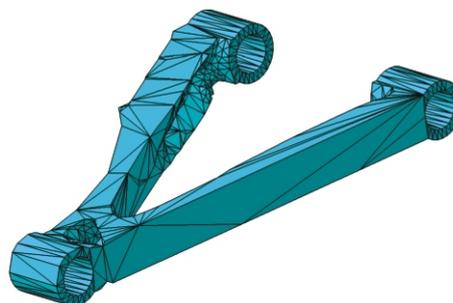
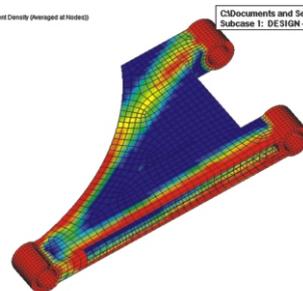
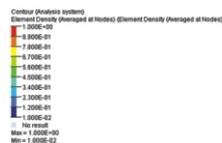
Общая цель – найти параметры, включающие число, месторасположение, форму и размеры основных элементов автомобиля, при которых несущая система будет иметь минимальную массу и удовлетворять по прочности, жесткости и частотам.

Основные решаемые задачи:

- снижение массы
- уменьшения занимающего объема
- изменение моментов инерции детали (в соответствии с ее функциональностью)
- изменение величин собственных частот деталей (смещение их в нерабочую область) и др.

Решением задач оптимизации являются:

- определение оптимальной формы детали в заданном объеме
- оптимизации размеров (уточнение) детали при определенной форме
- подбор материала детали



12.10 Расчет на долговечность

Выполняются следующие оценки долговечности:

- капота, багажника и боковых дверей
- сидений в сборе и каркаса сидений
- ремня ГРМ и ремня привода генератора
- привода сцепления
- элементов коробки передач
- приводов колес
- рычагов подвески
- элементов рулевого механизма
- механизмов кузова
- тормозной и топливной систем

12.11 Оценка безопасности пассажира и пешехода

Анализ критериев травмирования манекенов.

При фронтальном ударе:

- моделирование манекенов водителя и пассажира
- с подушками безопасности
- с ремнем безопасности
- удар коленями
- анализ жизненного пространства

При боковом ударе:

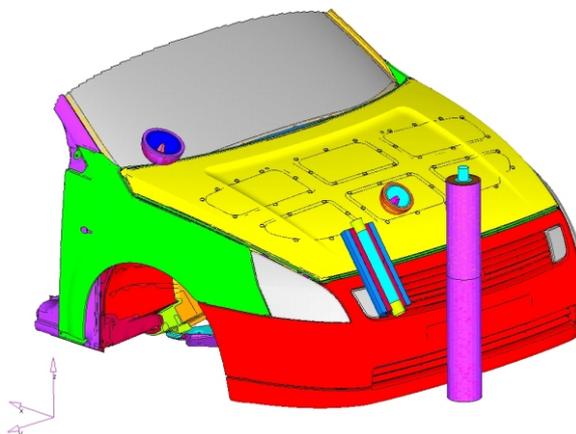
- с боковыми подушками безопасности



Анализ и оптимизация интерьера, выбор материалов.

Оценка безопасности в отношении столкновения с пешеходом (Директивы ЕС 2003/102 и 2004/90)

- разработка и валидация ударников
- оценка критериев травмирования
- оценка на удар макетом головы и определение зоны В
- оценка на удар верхней части ног
- оценка на удар нижней части ног

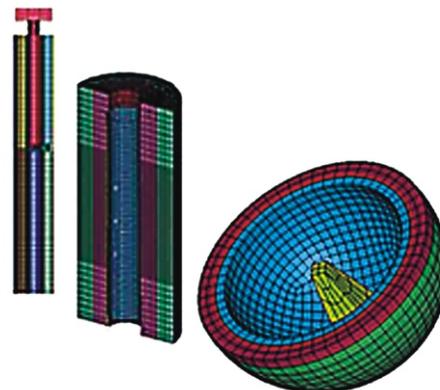
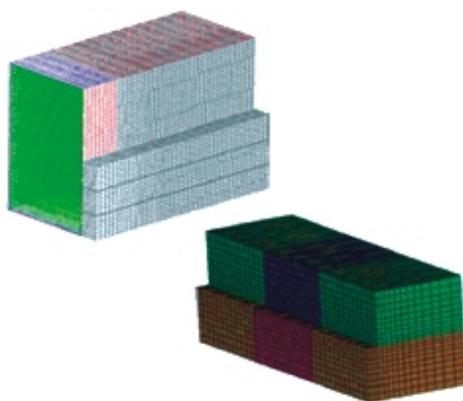


12.12 Библиотека моделей

Для проведения численных экспериментов мы используем библиотеку собственных и сторонних конечно-элементных моделей.

Библиотека моделей ударников для испытаний по безопасности столкновения с пешеходом (WG-17):

- ударники головы взрослого человека и ребенка
- ударник бедра
- ударник верхней части ног



Библиотека моделей барьеров:

- ODB барьер. Деформируемый барьер для фронтального удара
- MDB барьер. Подвижный деформируемый барьер

13. Газодинамические расчеты и теплоперенос

Выполняются следующие расчеты:

- внешняя аэродинамика
- подкапотное пространство
- системы отопления и вентиляции
- климат



15. Разработка CAD/CAE программ

В каждой компании существует свое know-how, свои разработки, которые при меняются при проектировании. Необходимо автоматизировать применение этих разработок при проектировании. методики.

Это могут быть различные расчетные методики конструкторского проектирования, методики, облегчающие передачу данных и многое другое.

Мы выполняем следующие виды автоматизации:

- автоматизация проектных процедур
- разработка приложений для существующих CAD/CAE систем
- разработка инструментов для импорта-экспорта данных
- разработка специализированных CAD и CAE приложений

Разработка собственных приложений на базе технологий:

- Open CASCADE (геометрическое 3D моделирование)
- PRADIS (моделирование физических систем различной природы);
- CRASHOPT (пакет оптимизации)
- Web-Dyna (Web-интерфейс для удаленного доступа к LS-Dyna)

Компания Ладуга имеет большой опыт в разработке специализированных инструментов для инженера. Разработанные компанией продукты успешно применяются нами в проектировании.

15.1 PRADIS

PRADIS - программный комплекс для анализа динамики систем различной физической природы.

Разработка комплекса идет с 1992 года, начав свое развитие с платформы VAX. За это время на практике были протестированы математическое ядро и модели комплекса, показана высокая надежность и точность алгоритмов и моделей.

Комплекс базируется на следующих принципах:

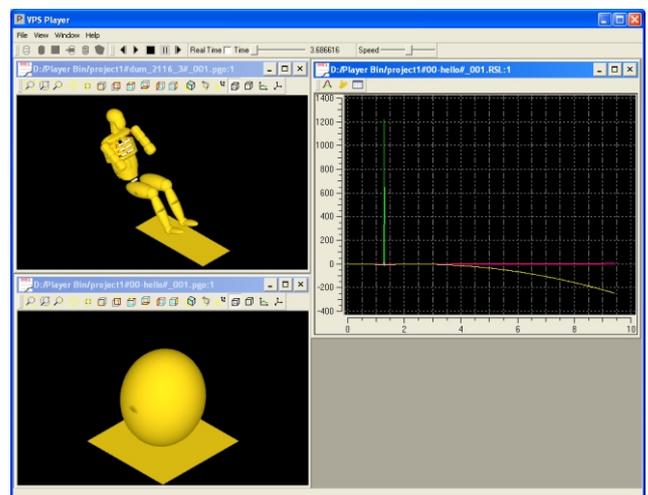
- Универсальность
- Открытость
- Переносимость

Принцип универсальности позволяет выполнять анализ любых технических систем, поведение которых описывается с помощью системы дифференциальных уравнений. Практические возможности моделирования определяются библиотекой моделей комплекса. В PRADIS возможно не только раздельное, но и совместное моделирование различных физических систем. В библиотеку входит более 160 моделей:

- Механика
- Биомеханика (моделирование манекена)
- Электроника
- Гидравлика
- Пневматика
- Элементы ТАР
- Элементы сплошной среды, конечные элементы (балки, стержни, пластины и т.д.)
- Контактные элементы
- Совместные элементы (для различных физических систем)

Принцип открытости позволяет любому пользователю создать собственную библиотеку моделей. Это позволяет пользователям не только настраивать комплекс для собственных нужд, но и участвовать в разработке общей библиотеки комплекса. Открытость выходных и входных форматов файлов комплекса позволяет пользователям писать собственные инструменты для подготовки задания и анализа результатов.

В настоящее время в комплексе активно развивается автомобильный модуль. Одним из пользователей комплекса является ОАО АВТОВАЗ. Инженеры АВТОВАЗа решают с



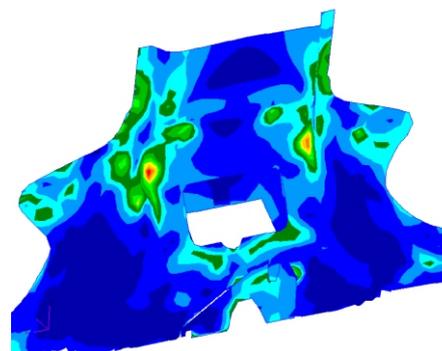
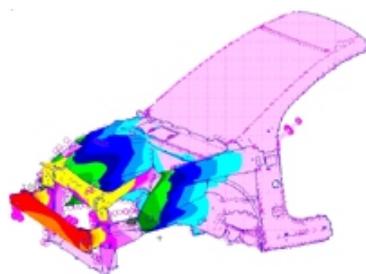
16. Партнеры и заказчики компании

Среди наших клиентов: ОАО АВТОВАЗ.



17. Примеры выполненных проектов

- частотный анализ рулевой колонки
- анализ лючка наливной горловины топливного бака
- расчет зон крепления багажника
- расчет наружной панели передней двери
- расчет наружной панели задней двери
- расчетное определение жесткости кузова автомобиля при вывешивании
- расчетное определение жесткости кузова при кручении автомобиля на станке
- частотный анализ кузова автомобиля
- расчет и оптимизация задней бускировочной проушины
- расчет на прочность каркаса безопасности спортивного прототипа автомобиля
- верификация и валидация конечно-элементной модели автомобиля для краш-теста
- анализ безопасности автомобиля по столкновению с пешеходом
- оптимизация каркаса салона по требованиям фронтального удара
- анализ динамики двери багажника и расчет долговечности
- разработка конечно-элементной модели автомобиля
- разработка конечно-элементной модели автомобиля и моделирование краш-теста
- разработка технических требований и каталога расчетов к легковому автомобилю





Интернет

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

Центральный офис

143000, г. Одинцово, Московская область, ул. Говорова, д.26, к.1
Тел.: (495) 597-20-82, (495) 991-88-97
Факс: (495) 597-20-80