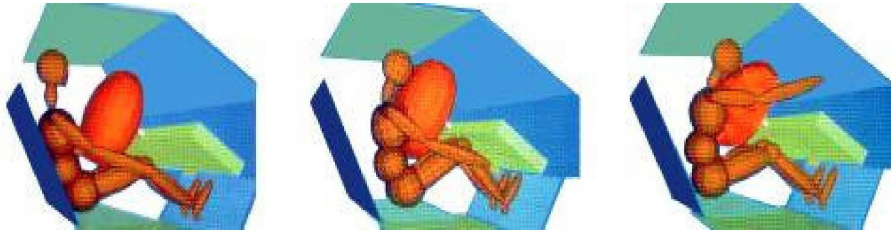
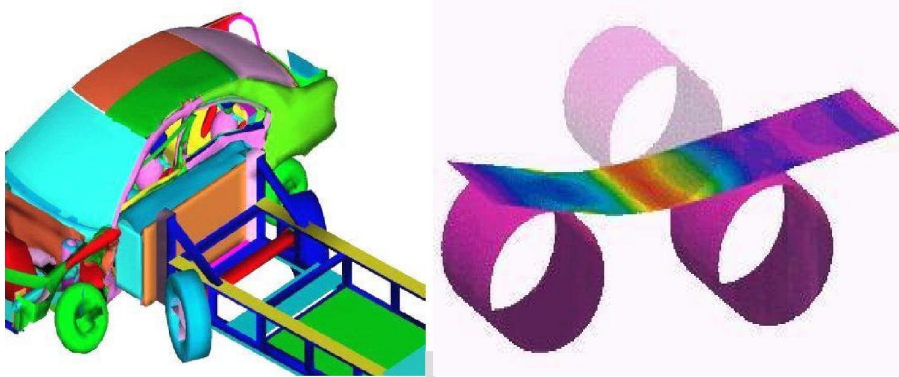


# LS-DYNA

Самый известный и самый передовой программный комплекс для динамического анализа



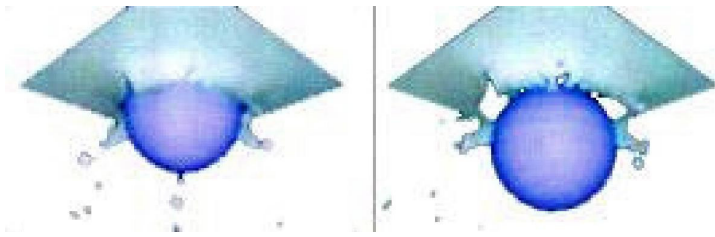
LS-DYNA - многоцелевая программа, использующая явную постановку метода конечных элементов (explicit finite element program) - предназначена для анализа нелинейного динамического отклика трехмерных неупругих структур. Полностью автоматизированный процесс решения контактных задач, а также множество функций по проверке получаемого решения позволяют инженерам во всем мире успешно решать сложнейшие задачи удара, разрушения и формования.



1. Аналитические возможности
2. Приложения
3. Библиотека элементов
4. Модели материала
5. Контакт
6. Специализированные функции для проблем автомобилестроения
7. Адаптивность
8. Функциональность
9. Оценка корректности
10. Компьютерные платформы

## 1. Аналитические возможности

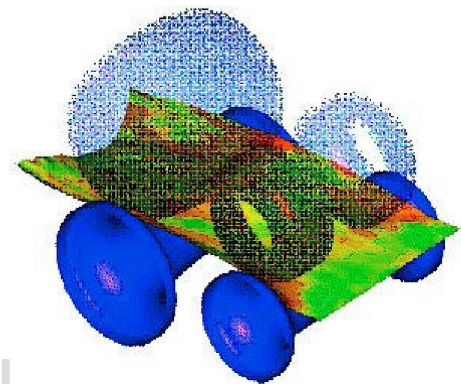
LS-DYNA имеет следующие возможности по моделированию физического поведения трехмерных структур:

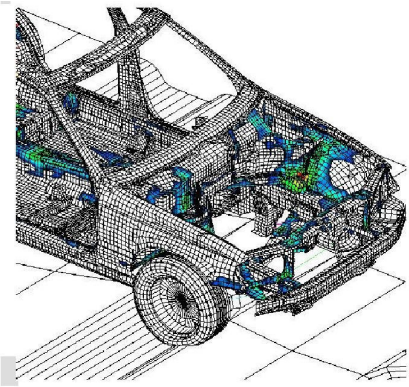


- Нелинейная динамика
- Тепловые задачи
- Разрушение
- Развитие трещин
- Контакт
- Квази-статика
- Эйлеровские свойства (Eulerian)
- " Произвольное Лагранж-Эйлеровское поведение (Arbitrary Lagrangian- Eulerian (ALE))
- Акустика в реальном масштабе времени
- Многодисциплинарный анализ: прочность, теплофизика, акустика (Multi-physics coupling (structural, thermal fluid, acoustics, etc.))

## 2. Приложения

- Оценка сопротивляемости удару (crashworthiness simulations): автомобили, летательные аппараты, поезда, суда
- Анализ безопасности пассажира (Occupant safety analyses): взаимодействие воздушной подушки и виртуальной модели человека (airbag – dummy interaction), ремни безопасности, и др.
- Формование металла: прокат, выдавливание, штамповка, литье, волочение, пластическое формование, прокат профилей, глубокая вытяжка, гидроформование (включая большие деформации) и многоступенчатые процессы (rolling, extrusion, forging, casting, spinning, ironing, superplastic forming, sheet metal stamping, profile rolling, deep drawing, hydroforming (including very large deformations), and multi-stage processes.





## Резка металла

- " Задачи о вылете лопатки турбинных двигателей (Jet engine blade containment)
- ° Птицестойкость
- ° Расчет тонкостенных, жестяных контейнеров
- ° Производство автомобильных комплектующих: корпус, бамперы, колесные диски, рулевые колонки, (Automotive part manufacturing: car body, bumpers, girders, steering wheel, steering column, etc.)
- ° Электронные компоненты
- ° Проникновение (penetration)
- ° Формование стекла
- ° Пластики: литье, инжекционное литье
- ° Биомедицинские приложения (Biomedical applications)
- ° Взрывная нагрузка (Blast loading)
- ° Анализ ячеистых, сотовых и тонкостенных кессонных конструкций
- ° Точно-сварные, заклепочные и болтовые соединения
- ° Инженерный расчет изделий народного потребления (инструменты, спортивный инвентарь, защитные шлемы и т.д.)
- ° Взаимодействие потоков жидкости и газа с конструкцией
- ° Моделирование землетрясений
- ° Расчет грузовых контейнеров

## 3. Библиотека элементов

Элементы низкого порядка, используемые в LS-DYNA просты, эффективны и точны - используются специальные элементы с редуцированным числом точек интегрирования. Для оболочечных и твердотельных элементов изменения формы с нулевой энергией деформации (zero-energy modes) контролируются как вязкостью, так и жесткостью (hourglass viscosity or stiffness). Все элементы практически на 100% векторизованы (оптимизированы под векторную архитектуру компьютера).

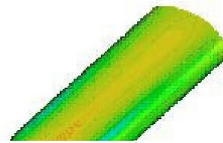
- ° прямоугольные тонкие оболочки
- ° треугольные оболочечные элементы
- ° мембраны

- элементы толстой оболочки (hexahedral thick shells)
- элементы твердого тела
- балки
- 2-х узловые ферменные стержневые элементы (2-nodes truss element)
- элементы "только растяжение" (cable elements)
- пружины и демпферы
- точечные массы
- элементы "ремень безопасности" (seatbelt elements)
- абсолютно жесткие тела (rigid bodies)
- моделирование сварки

#### 4. Модели материала

LS-DYNA имеет 100 различных моделей металлических и неметаллических материалов.

- упругую
- упругопластическую
- эластомеры (упругие полимеры)
- модели вспененных материалов
- линейная вязко-упругая
- стекло
- геологические модели
- элементы ткани
- кевлар (kevlar) с повреждениями
- уравнения состояния гидродинамики
- акустическое давление
- композиты
- задаваемые пользователем модели
- специальные возможности по анализу потоков

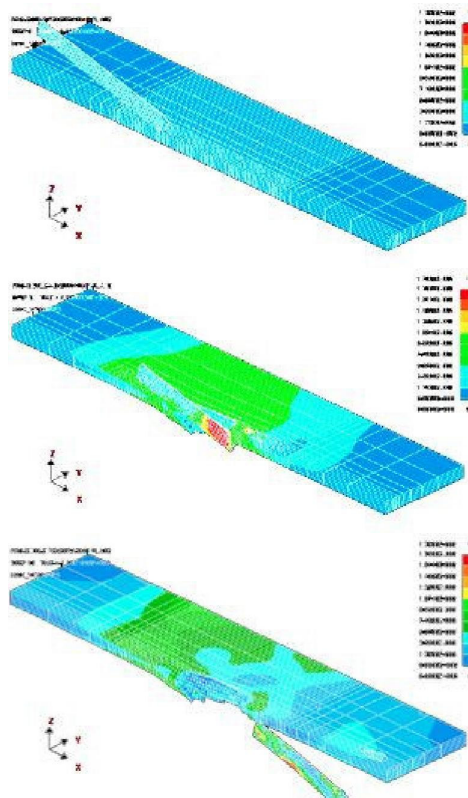


#### 5. Контакт

Решение контактных задач в LS-DYNA полностью автоматизировано. В решении используются constraint and penalty methods для удовлетворения условий контакта. Эта методика прекрасно зарекомендовала себя и на протяжении последних более чем двадцати лет LS-DYNA используется в таких сложнейших приложениях, как анализ сопротивляемости удару как целиком автомобиля (или любого транспортного средства), так и отдельных его компонентов, анализ безопасности пассажира.

Возможен также расчет объединенного термо-механического контакта. В программе осуществляется более 20 моделей контакта. Большинство из них связано с контактом деформируемого в деформируемое тело, контакт отдельных поверхностей деформируемого тела и контакт деформируемого с абсолютно жестким телом, например:

- контакт с абсолютно жесткими поверхностями
- связанные поверхности (tied surfaces)
- узлы, привязанные к поверхности (nodes tied to surfaces)
- края оболочек, привязанные к поверхности оболочек (shell edges tied to shell surfaces)
- смятие (folding)
- интерфейс между потоками и конструкцией
- эродирующий контакт
- контакт край в край (edge-to-edge contact)
- расчет результирующей силы при контакте и моделирование контакта при известной результирующей силе (resultant force contact)
- отбортовка (drawbeads)
- импорт поверхностей из CAD-систем



В программу включены специальные возможности по моделированию контакта между абсолютно жесткой поверхностью (обычно определяемой аналитически) и деформируемой конструкцией, например штамповка металла, где штамп и прессформа могут быть импортированы в форматах IGES- или VDA и далее считаются абсолютно жесткими. Следующим примером может быть моделирование состояния пассажиров в транспортном средстве где жесткий манекен контактирует с деформируемыми поверхностями воздушных подушек и панели управления.

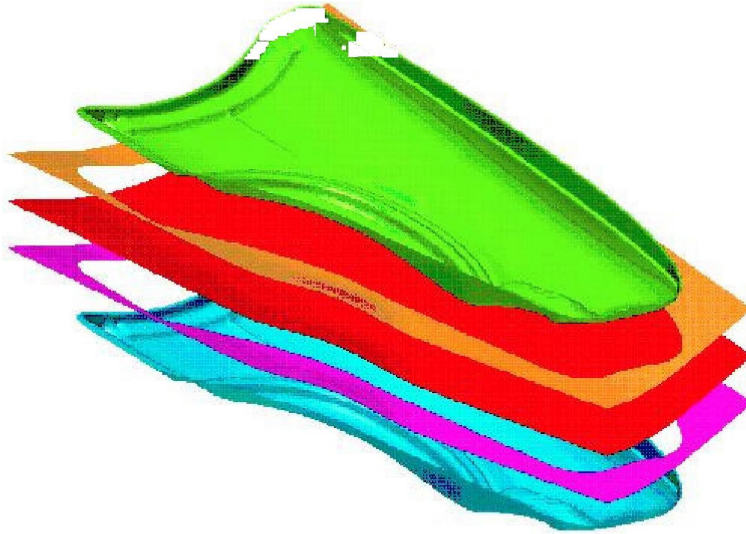
LS-DYNA реализует следующие возможности в моделировании трения:

- Статическое и динамическое Кулоновское трение
- вязкое трение
- модели трения, определяемые пользователем

Задание контактирующих поверхностей предельно упрощено, и пользователь может специфицировать части конструкции (или всю конструкцию целиком), вступающие в контакт, графически - выбирая с помощью мыши или просто задавая соответствующий идентификатор.

## 6. Специализированные функции для проблем автомобилестроения

- ° Расчет ремней безопасности - включая моделирование акселерометра, натяжителя, датчиков, контактных колец (accelerometer, pretensioner, retractor, sensor, and slip ring)
- ° насос для накачки воздушных подушек (Inflator models)



- ° модели ткани воздушной подушки (Airbag fabric constitutive models)
- ° акселерометры (Accelerometers)
- ° датчики воздушной подушки (Airbag sensors)
- ° прорыв воздушной подушки (Airbag breakout)
- ° Эйлеровское

раскрытие воздушных подушек

- ° контейнер воздушной подушки (Airbag folder)
- ° размещение готового манекена
- ° сверка раскрытого состояния воздушных подушек с нераскрытым положением
- ° специальные демпферы для снятия бокового удара на манекен пассажира
- ° интерфейсная модель прошитой воздушной подушки/ прижимы (Airbag stitched interface model/straps)

## 7. Адаптивность

Традиционные конечноэлементные программы не позволяют проводить расчеты в области больших деформаций. Явная формулировка метода, используемая в LS-DYNA позволяет без потери точности деформировать КЭ сетки вплоть до вырождения отдельных элементов, что, наряду с автоматической регенерацией сеток, сводит участие пользователя в решении высоко нелинейных задач к минимуму.

- ° адаптивные сетки
- ° нормы ошибок
- ° специфицируемые пользователем уровни сгущения сеток (refinement)
- ° вложенные циклы итерирования
- ° графический вывод

## **8. Функциональность**

Множество опций, контролирующих функций и вложенных процедур дают пользователям необычайно гибкий инструментарий для решения конкретных задач

- ввод с использованием ключевых слов
- прямой импорт модели в формате Nastran (Nastran bulk data files)
- разбиение вводного файла на несколько меньшего объема
- пользовательские процедуры
- функция адаптивного перестроения сеток (remapping)
- функция общего перезапуска
- перенесение граничных условий
- динамическое размещение данных (dynamic storage allocation)
- опции контроля вывода результатов в базу данных
- программно опрашиваемые переключатели - монитор слежения за статусом процесса
- динамическая релаксация (для моделирования квазистатики)
- интерактивная графика в режиме реального времени
- приложение предварительного напряжения к конструкции по результатам линейного решения из ANSYS, Nastran
- двойная точность для 32-битных рабочих станций
- оптимизация

## **9. Оценка корректности**

Результаты анализа проведенного на LS-DYNA полностью совпадают с данными натурных испытаний. Перед выпуском каждой версии программа подвергается всестороннему тестированию - решается более 1000 пробных задач.

Материалы с сайта фирмы ООО “КАЕ-Сервисы”