

## РАЗДЕЛ 20

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКОЙ



# МОТИВАЦИЯ

- Около 50% всех задач усталости материалов в автомобильной промышленности связаны с анализом точечной сварки
- Стоимость работ связанных только с одной точечной сваркой на автоматизированной промышленной линии может превышать \$30,000
- Внесение поздних доработок может привести к удорожанию этих работ вдвое
- Независимо от вида конструкции, качество выполнения точечной сварки напрямую влияет на качество всей конструкции

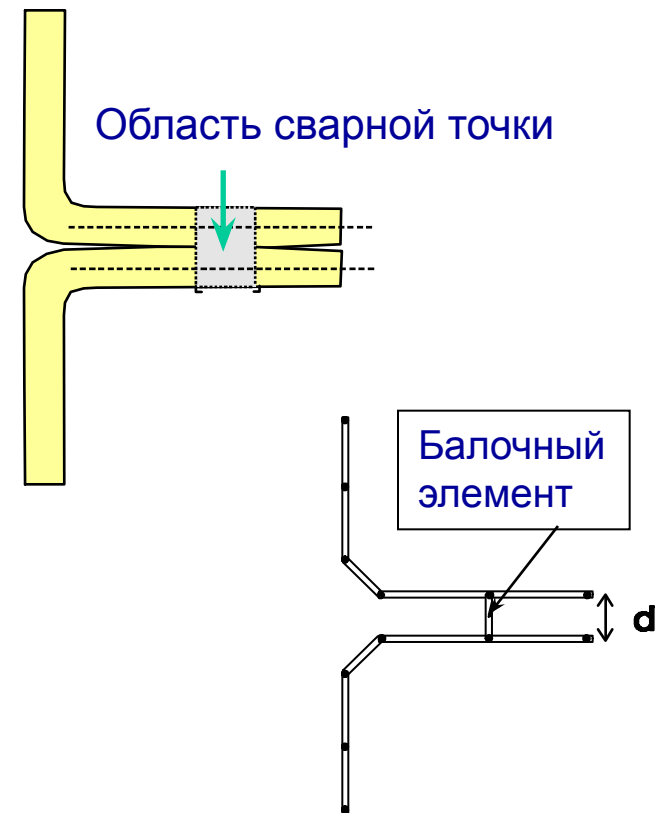
# СЛОЖИВШАЯСЯ ПРАКТИКА

- Все больше растет необходимость в автомобильной промышленности уменьшения затрат времени на разработку новых изделий. Уменьшение числа прототипов означает необходимость применения в большем объеме систем инженерного анализа.
- Сегодня не существует универсальных инструментов для прогнозирования долговечности точечной сварки
- Решение о количестве сварных точек, их расположении и размере обычно принимается на основе:
  - Решения проектирующего инженера, которое он принимает, исходя из уровня напряжений и опыта (сварные точки часто вообще не моделируются)
  - Решения технолога, которое он принимает из соображений существующей технологической базы и экономических критериев

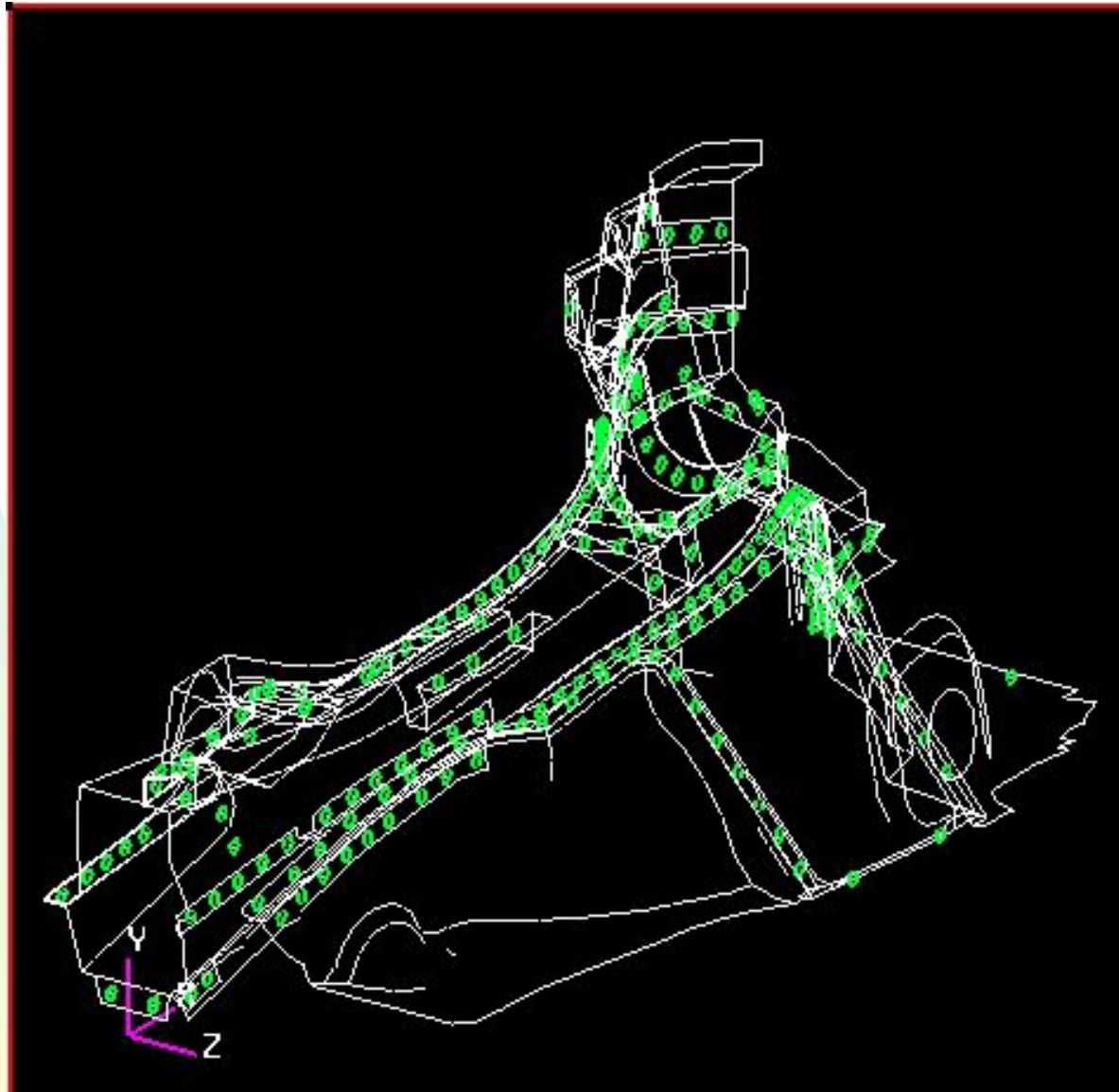
# МЕТОД НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

( *Rupp - Storzel - Grubisic* )

- Для моделирования сварных точек при помощи жестких балок достаточно грубая КЭ сетка
- Балки используются для определения передаваемых сил и моментов и через место сварки
- Усилия и моменты используются для расчета «структурных напряжений»
- Долговечность рассчитывается на основе применения правила Майнера
- Метод в общем случае применим для применения в анализе сложного многоосного нагружения

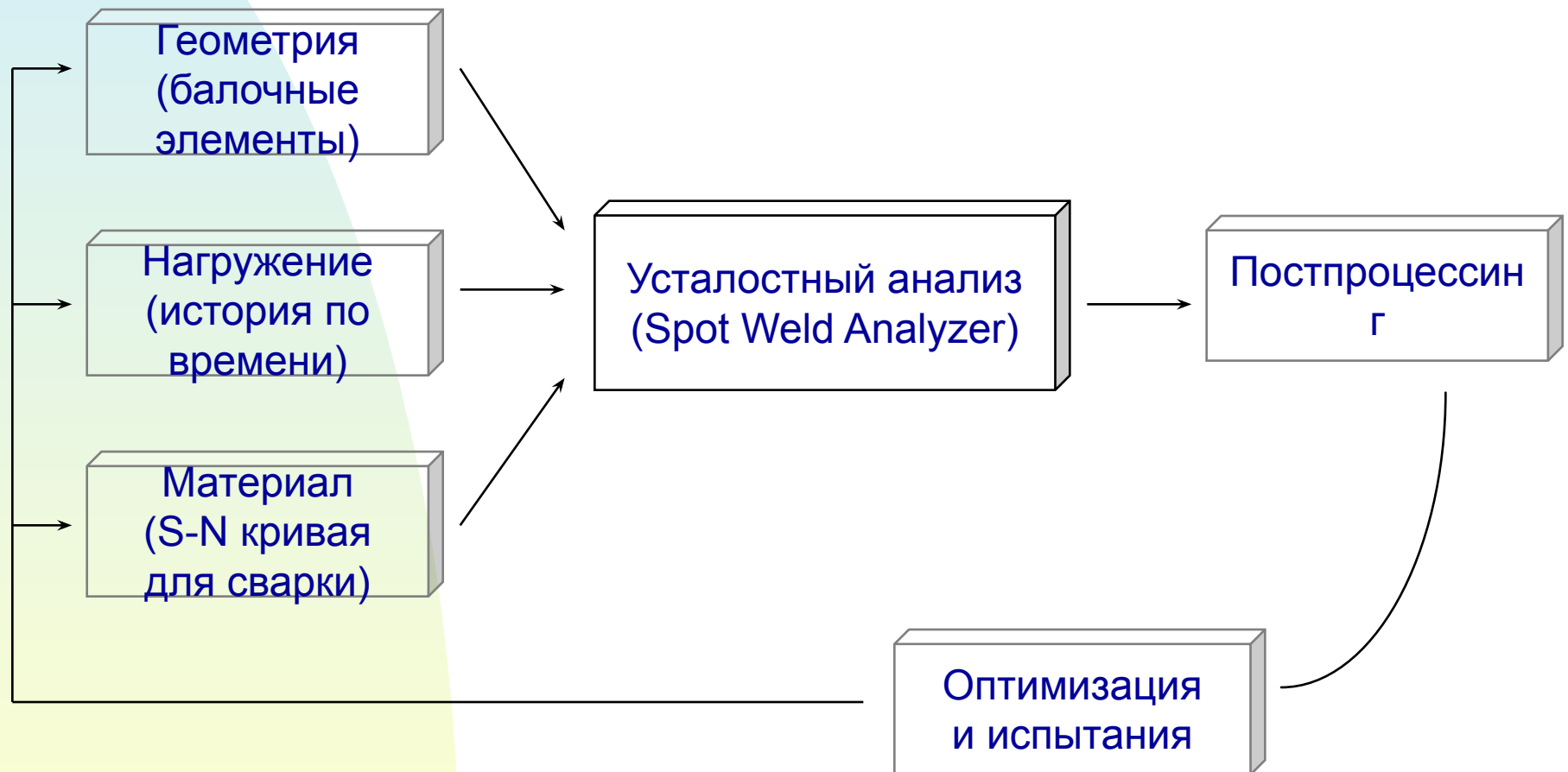


# АВТОМОБИЛЬНАЯ ДЕТАЛЬ СО СВАРНЫМИ ТОЧКАМИ

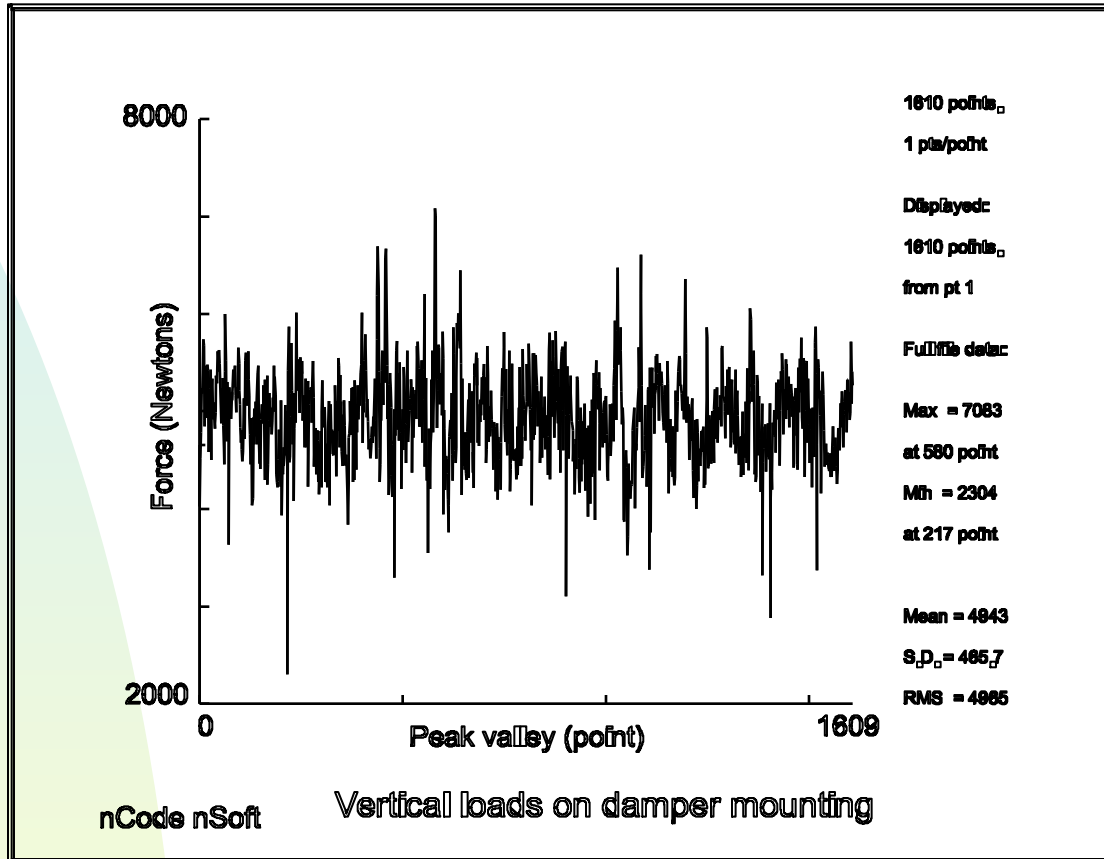


# КАК МОДЕЛИРОВАТЬ ТОЧЕЧНУЮ СВАРКУ?

## Блок-схема (5 блоков)



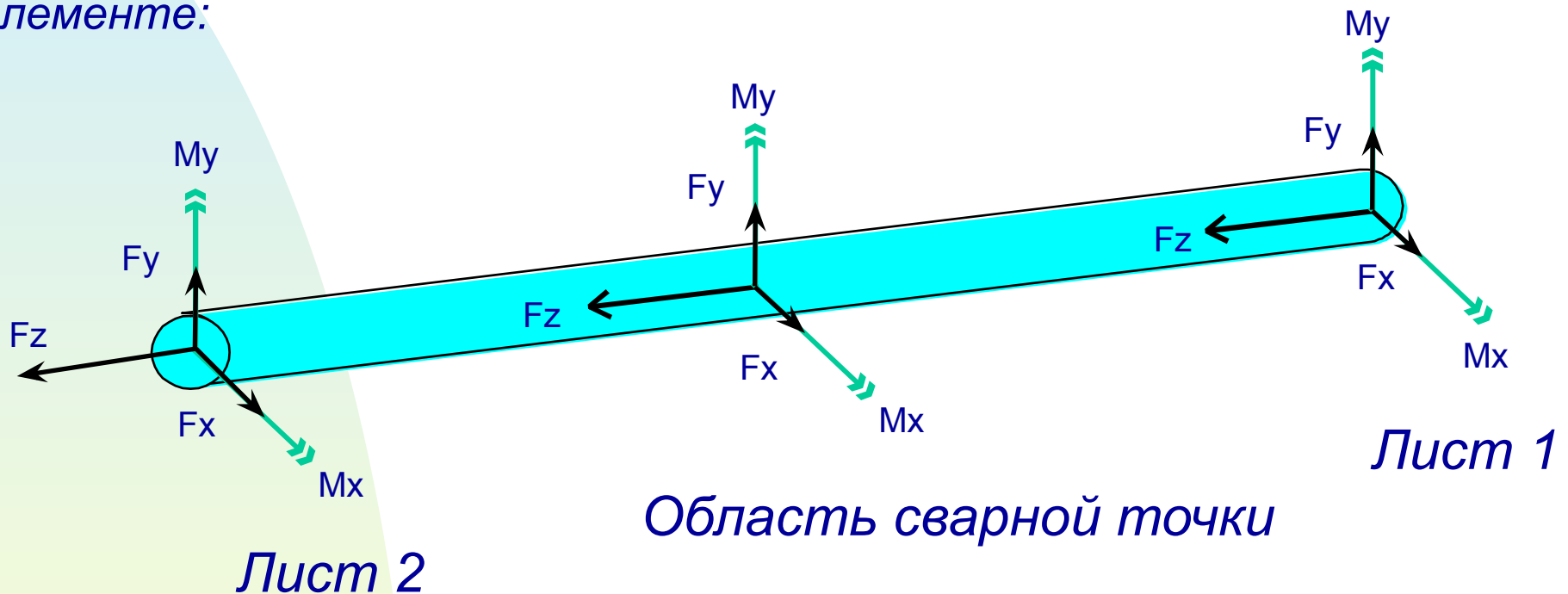
# ИСТОРИЯ НАГРУЖЕНИЯ





# РАСЧЕТ СТРУКТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Структурные напряжения вычисляются на основе сил и моментов в каждом балочном элементе:



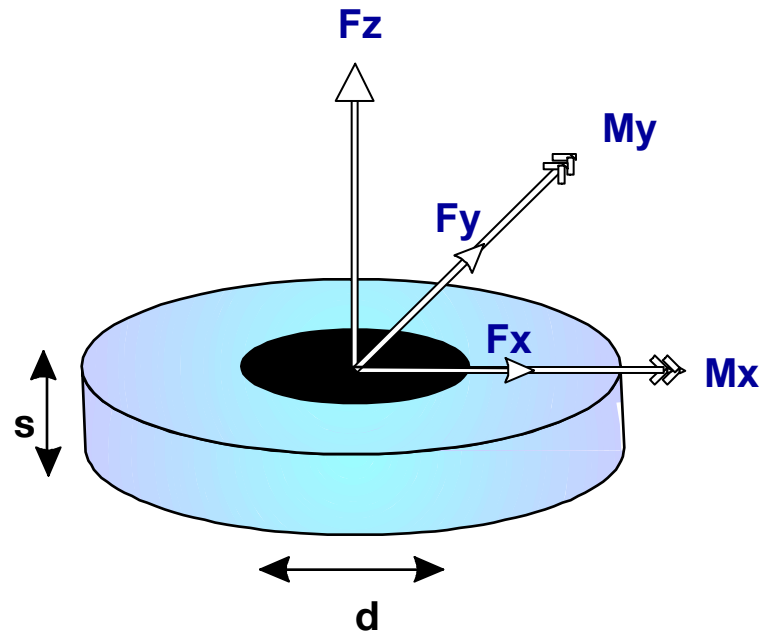
# РАСЧЕТ СТРУКТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Напряжения в листе :

$$\sigma_{r,\max} = \frac{F_{x,y}}{\pi ds}$$

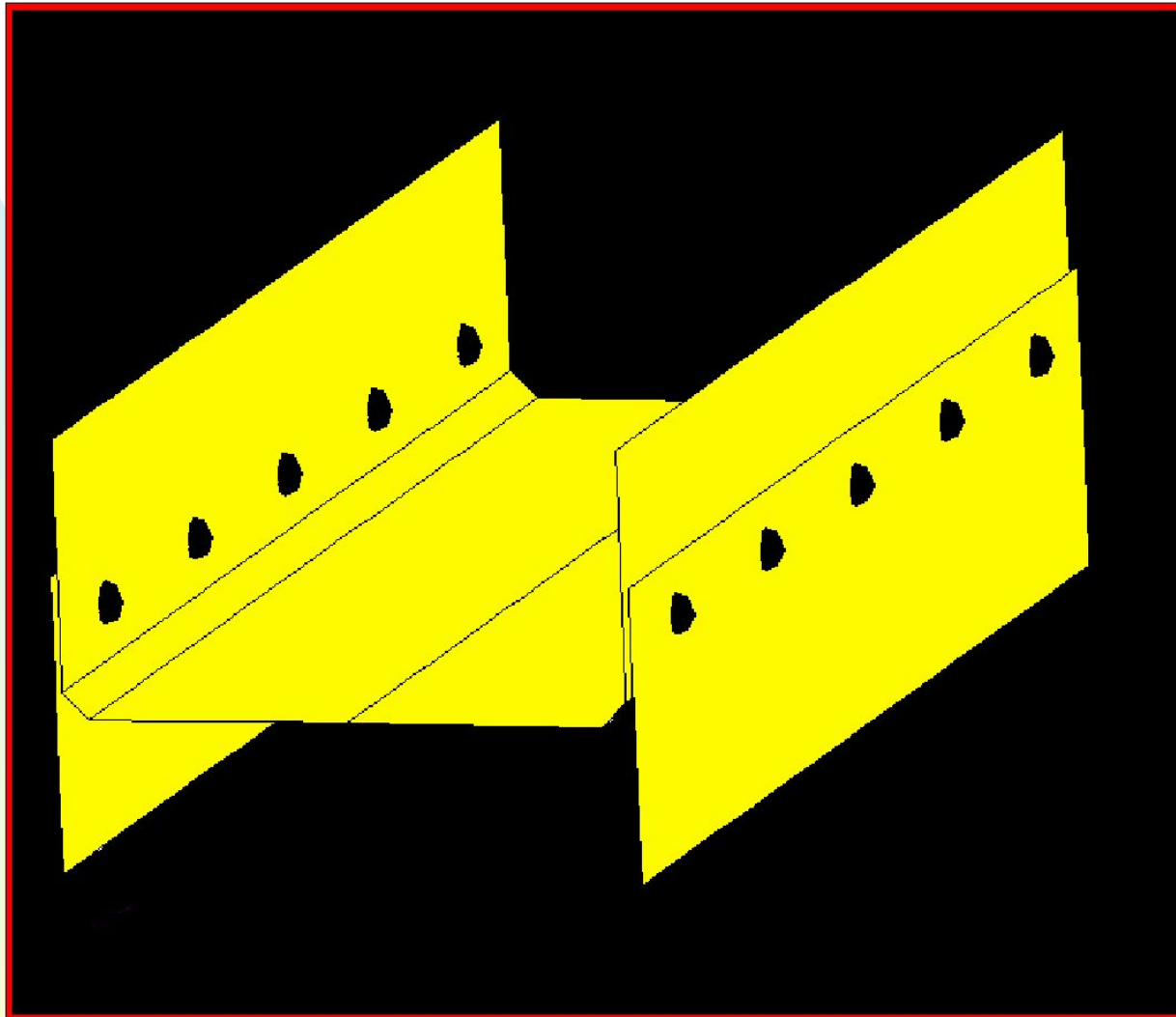
$$\sigma_r = 1.744 \frac{F_z}{s^2}$$

$$\sigma_{r,\max} = 1.872 \frac{M_{x,y}}{ds^2}$$

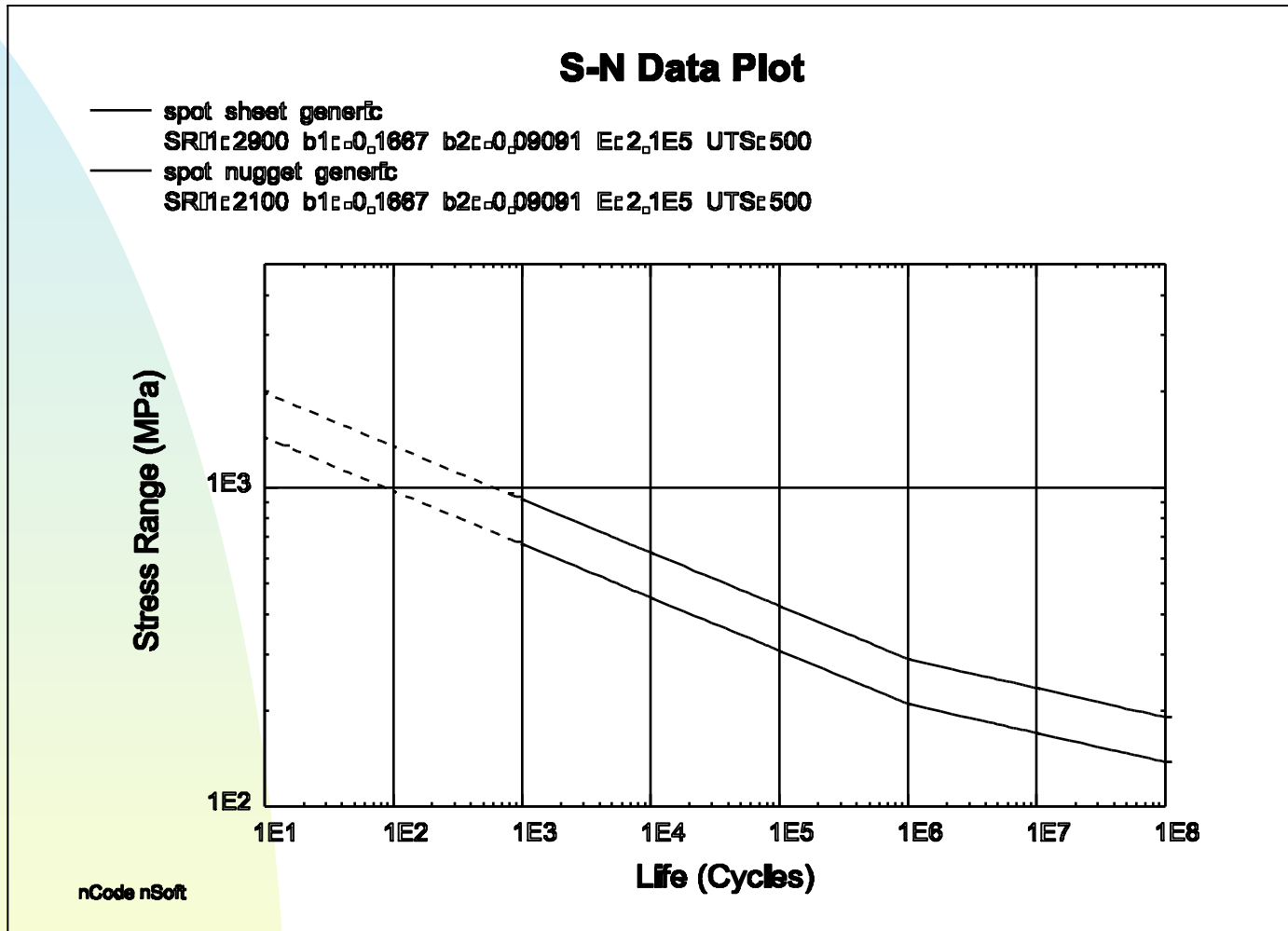


- Аналогичные уравнения для напряжений в сварной точке
- Применяемые коэффициенты корректируют размерный фактор

# ТИПИЧНЫЙ ОБРАЗЕЦ ДЛЯ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ



# ТИПИЧНЫЕ КРИВЫЕ УСТАЛОСТИ (S-N КРИВЫЕ)



# ПРОЦЕДУРА ПОДСЧЕТА ПОВРЕЖДАЕМОСТИ

- Напряжения и усталостные повреждения рассчитываются вокруг каждой сварной точки с интервалом 10 градусов как для самой сварной точки для и для соединяемых деталей
- Изменение напряжений в точке считается так:

$$\sigma(t) = \sum \frac{\sigma^k}{P_k} P_k(t)$$

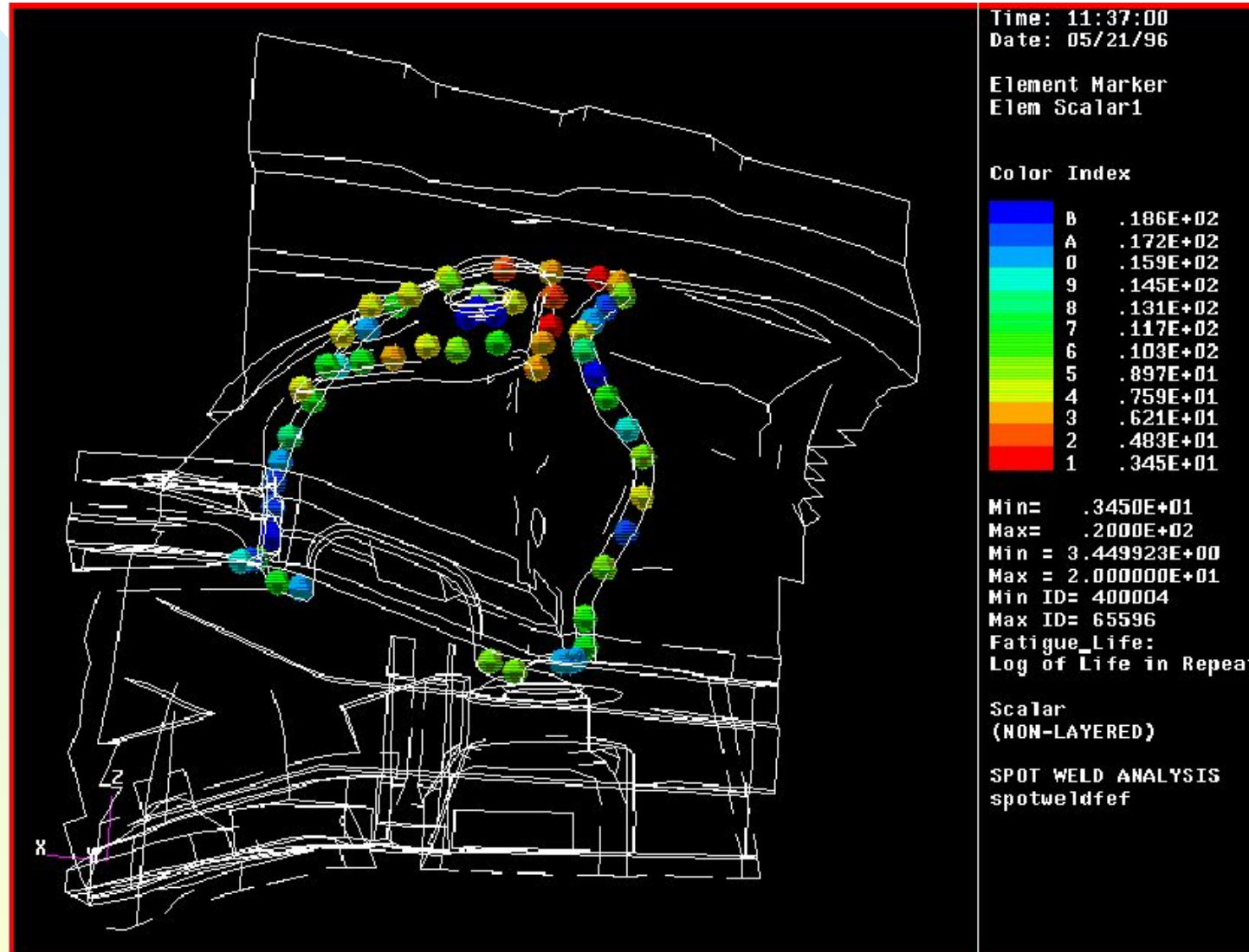
где k = номер расчетного случая статического, или переходного процесса.

- Долговечность вычисляется при помощи линейного суммирования повреждаемости (правила Майнера)

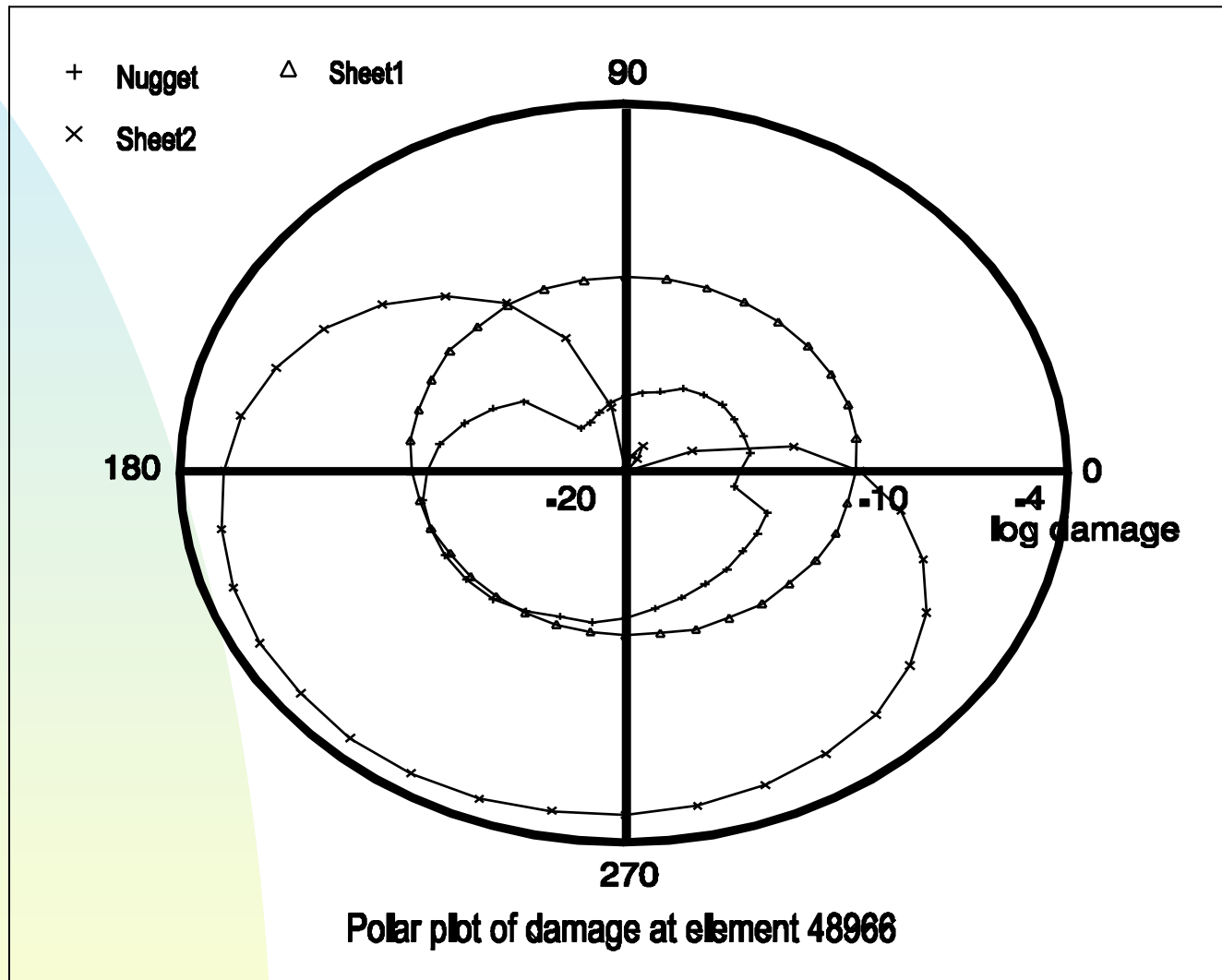
# ОПЦИИ ПОСТПРОЦЕССИНГА РЕЗУЛЬТАТОВ

- Листинг файлов результатов: долговечность, повреждаемость, расположение трещины и т.д.
- Использование средств MSC.Patran (Insight)
- Полярные графики повреждаемости
- Возможность проведения оптимизации

# РЕЗУЛЬТАТ УСТАЛОСТНОГО АНАЛИЗА



# ПОЛЯРНЫЙ ГРАФИК ПОВРЕЖДАЕМОСТИ

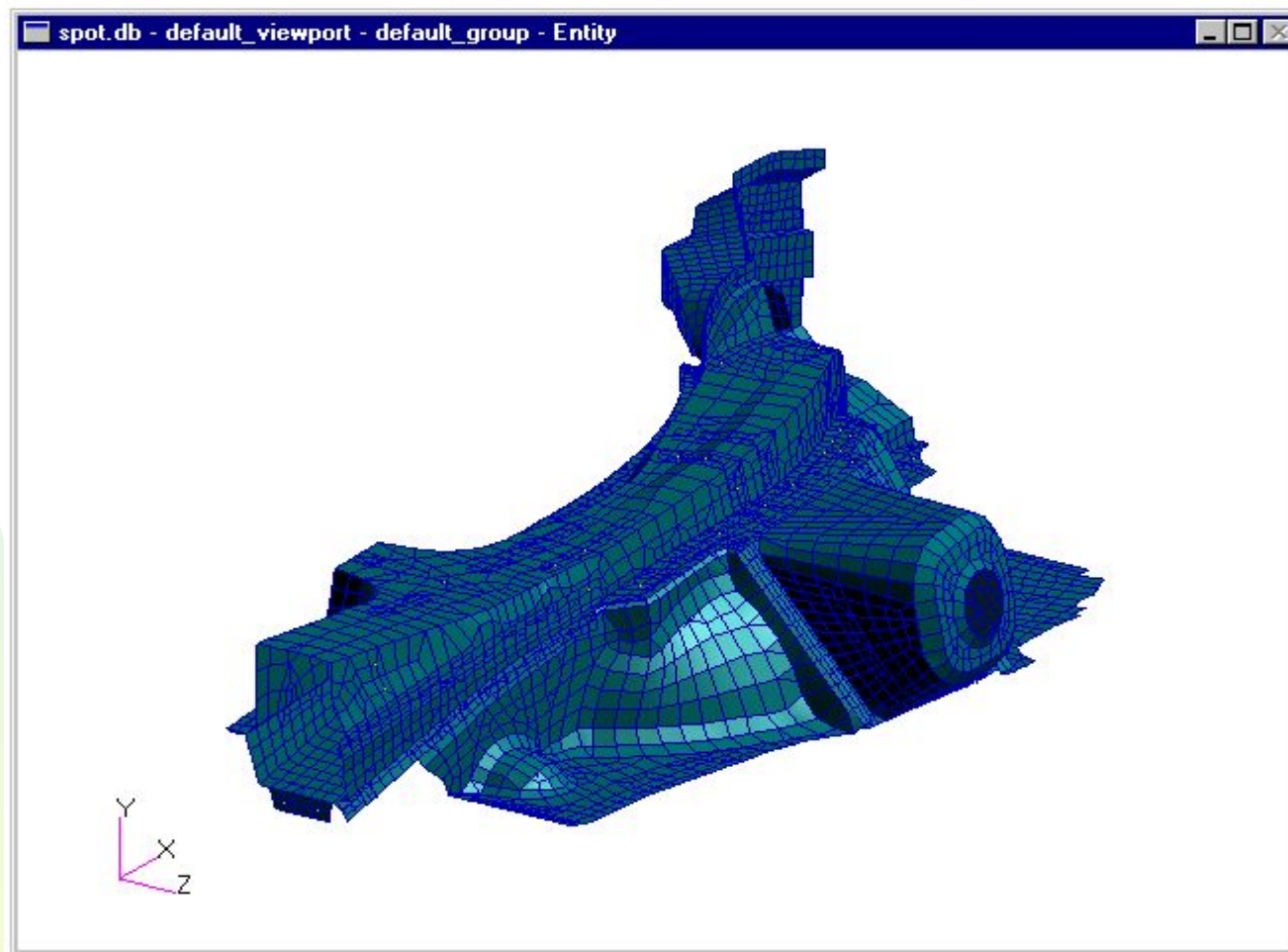




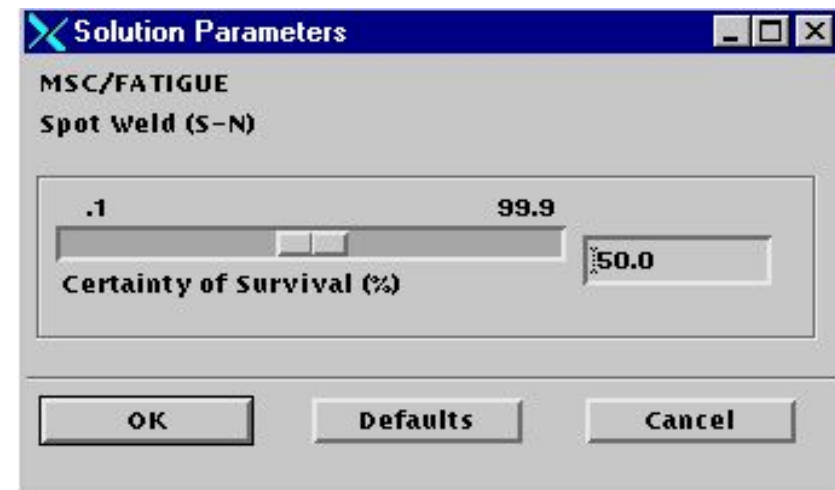
# ПРИМЕР: АНАЛИЗ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Проведите анализ сварных точек.

На входе – несколько историй нагружения.



# УСТАНОВКА ПАРАМЕТРОВ РЕШЕНИЯ



# ВВОД ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА

**Spot Weld Materials Information**

MSC/FATIGUE  
Spot Weld

**Materials Database Manager**    **Select Standard Database**    **Select User Database**

Current Mat. Database:

Number of Groups:

**Selected Groups Information:**

	Group	Diam	S-N(nug)	S-N(sh1)
1	beams	4,8	spot_nugget_generic	spot_sheet_generic

# ВВОД ИНФОРМАЦИИ О НАГРУЖЕНИИ

**Time History Manager**      **Select Standard Directory**      **Select User Directory**

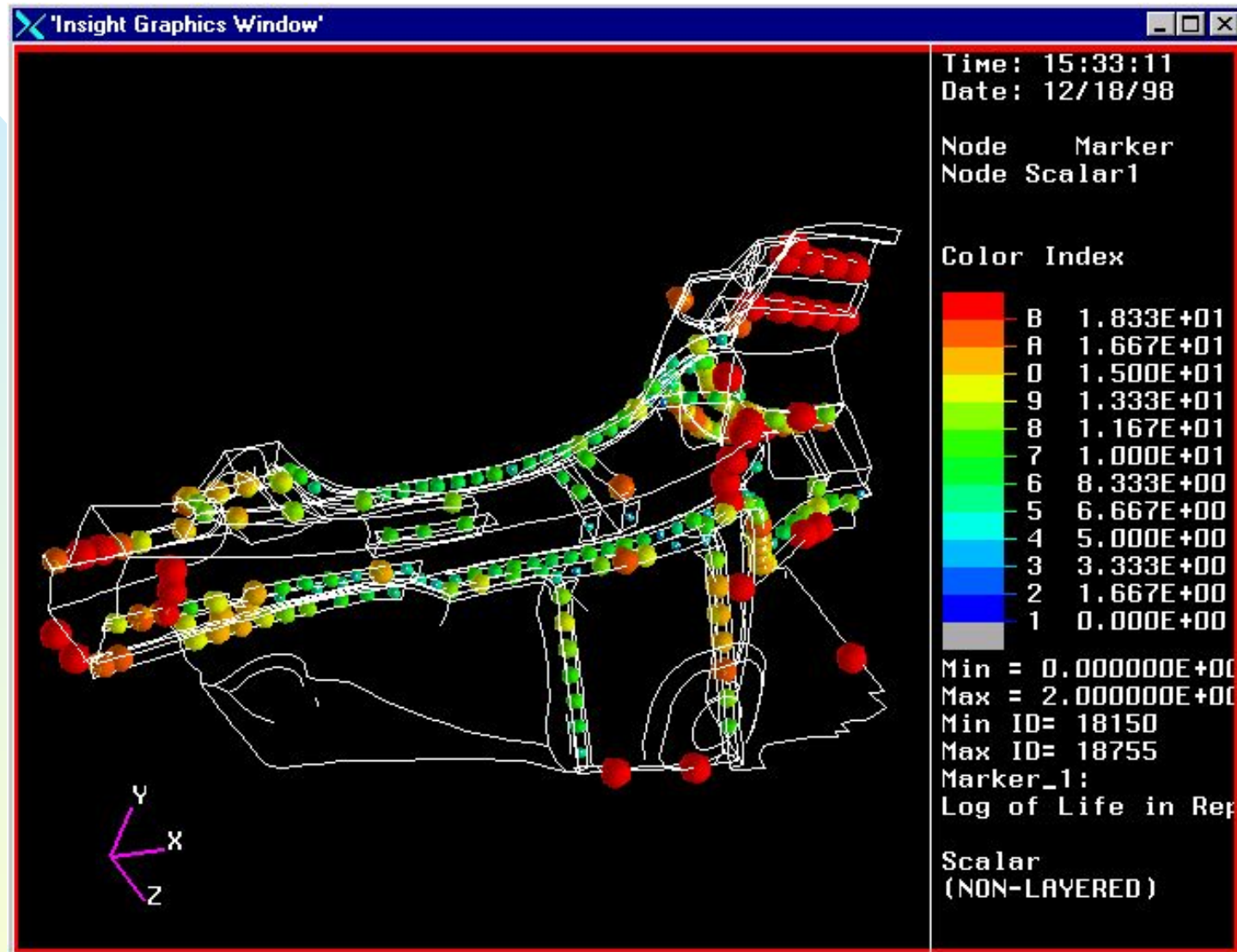
Current Time Directory:

Number of Static Load Cases:

Fill Down ON

**Selected Static Load Cases:**

	Load Case ID	Time History	Load Magnitude
1	2,1-2,1-2-	HORIZONTAL	1000.
2	3,2-2,1-2-	VERTICAL	1000.
3	4,3-2,1-2-	TORQUE	100000.



# УПРАЖНЕНИЕ

- Выполните упражнение из главы 12 книги Quick Start Guide -“A Spot Weld Analysis”
- Если что-либо не понятно – не стесняйтесь спрашивать.