

# Оптимизации формы в пакете OpenFOAM на примере проектирования модуля впуска и некоторые вопросы развития открытых пакетов OpenFOAM и Code-Aster

Овчинников В.А. ООО «Ладуга»

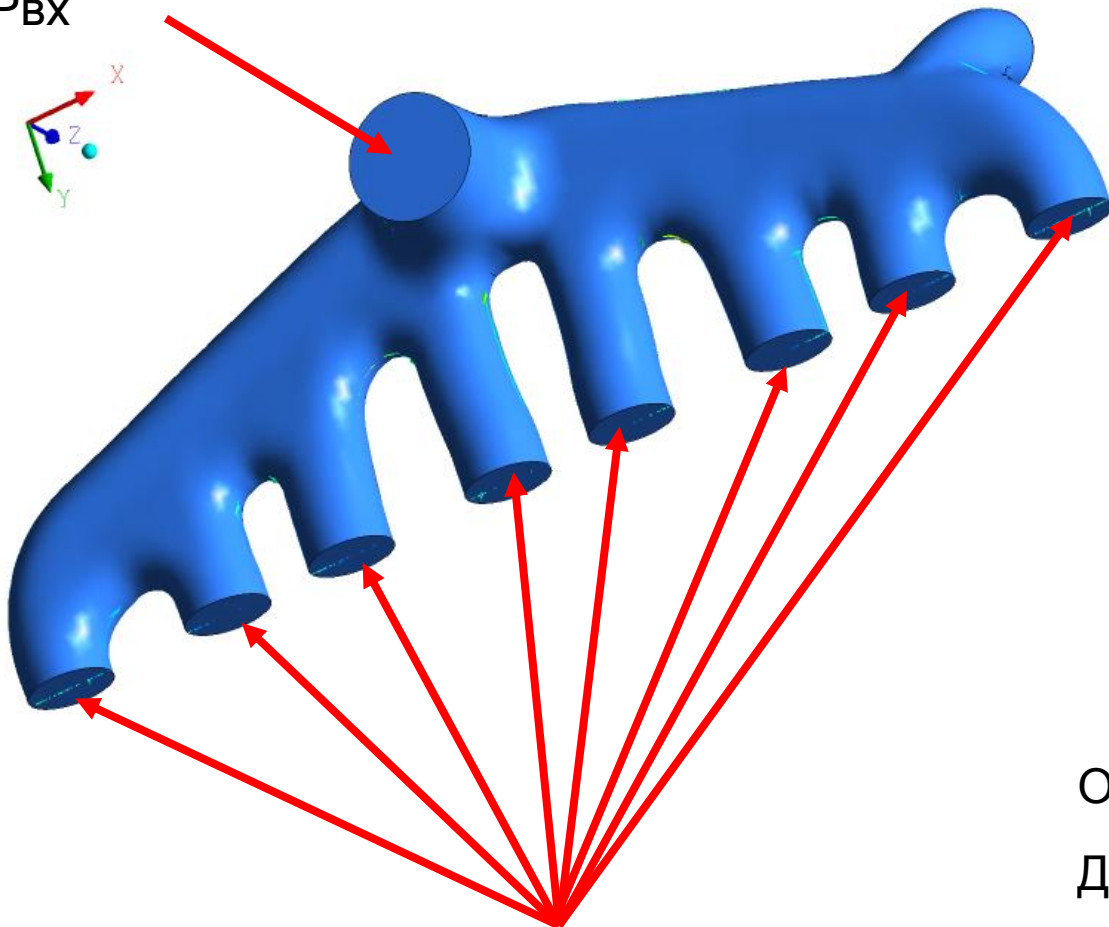
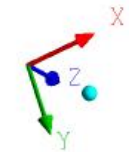
Авдеев Е.В. ООО «Ладуга»

Желдаков А.В. МГТУ им. Н.Э. Баумана

# Задача проектирования газовых каналов модуля впуска ДВС

$q = 250$  кг/ч

$P_{вх}$



$p = 1$  атм,  $q_i$

$$\min P_{вх_i}$$

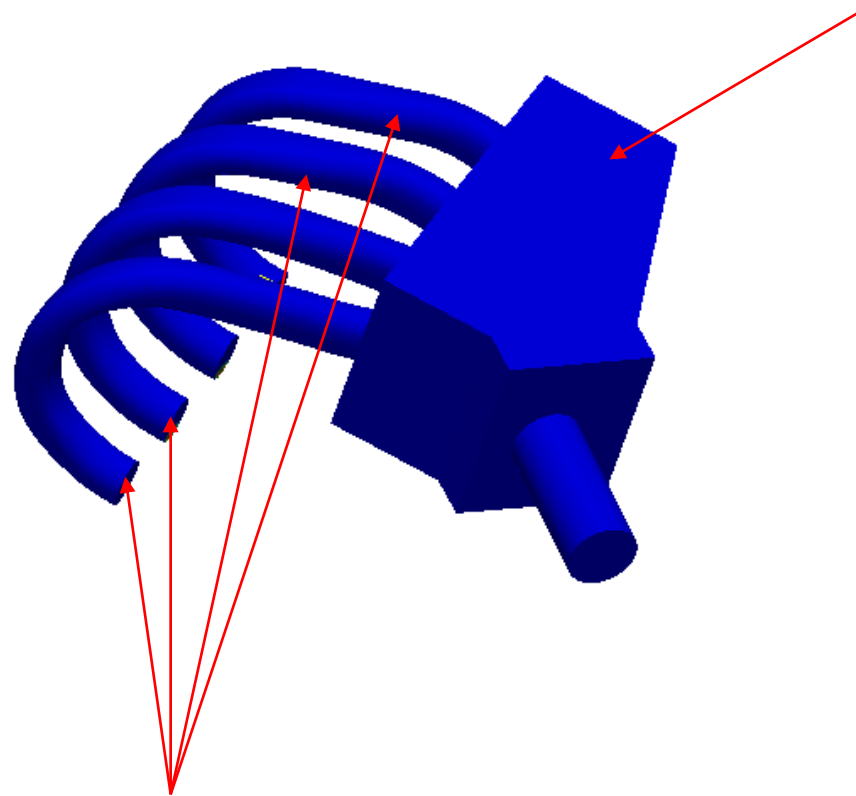
$$\min \Delta q_i$$

Ограничение:

Допустимый объем

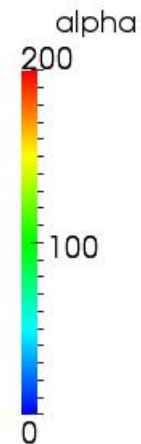
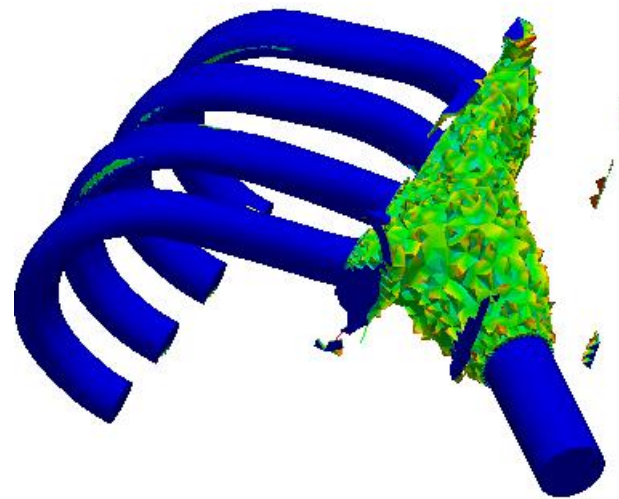
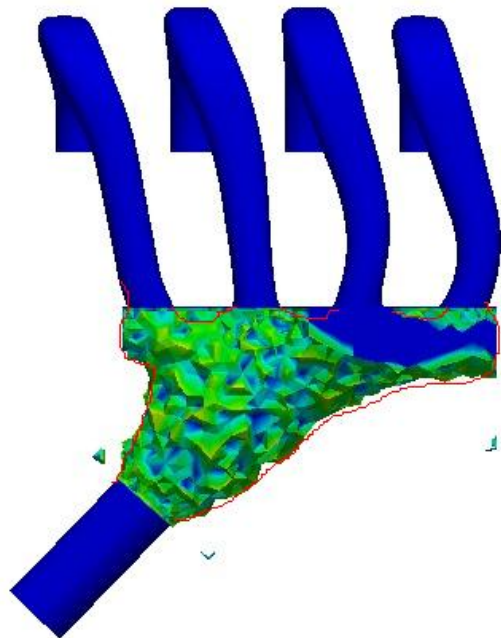
# Исходная форма

Допустимый рабочий объем выбирается исходя из требований компоновки

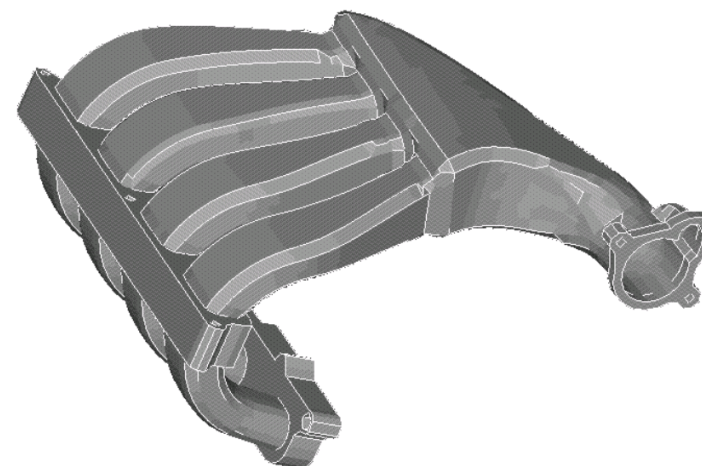
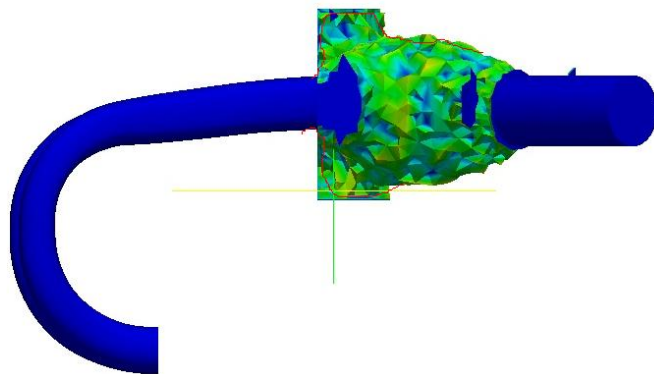


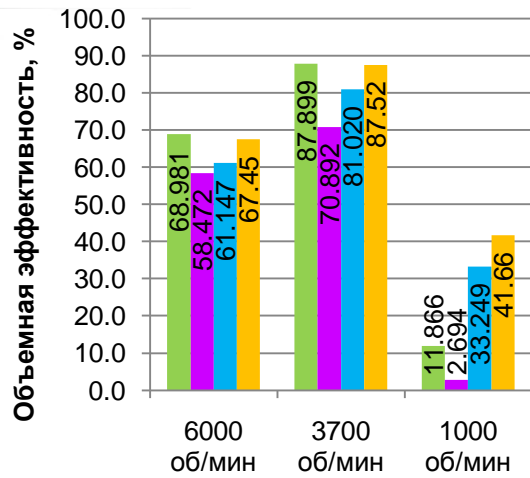
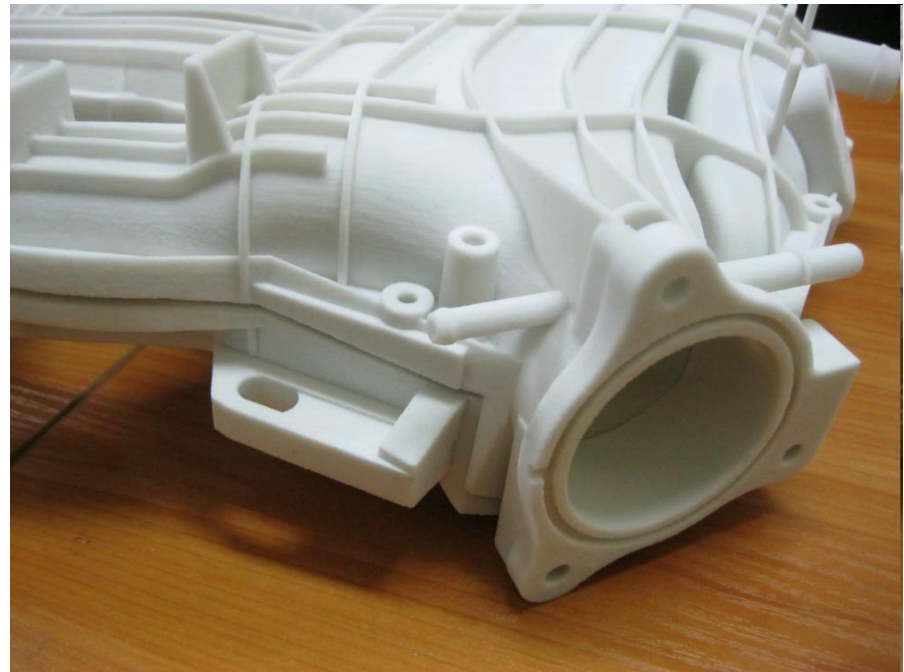
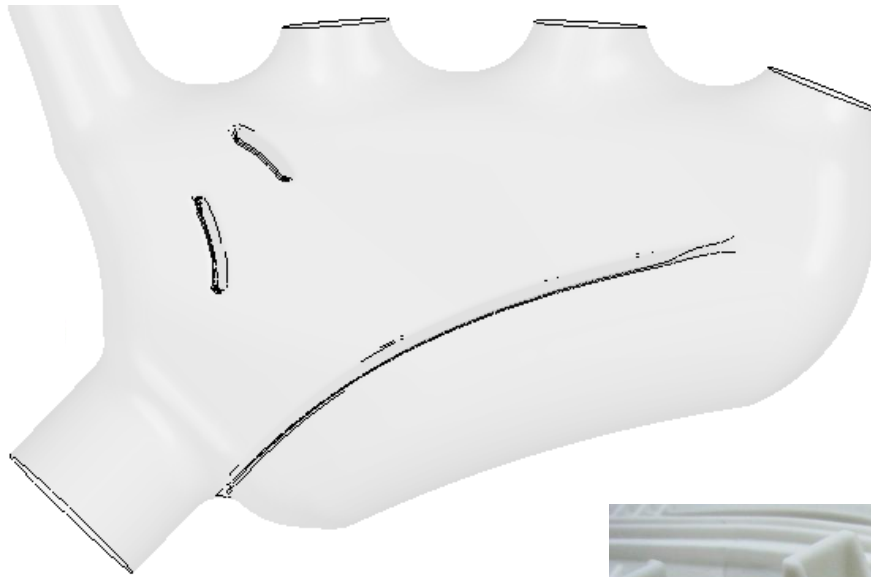
Форма каналов определена требованиями к ДВС и компоновкой

# Результаты оптимизации



Для сравнения ресивер от Daimler:





$$A \cdot \bar{x} = \bar{f}, \quad \text{где} \quad A \in R^{n \times n}, \bar{f} \in R^n$$

$A$  – полная или разреженная матрица,  $n > 1e9$

Особенности:

- Использует Марковские процессы
- Позволяет найти решение отдельного корня, не решая СЛАУ целиком
- Обладает естественным параллелизмом
- Сложность  $O(n)$
- точность  $\sim \frac{1}{\sqrt{m}}$ ,  $m$  – число процессов

Ограничения:

- Матрица  $A$  коэффициентов СЛАУ должна обладать диагональным преобладанием:

$$|a_{i,i}| \geq \sum_{j \neq i} |a_{i,j}|, \quad i = 1, \dots, n$$

Или  $|\lambda_{\max}| < 1$

- Нужен качественный генератор случайных чисел



Представление СЛАУ в виде:

$$\bar{x} = L\bar{x} + \bar{f}$$

Рассмотрим матрицу  $L$  произвольной СЛАУ:

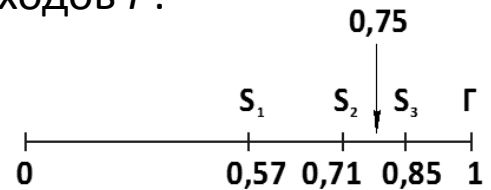
$$\begin{bmatrix} 0,5714 & -0,1429 & 0,1429 \\ -0,1 & 0,6 & 0,2 \\ -0,087 & 0,0435 & 0,7826 \end{bmatrix}$$

1. Псевдослучайные числа (ГСЧ: вихрь Мерсена, XORWOW, ...)

$$x_{i+n} = x_{i+m} \oplus (x_i^{upp} | x_{i+1}^{low}) A$$

Матрица переходов  $P$ :

$$\begin{bmatrix} 0,5714 & 0,7143 & 0,8572 \\ 0,1 & 0,7 & 0,9 \\ 0,087 & 0,135 & 0,9176 \end{bmatrix}$$



3. Квазислучайные числа (последовательности Соболя, Холтона ...)

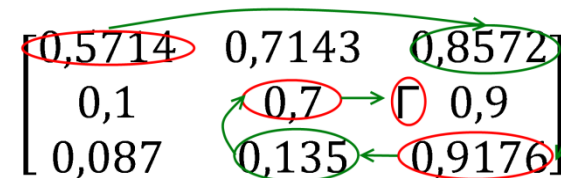
$$x_{n,j} = b_1 v_{1,j} \oplus b_2 v_{2,j} \oplus \dots \oplus v_{\omega,j}$$

Пусть необходимо найти 1-й корень СЛАУ.  
Рассмотрим процесс создания цепи Маркова:  
Начальное состояние –  $S_1$

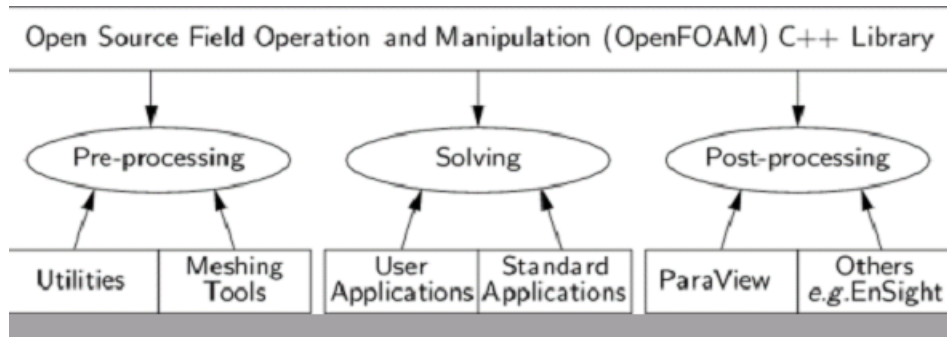
КМК:  $\varepsilon \sim \frac{\ln(m)}{\sqrt{m}}$

ПСЧ:  $\varepsilon \sim \frac{1}{\sqrt{m}}$

№	Случайное число	Цепь
1	0,75	$S_1 \rightarrow S_3$
2	0,1	$S_1 \rightarrow S_3 \rightarrow S_2$
3	0,95	$S_1 \rightarrow S_3 \rightarrow S_2 \rightarrow \Gamma$



## Состав пакета OpenFOAM



## Представление матриц

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	D	U				U			
2	L	D	U		U				
3		L	D	U					
4			L	D	U				U
5		L		L	D	U		U	
6	L				L	D	U		
7						L	D	U	
8					L		L	D	U
9				L				L	D

### Класс IduMatrix:

upper – верхняя треугольная матрица (разряженная)

diag – диагональ

lower – нижняя треугольная матрица (разряженная)

Вспомогательные классы: [IduAddressing](#)

### Методы:

[IduAddr](#), [upperAddr](#) [ownerStartAddr](#) [lowerAddr](#) [losortStartAddr](#)

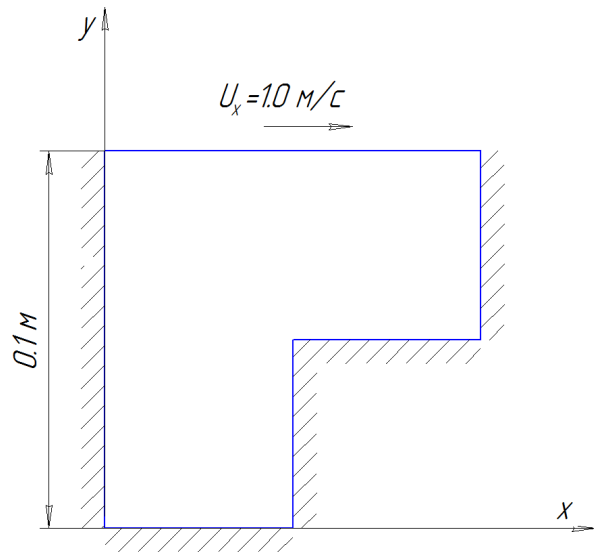
Решение СЛАУ: в подклассе Solver класса IduMatrix

### Решатель MKSolv:

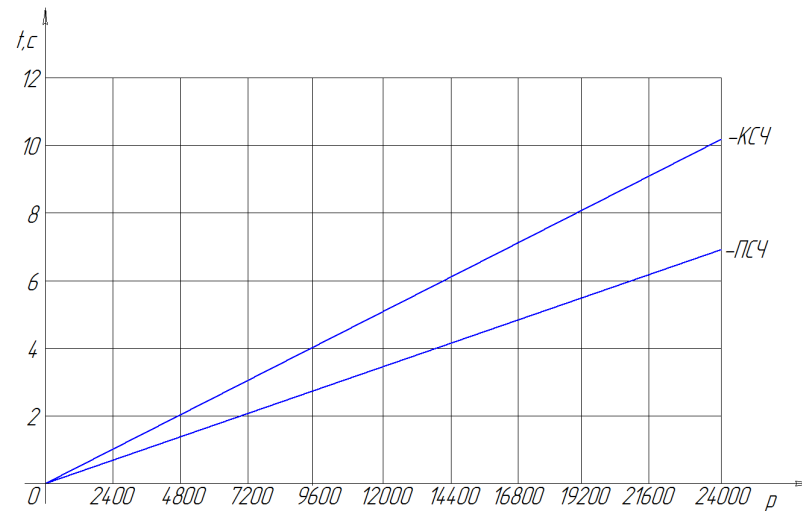
- решение СЛАУ методом Монте-Карло

- ГСЧ: линейный конгруэнтный метод ПСЧ, последовательность Холтона КСЧ

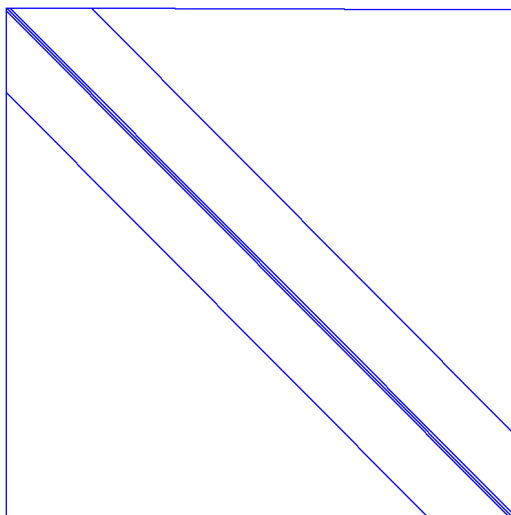




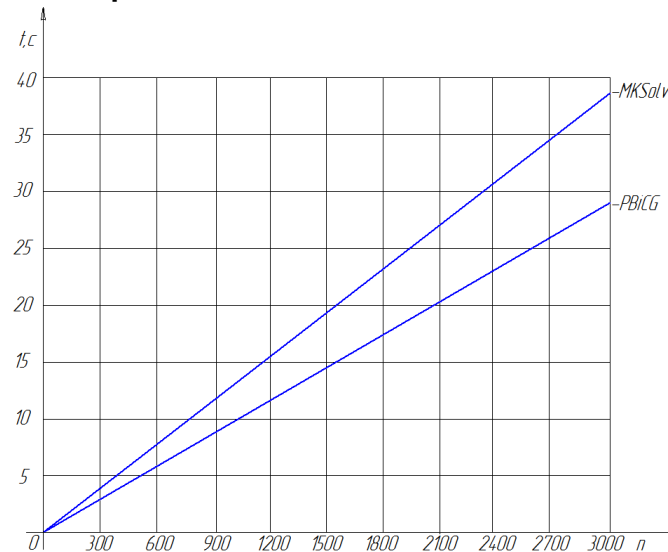
## Зависимость от ГСЧ



## Вид матрицы:



## Сравнение МК и PBiCG



# Организация перевода документации Code-Aster

На текущий момент переведено около 50 базовых документов:

- описание конечных элементов
- описание граничных условий (кинематические, силовые, тепловые)
- описание постобработки
- описание решателей:
  - линейных
  - статический нелинейный
  - динамический неявный
  - динамический явный
  - модальный анализ
  - частотный анализ
- описание контактов
- моделирование подструктур,

В переводе еще 80 документов

Организация совместного перевод через Wiki