

# **Пост-процессинговые алгоритмы и технология Hadoop Mapreduce для обработки больших массивов данных**

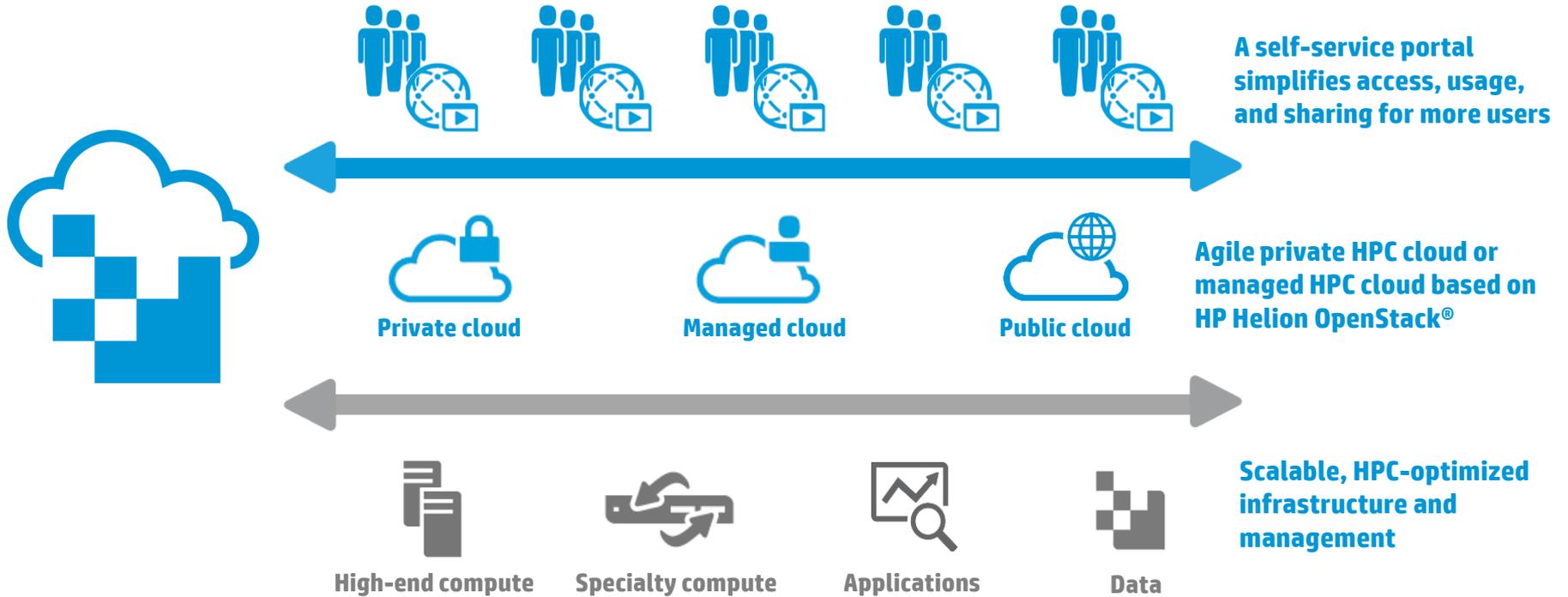
**Сергей Стрижак**

# План презентации

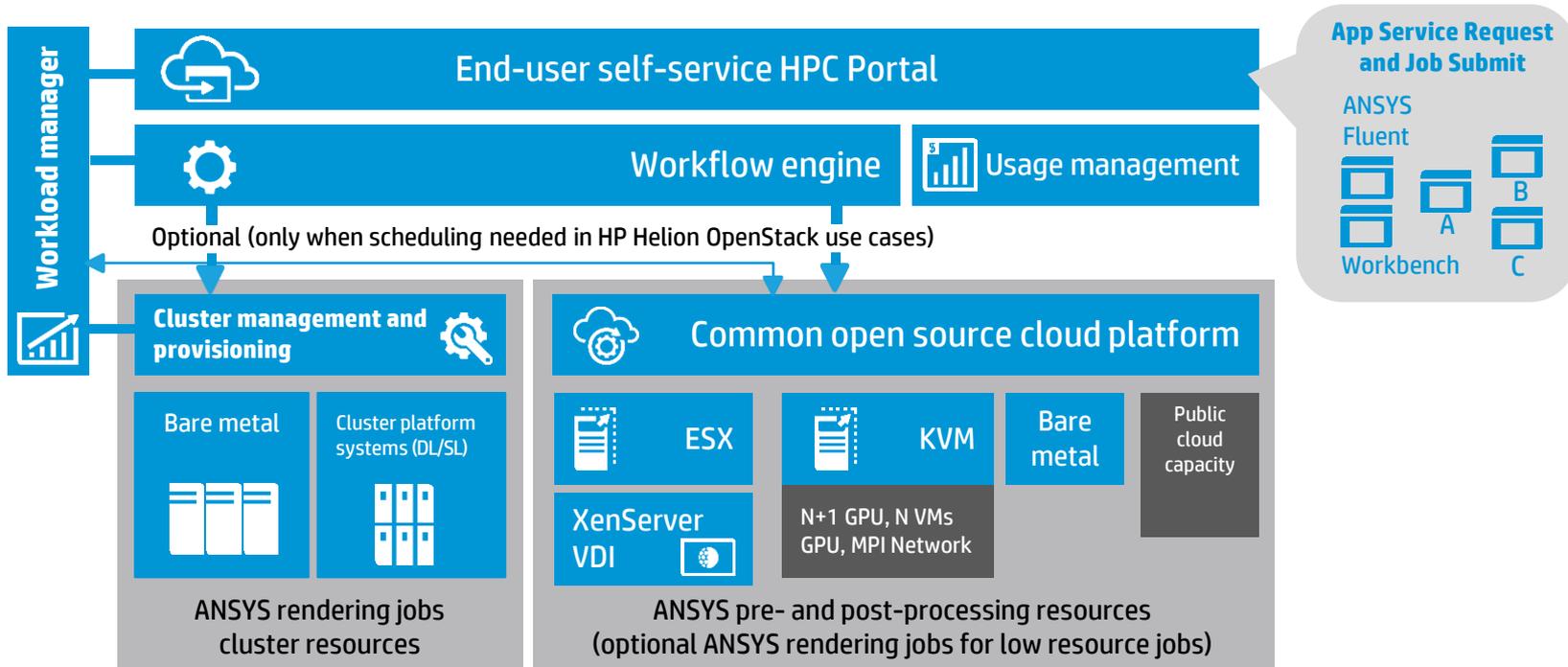
- **HP Helion – платформа для облачных вычислений**
- **Пример реализации сервиса с использованием HP Helion**
- **Технология Hadoop Mapreduce**
- **Задачи механики сплошной среды и большие массивы данных**
- **Пост-процессинговый алгоритмы (POD, DMD) и их назначение**
- **Примеры задач из области механики сплошной среды**
- **Проект ИСП РАН по построению кластерной системы и анализу больших данных**

# HP Helion Self-Service HPC

Fast, easy access to scalable HPC resources for an expanded user base



# Modular solution stack, tested and integrated



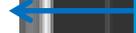
# Cloud & HPC – POC Hardware details



HPC Cluster with DL 560c  
for Solver / Calculation



Blade Workstation  
WS 460 G6 & Gen 8 for  
pre / post processing  
Powered by  
Nvidia Graphical Cards



**Platform components**

**HP Helion Openstack**

**Cloud Service Automation**

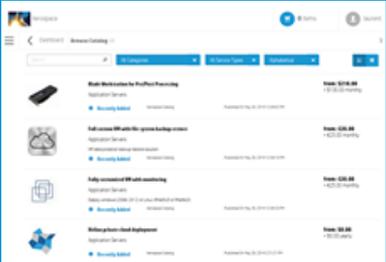
**Xen Server**

**Vcenter 5.1**



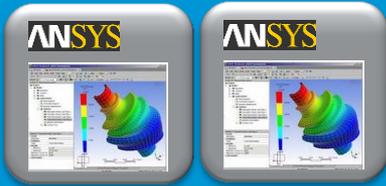
# Platform components

HP Helion End-User Portal



HP Helion - Cloud Service Automation

### Pre / Post Processing



HP Helion Openstack

WS 460 with Nvidia GPU



### HPC Calculation / Solver



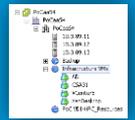
HP CMU / Scheduler

### Physical Resources



BL460c and BL480c

### HPC cluster



## End User Portal



### Cloud Service Automation Portal

Aerospace



Cloud Service Automation

Operations Orchestration / Workflow Engine



HP Helion Openstack



### Pre-processing service



#### Windows Graphic VM

Deploy a GPU enabled graphics VM on a Blade Graphic Server using Xen



## CSA Service Design



Resource  
allocation for Pre-  
processing

## End User Portal



### Cloud Service Automation Portal

Aerospace



### Cloud Service Automation



### Operations Orchestration / Workflow Engine

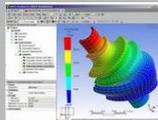


### Cluster Management Utility



ANSYS

WS460



Post Action :  
Solver / HPC Process  
Rendering



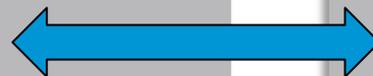
#### Windows Graphic VM

Deploy a GPU enabled graphics VM on a Blade Graphic Server using Xen

## CSA Design

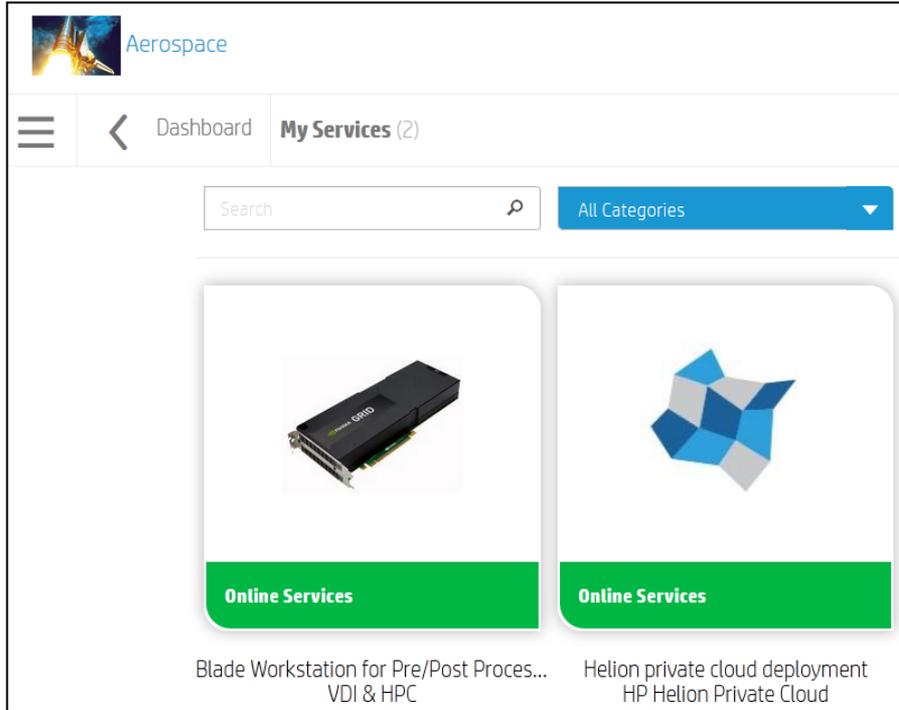


## CSA Resources



# Connect to the System & start ANSYS Mechanical

When the service is deployed the end-user can connect using Remote Desktop



Aerospace

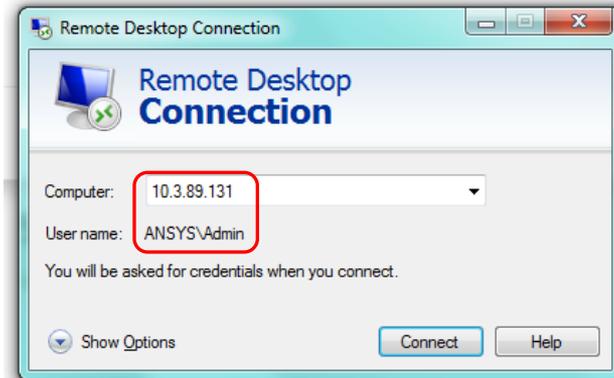
Dashboard My Services (2)

Search All Categories

**Online Services**  
Blade Workstation for Pre/Post Processing VDI & HPC

**Online Services**  
Helion private cloud deployment HP Helion Private Cloud

server	
Deployed Services	
Administration	https://10.3.89.37:8444/csp/remotecontrol/remotecontrol.jsp?host=10.3.89.131
Calculation result:	Connection refused: connect
Graphical card:	Group of NVIDIA Corporation GK104GL [GRID K2] GPUs
IP ADDRESS	10.3.89.131
Server Hostname	Meca_VM1
Server ID	3b7afea3-e42d-4cb3-9435-772da4205122



Remote Desktop Connection

Remote Desktop Connection

Computer: 10.3.89.131

User name: ANSYS\Admin

You will be asked for credentials when you connect.

Show Options Connect Help



# Что такое Hadoop?



**Инфраструктура (framework) для параллельной обработки больших объемов данных (терабайты)**

## **Особенности:**

Функциональное программирование

Автоматическое распараллеливание

Перемещение вычислений к данным

**Open Source, <http://hadoop.apache.org>**

# Состав Hadoop

**Hadoop Common – общие компоненты Hadoop (HBase, Cassandra, Hive, Mahout, Pig)**



**Hadoop HDFS – распределенная файловая система**



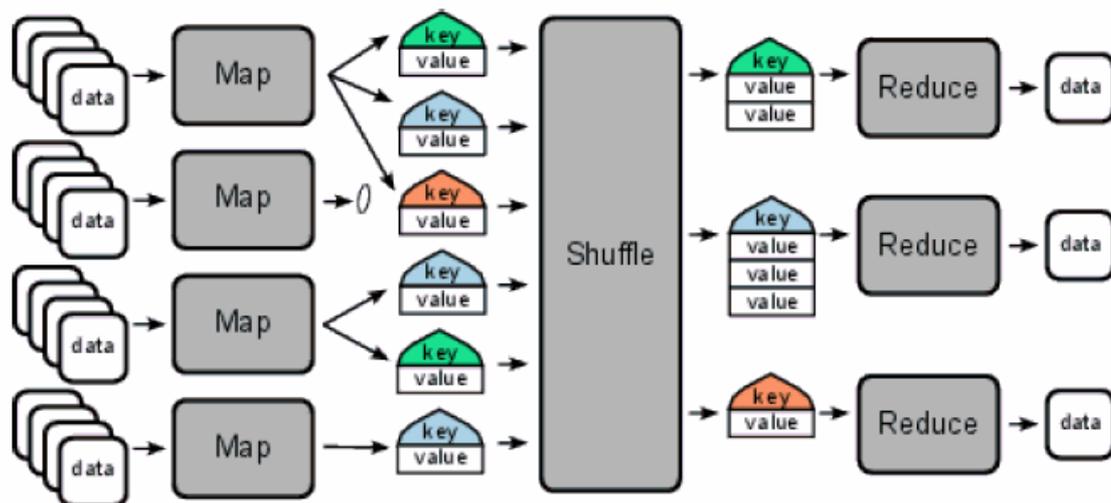
**Hadoop MapReduce – программная модель параллельной обработки больших данных**



**MapReduce разработан в Google для поисковой системы**

**MapReduce** is an abstract programming framework where computational tasks are expressed as map and reduce functions applied to chunks of a data set.

**Hadoop** is an open-source implementation of MapReduce.



The user implements

```
map( record ):  
    // process record  
    emit( key, value );
```

```
reduce( key, values ):  
    // process values  
    emit( result );
```

***Automatic parallelism and fault-tolerance!***

# Hadoop MapReduce и МСС

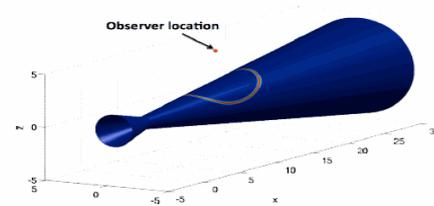
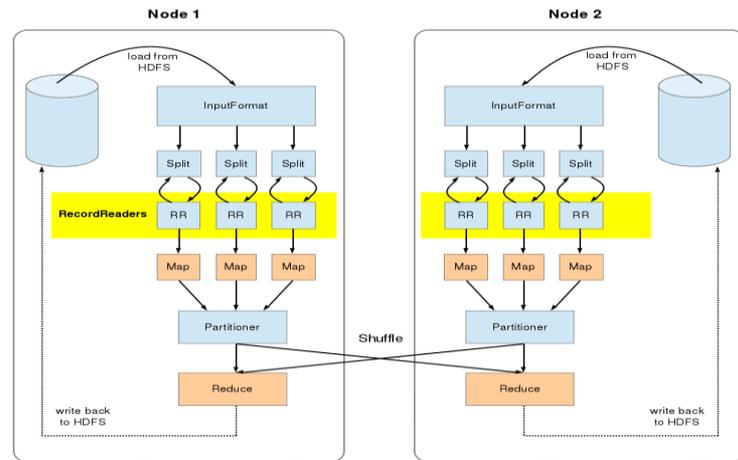
В проекте ИСП РАН возможность использования MapReduce для обработки данных в задачах МСС :

Анализ когерентных структур в турбулентном потоке,

Извлечение динамических мод, определение амплитуд

Снижение размерности динамической системы

Расчет SPL в акустической аналогии Ffowcs Williams & Hawkings



```
map( local flow field variables ) :
  calculate retarded time
  if retarded time == current time:
    key = observer position & time
    value = acoustic amplitude and phase
    emit ( key, value )

reduce( key, values ) :
  emit integrate( values )
```

# Методы POD и DVD

Проблема нахождения собственных значений матрицы

1) POD (Lumley 1970; Sirovich 1987) Proper Orthogonal Decomposition

$$\text{svd}(D, 0) = U\Sigma V^H$$

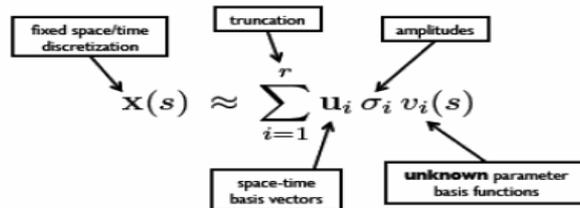
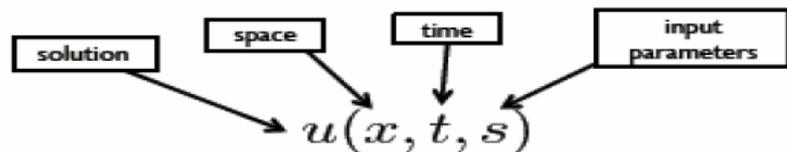
Достоинства: простой алгоритм, Недостатки: временная динамика  
многочастотная

2) DMD (Schmid, 2010) - Dynamic mode decomposition

Метод Арнольди, формулировка полей как Подпространство Крылова

$$\mathbf{V}_1^N = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_N\} \quad v_{i+1} = \mathbf{A}v_i \quad \mathbf{V}_1^N = \{v_1, \mathbf{A}v_1, \mathbf{A}^2v_1, \dots, \mathbf{A}^{N-1}v_1\}$$

# Математические алгоритмы для обработки данных (SVD, POD, DMD)

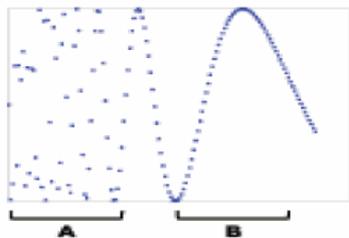


Proper orthogonal decomposition (POD) modes

experimental design

$$\begin{bmatrix} x(s_1) & \dots & x(s_n) \end{bmatrix} = X \xrightarrow{\text{SVD}} U \Sigma V^T$$

$$V_{ij} = v_i(s_j) \quad \{v_i(s_j)\} \longrightarrow v_i(s)$$



Базовые функции и интерполяционные методы

CAQR (Demmel et al, 2008)

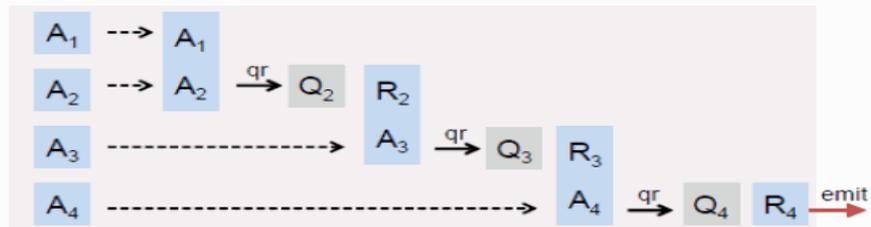
$$\begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} Q_1 & & & \\ & Q_2 & & \\ & & Q_3 & \\ & & & Q_4 \end{bmatrix}}_{8n \times 4n} \underbrace{\begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{bmatrix}}_{4n \times n}$$

$$= \underbrace{\begin{bmatrix} Q_1 & & & \\ & Q_2 & & \\ & & Q_3 & \\ & & & Q_4 \end{bmatrix}}_{8n \times 4n} \underbrace{\tilde{Q}}_{4n \times n} \underbrace{\tilde{R}}_{n \times n}$$

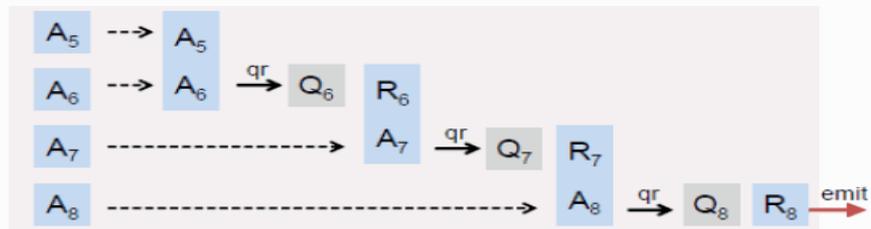
  
<http://github.com/dgleioh/mctsq>

# Алгоритм для матрицы A (8 столбцов)

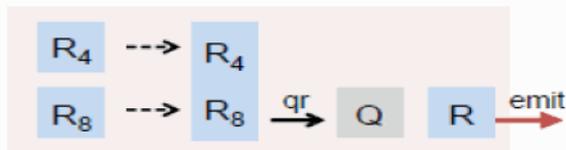
Mapper 1  
Serial TSQR



Mapper 2  
Serial TSQR



Reducer 1  
Serial TSQR



# Расчет трехмерного обтекания и акустического шума цилиндра-профиля крыла

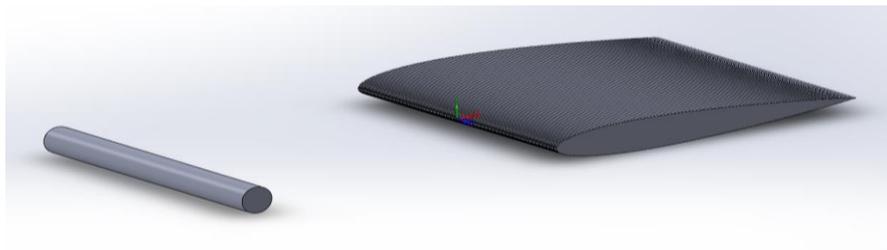


Рис. Цилиндр и профиль крыла NACA0012

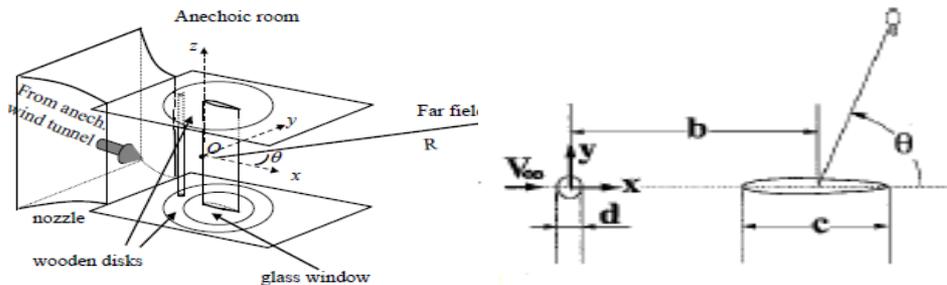


Рис. Схема эксперимента с PIV

$c=0.1$  м  $d=0.1$   $c=0.01$  м  $V=72$  м/с  $\rho=1.2$  кг/м<sup>3</sup>  $\mu=1.5 \cdot 10^{-5}$

$Re_d=4.8 \cdot 10^4$   $Re_c=4.8 \cdot 10^5$

- 1) Построение STL поверхности
- 2) Построение расчетной сетки (Salome + snappyHexMesh)
- 3) Расчет в OpenFOAM, решатель pisoFoam с LES моделью турбулентности и акустическая библиотека
- 4) Визуализация результатов расчетов в Paraview и сравнение с результатами эксперимента
- 5) Обработка полученных данных (100 Gb – 1 Tb) в LES расчете, формирование матрицы A, SVD разложение матрицы A, расчет SPL (Sound Pressure Level) с использованием Hadoop Mapreduce

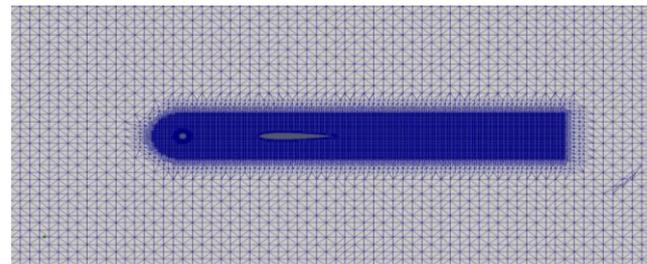


Рис. Размеры области (-0.44 -0.56 0) (1.24 0.56 0.8). Сетка 1.3 и 2.6 млн. ячеек.

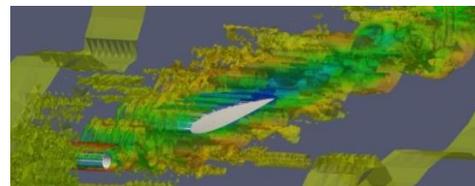


Рис. Результаты расчета Q изоповерхности

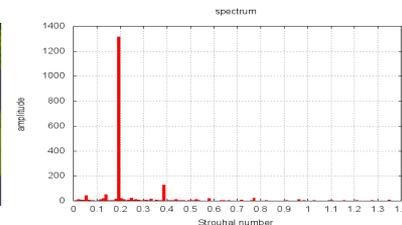


Рис. Результаты расчета спектра давления

# Расчет обтекания и акустического шума элементов механизации крыла летательного аппарата

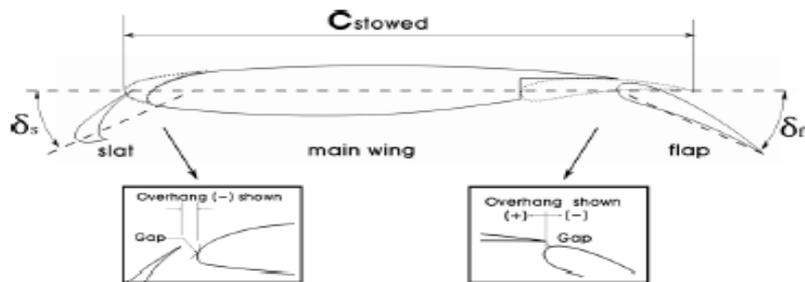


Рис. Схема крыла 30P30N

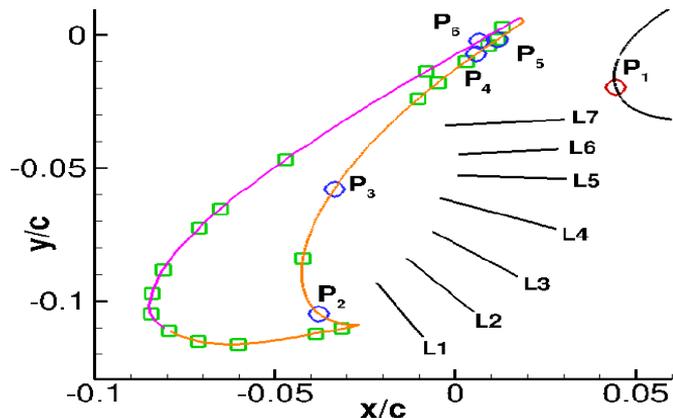


Рис. Схема расположения исследуемых точек

$$C_{\text{stowed}} = 0.457 \text{ м}$$

$$C_{\text{slat}} = 0.15 C_{\text{stowed}}$$

$$C_{\text{flat}} = 0.3 C_{\text{stowed}}$$

$$\delta_s = 30 \quad \delta_f = 30$$

$$V_0 = 58 \text{ м/с}$$

$$Re = 1.7 \cdot 10^6$$

$$dz = 0.1 C_{\text{stowed}}$$

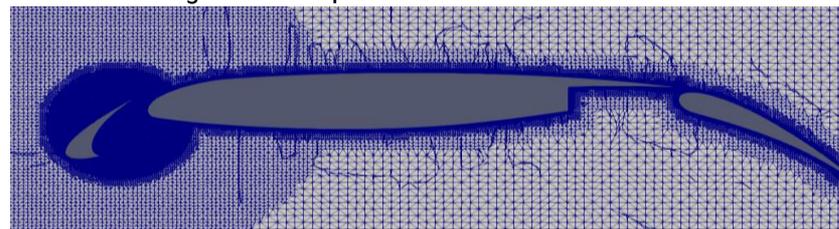


Рис. Фрагмент расчетной сетки

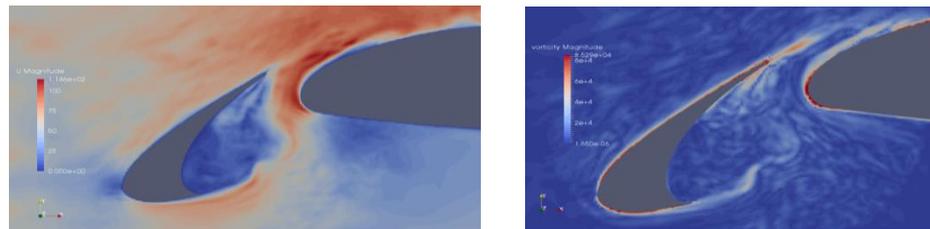


Рис. Результаты тестового расчета

Обработка полученных больших данных в LES расчете, формирование большой матрицы A и расчет SPL (Sound Pressure Level) с помощью технологии Hadoop Mapreduce

# Заключение

- **Возможность использования OpenStack**
- **Технология Hadoop Mapreduce и задачи МСС**
- **Пост-процессинговые алгоритмы POD и DMD**
- **Тестовый стенд ИСП РАН и проект по BigData на 2015-2016**
- **Необходимость подготовки скриптов на Python, Java, C++**
- **Реализация акустической аналогии FW-N с помощью Mapreduce**
- **Тестовые задачи МСС**
- **Взаимодействие между лабораторией UniHUB и СК Ломоносов**

# **Спасибо за внимание!**

**Работы выполнялись в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт системного программирования Российской академии наук при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.607.21.0090 о предоставлении субсидии от 24 ноября 2014, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI60714X0090)**

