



17.12.2014г., ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск



Разработка технологических алгоритмов
параллельной реализации
метода адаптивных сеток
для моделирования многофазных течений
и программного комплекса
для реализации метода
на вычислительных кластерах

Вайцель Сергей
1 курс магистратуры
ФПМИ, НГТУ

Научный руководитель:
Малышкин Виктор Эммануилович
д.т.н., проф.

План доклада

- Цель работы
- Задачи
- HPC Community Cloud
- Задача о распаде разрыва
- Адаптивные сетки
- Уравнение акустики
- Runge-Kutta-WENO
- Результаты
- Планы

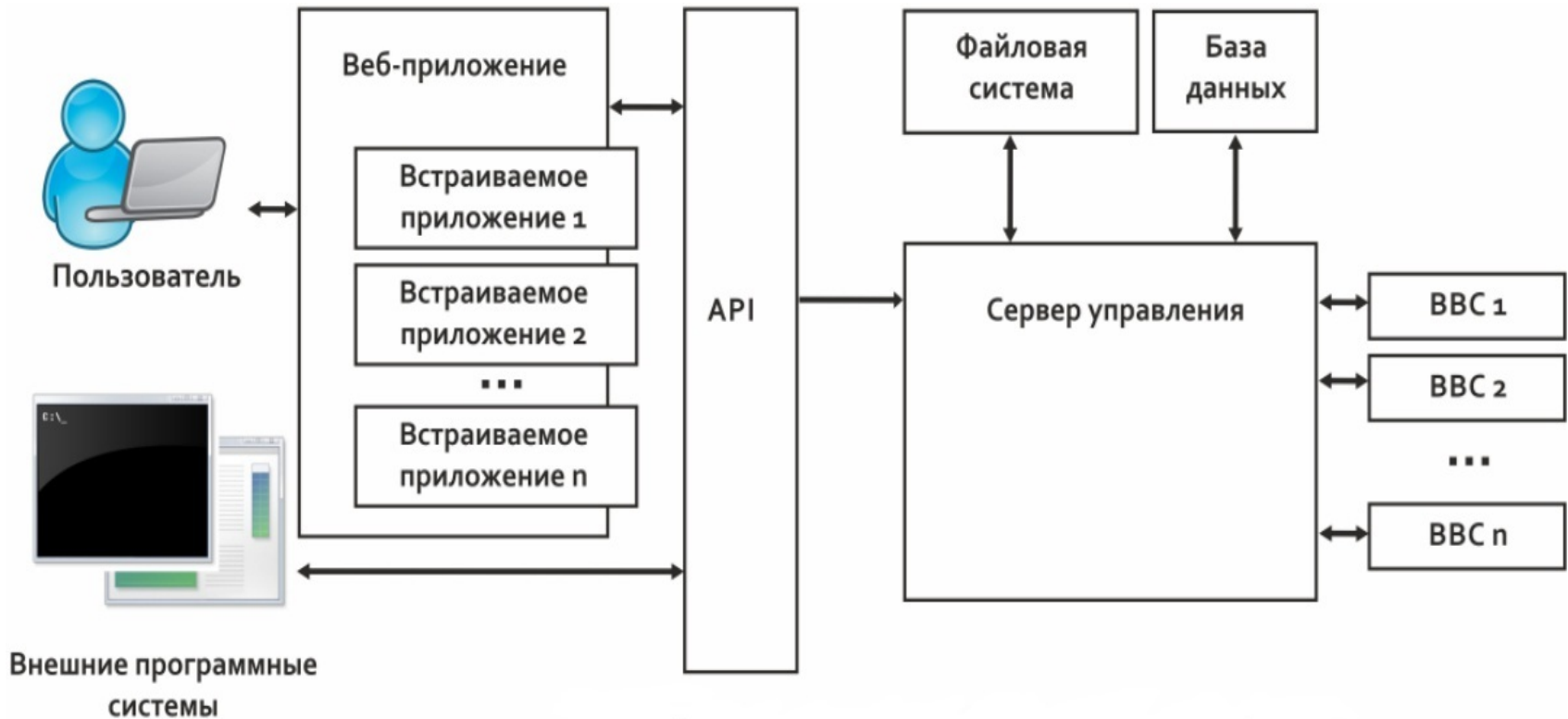
Цель работы

Создание программного комплекса, реализующего метод адаптивных сеток для моделирования многофазных течений и встраивание его в HPC Community Cloud в качестве стороннего программного решения

Задачи

- Доработка реализации HPC Community Cloud (HPC2C)
- Реализация возможности встраивания в HPC2C программных решений
- Ознакомление с задачей многофазных течений
- Изучение методов адаптивных сеток
- Выбор метода адаптивных сеток и его реализация
- Проектирование и разработка программного комплекса, реализующего моделирование многофазных течений с использованием адаптивных сеток с использованием высокопроизводительных вычислительных систем

HPC Community Cloud



HPC Community Cloud

- **RESTful API**
- **RAML Documentation**
- Конфигурирование
- Логгирование
- JSON-Schema
- Basic Authorization
- Access token

HPC Community Cloud API

/users	POST	GET	
/users /{user}	DELETE	PUT	GET
/tokens	GET		
/tokens /{token}	DELETE		

/fs	POST		
/fs /{path}	DELETE	PUT	GET
/fs /{path} /archive	POST		
/fs /{path} /duplicate	POST		
/fs /{path} /move	POST		

/clusters			
/clusters /interfaces	GET		
/clusters /interfaces /{cluster_interface_id}	GET		
/clusters /profiles	POST	GET	
/clusters /profiles /{cluster_profile_id}	DELETE	PUT	GET
/clusters /profiles /{cluster_profile_id} /fs	POST		
/clusters /profiles /{cluster_profile_id} /fs /{path}	DELETE	PUT	GET

/resources	POST	GET	
/resources /{resource_id}	DELETE	GET	
/docs	POST	GET	
/docs /{doc_id}	DELETE	PUT	GET
/relations	POST	GET	
/relations /{relation_id}	DELETE		
/about	GET		
/raml	GET		

HPC Community Cloud API

<code>/projects</code>	POST	GET	
<code>/projects /{project_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/projects /{project_id} /full</code>	GET		
<code>/projects /{project_id} /make_configurations</code>	POST	GET	
<code>/projects /{project_id} /make_configurations /{make_configuration_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/projects /{project_id} /make_configurations /{make_configuration_id} /make</code>	POST		
<code>/projects /{project_id} /make_configurations /{make_configuration_id} /stop_make</code>	POST		
/numgrid			
<code>/numgrid /configurations</code>	POST	GET	
<code>/numgrid /configurations /{numgrid_configuration_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/numgrid /gateways</code>	POST	GET	
<code>/numgrid /gateways /{numgrid_gateway_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/numgrid /jobs</code>	POST	GET	
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /run</code>	POST		
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /kill</code>	POST		
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /subjobs</code>	POST	GET	
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /subjobs /{numgrid_subjob_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /subjobs /{numgrid_subjob_id} /run</code>	POST		
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /subjobs /{numgrid_subjob_id} /kill</code>	POST		
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /subjobs /{numgrid_subjob_id} /chunks</code>	POST	GET	
<code>/numgrid /jobs /{numgrid_job_id} /subjobs /{numgrid_subjob_id} /chunks /{chunk}</code>	DELETE	PUT	GET

<code>/jobs</code>	POST	GET	
<code>/jobs /types</code>	GET		
<code>/jobs /types /{type}</code>	GET		
<code>/jobs /{job_id}</code>	DELETE	PUT	GET
<code>/jobs /{job_id} /run</code>	POST		
<code>/jobs /{job_id} /kill</code>	POST		
<code>/jobs /{job_id} /chunks</code>	POST	GET	
<code>/jobs /{job_id} /chunks /{chunk}</code>	DELETE	PUT	GET

HPC Community Cloud

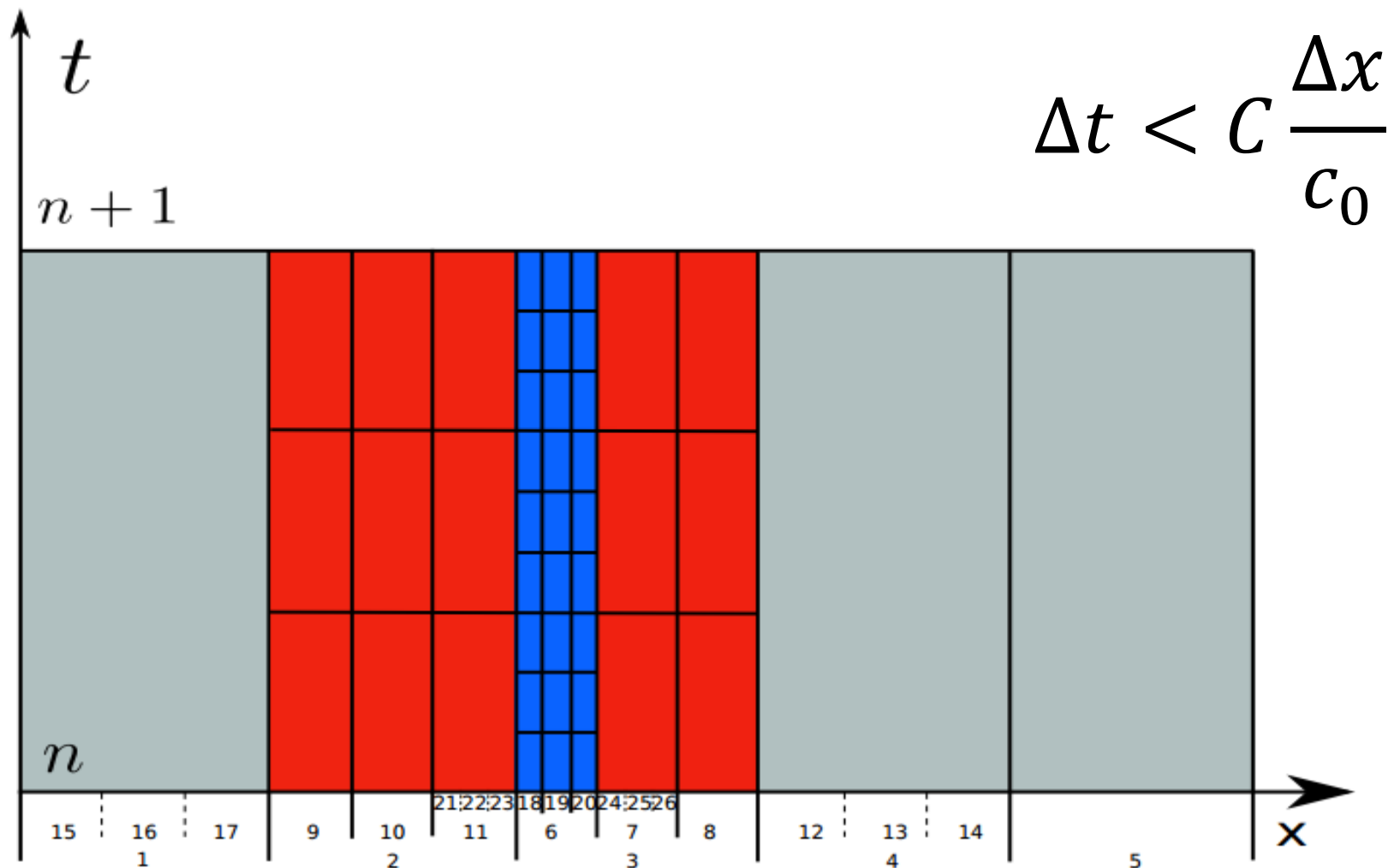
- RESTful API
- RAML Documentation
- Конфигурирование
- Логгирование
- JSON-Schema
- Basic Authorization (RFC-2617)
- Access token
- Встраивание программных решений

Задача о распаде разрыва

- Решение – кусочно-постоянная функция
- На границе ячеек возникает распад разрыва – порождаются звуковые волны
- Условие Куранта-Фридрихса-Леви

$$\Delta t < C \frac{\Delta x}{c_0}$$

Проблема при использовании адаптивных сеток

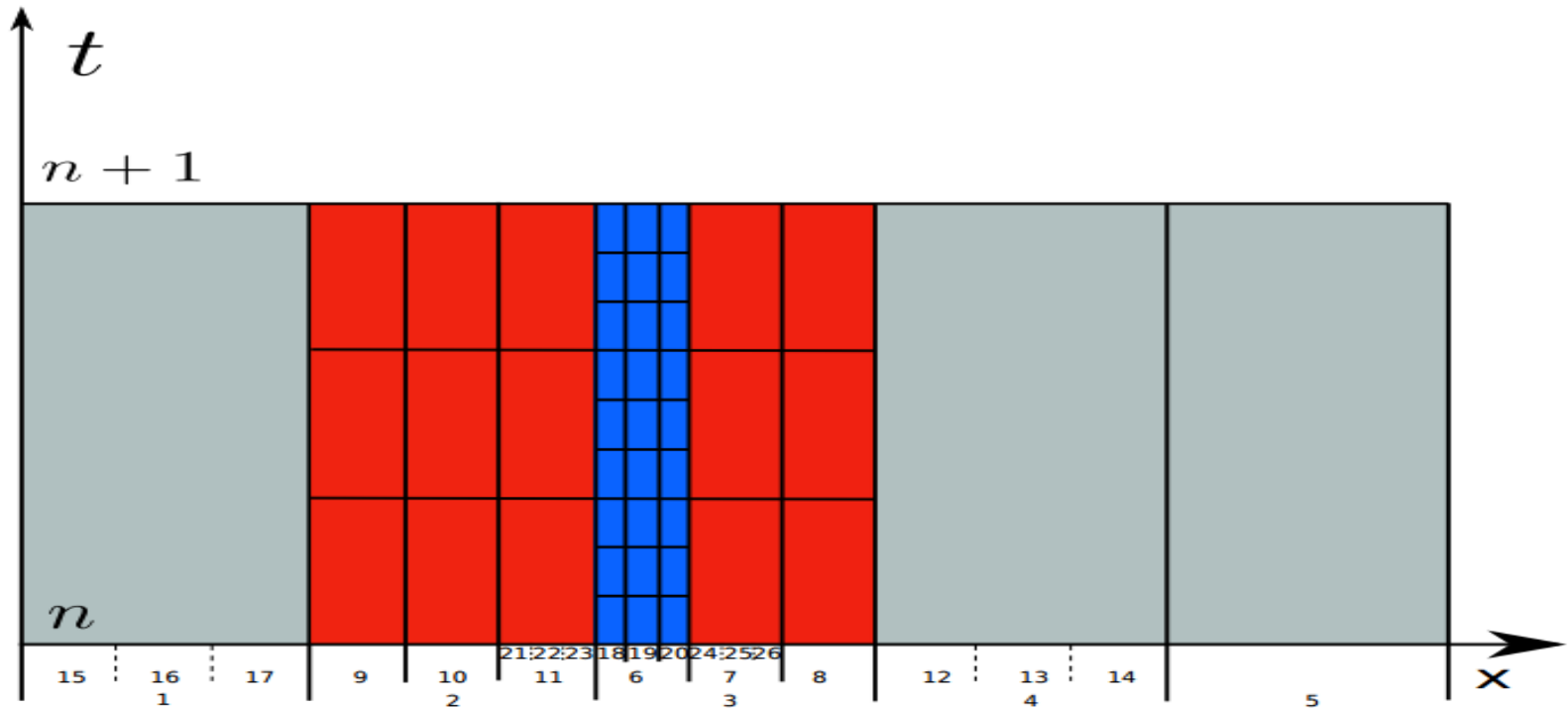


Методы адаптивных сеток

- Простой подход
- 'Cell-by-cell' подход

Простой метод

- Используем значение потока с последнего посчитанного временного слоя

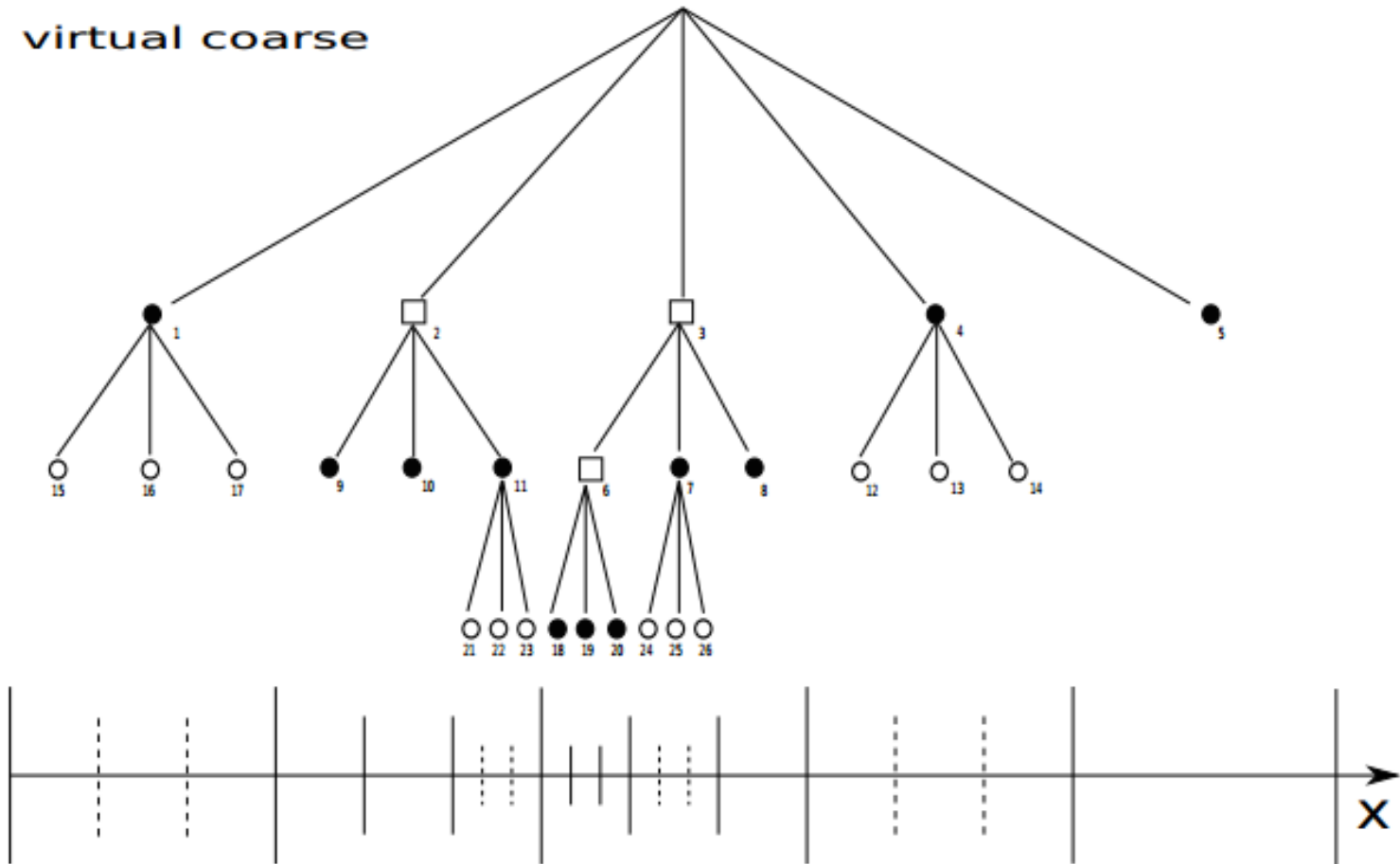


Метод 'Cell-by-cell'

● regular active

○ virtual refined

□ virtual coarse



Одномерная задача акустики

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$
$$\frac{\partial p}{\partial t} + \rho_0 c_0^2 \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

ρ_0 – начальное распределение плотности

c_0 – скорость распространения акустической волны

p – давление в среде

u – скорость среды

Схема Годунова для одномерной задачи акустики

$$u^{j-1/2} = u_{j-1/2} - \frac{\tau}{h} \frac{1}{\rho_0} (P_j - P_{j-1})$$

$$p^{j-1/2} = p_{j-1/2} - \frac{\tau}{h} \rho_0 c_0^2 (U_j - U_{j-1})$$

$$U_j = \frac{u_{j-1/2} + u_{j+1/2}}{2} - \frac{p_{j+1/2} - p_{j-1/2}}{2\rho_0 c_0}$$

$$P_j = \frac{p_{j-1/2} + p_{j+1/2}}{2} - \rho_0 c_0 \frac{u_{j+1/2} - u_{j-1/2}}{2}$$

Метод Рунге-Кутта-WENO

- $\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = S(U)$
- $\frac{dU}{dt} = L(U)$, где

$$L(U) = -\frac{F_{i+1/2,j} - F_{i-1/2,j}}{\Delta x} - \frac{G_{i,j+1/2} - G_{i,j-1/2}}{\Delta y} + S(U)$$

Strong Stability Preserving Runge-Kutta method

- $U^{n+1} = U(L(U^n), U^n)$
- Шаг по времени – в соответствии с условием Куранта-Фридрихса-Леви
- Для расчета $L(U)$ используем WENO реконструкцию

WENO-реконструкция

$$L(U) = -\frac{F_{i+1/2,j} - F_{i-1/2,j}}{\Delta x} - \frac{G_{i,j+1/2} - G_{i,j-1/2}}{\Delta y} + S(U)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = 0$$

Результаты

- Спроектирован и частично реализован RESTful интерфейс HPC2C
 - REST API Documentation
 - JSON-Schema validation
- Спроектировано встраивание в HPC2C готовых программных решений
- Реализована последовательное решение задачи акустики с использованием простого метода адаптивных сеток

Планы

- Развитие программного инструментария HPC Community Cloud
- Изучение методов адаптивных сеток и задач многофазных течений
- Параллельная и фрагментированная реализация методов решения одномерной, двухмерной и трехмерной задачи моделирования многофазных течений на адаптивных сетках



Разработка технологических алгоритмов
параллельной реализации
метода адаптивных сеток
для моделирования многофазных течений
и программного комплекса
для реализации метода
на вычислительных кластерах

Вайцель Сергей
1 курс магистратуры
ФПМИ, НГТУ

Научный руководитель:
Малышкин Виктор Эммануилович
д.т.н., проф.

17.12.2014г., ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск

Литература и ссылки

- HPC Community Cloud API Documentation
<http://hpccloud.ssd.sccc.ru:4015/api>
- **Задача распада разрыва**
Годунов С. К. и др. Численное решение многомерных задач газовой динамики/Под ред. С.К. Годунова. – 1976.
- **Адаптивные сетки в задачах распада разрыва**
Dumbser M. et al. ADER-WENO finite volume schemes with space–time adaptive mesh refinement //Journal of Computational Physics. – 2013. – Т. 248. – С. 257-286.
- **Метод Runge-Kutta-WENO**
А. С. Романьков, Е. И. Роменский, Метод Рунге–Кутты–WENO для расчета уравнений волн малой амплитуды в насыщенной упругой пористой среде, Сиб. журн. вычисл. матем., 17:3 (2014), 259–271