

DigiTEF - Цифровой Испытательный Стенд

М.В. Крапошин, С.В. Стрижак, В.Н. Корчагова, Д.А. Рязанов,
А.С. Епихин

ИСП РАН

1 Декабря, 2018

Содержание

- 1 Введение
- 2 Цифровой Испытательный Стенд
- 3 Состав пакета
- 4 Жизненный цикл
- 5 Некоторые включаемые модули
- 6 Заключение

Открытые программы численного анализа

OpenFOAM:

- OpenFOAM.org - основная версия
- OpenFOAM+ - открытая платформа для коммерческого пакета
- Foam-Extend - академическая версия
- BlueCFD - версия для Windows
- RapidCFD - версия для GPU
- InsightCAE - для CAE приложений
- iconCFD
- HELYX

DEAL II, Elmer, Code Saturne - МКЭ

Gerris, Basilisk, Code PARIS - моделирование течений с межфазной поверхностью

AMREX, Nektar++ - методы высокого порядка (WENO, RKDG)

Отечественные программы:

- 1 INMOST: inmost.org
- 2 Ani3D: <https://sourceforge.net/p/ani3d/>

Разработка отечественного пакета

В ИСП РАН разрабатывается отечественная программа на базе открытого кода OpenFOAM

Конференция, Семинары, Учебные треки:

- 1 Сообщество
- 2 Пакет для решения прикладных задач

"Пакет" должен расти из задач. Цифровой Двойник

Прикладные направления

Прикладные направления:

- Океанология
- Ветроэнергетика
- Задачи нефтегазовой отрасли
- Высокоскоростная аэродинамика
- Космические технологии
- Медицина

Типы течений:

- Сжимаемые течения
- Несжимаемые течения
- Течения с плавучестью
- Многофазные течения
- Акустические аналогии

Что такое Цифровой Испытательный Стенд

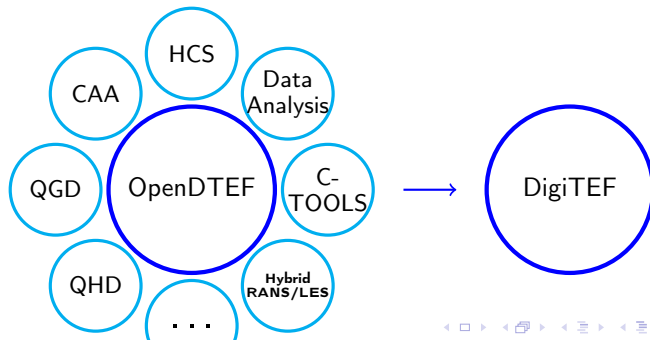
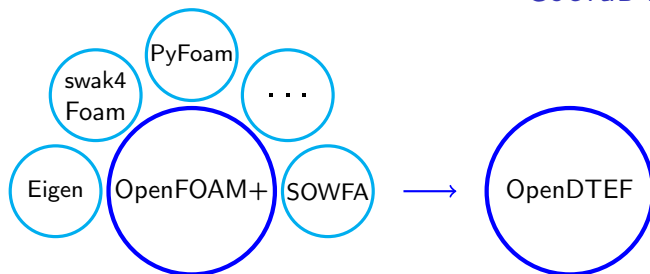
Digital TEst Facility как база для реализации цифровых двойников

- 1 Надежная реализация алгоритмов
- 2 Открытый исходный код
- 3 Разнообразие взаимозаменяемых модулей
- 4 Инструменты для автоматизации
- 5 Инструменты для анализа
- 6 Инструменты для интеграции
- 7 Сообщество
- 8 Применимость как для обучения, так и для промышленных задач

Цели проекта DigiTEF

- Проверка качества исходного кода (SVACE и пр.)
- Отечественный пакет на основе открытого ядра, интегрированного в мировое сообщество
- Специализация на решении прикладных/промышленных задачах
- Разработка узкоспециализированных предложений
- Тесная интеграция с известными открытыми решениями (Eigen, BLAS, LAPACK и др.)

Состав пакета



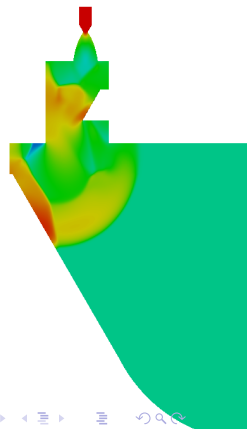
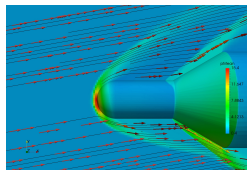
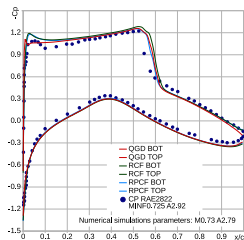
Включаемые расширения

- 1 Модель сжимаемых течений на основе КГД-уравнений
- 2 Модель несжимаемых течений на основе КГиД-уравнений
- 3 Модели сжимаемых сред на основе гибридного алгоритма PIMPLE и Курганова-Тадмора
- 4 Библиотека акустического анализа в дальнем поле
- 5 Гибридная VoF/Lagrange модель двухфазного течения
- 6 Модуль анализа ветровых энергетических установок на основе SOWFA
- 7 Модуль параметризации расчетов на базе PyFoam
- 8 Библиотека граничных условий и пользовательских исполняемых объектов
- 9 Гибридная модель URANS/LES для моделирования внешней дозвуковой аэродинамики
- 10 Методы анализа данных для визуализации и извлечения информации

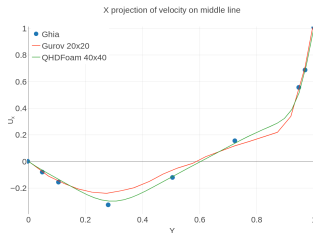
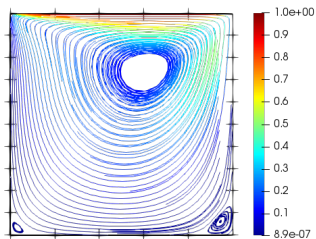
Жизненный цикл

- Разработка
 - ① Среда разработки: Atom/Vi
 - ② Планирование: Teamweek/Trello
- Контроль версий - Git (GitHub/GitLab)
 - ① <https://github.com/unicfdlab/OpenDTEF>
 - ② <https://github.com/unicfdlab/>
- Тестирование: Jenkins (ночные, еженедельные и ежеквартальные тесты)
- Связь с пользователями:
 - ① Slack <https://matveykraposhin.typeform.com/to/hNz2vv>
 - ② Учебные курсы ЛСА <http://academy.hpc-russia.ru/track/vozmozhnosti-otkrytyh-paketov-dlya-resheniya-zadach-mss>
 - ③ Учебные курсы OFW <https://wiki.openfoam.com/Tutorials>
- Периодичность выпуска: раз в год, Январь-Февраль

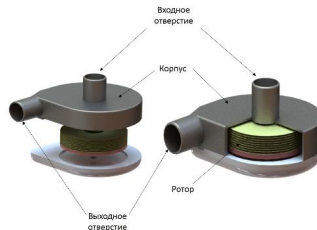
- 1 Выпущена вторая версия
- 2 Реализован способ вычисления τ -слагаемых на основе работ Т.Г. Елизаровой и Е.В. Шильникова
- 3 Проводятся расчеты промышленных приложений
- 4 Совершенствуются отдельные модули



QHD Медицина

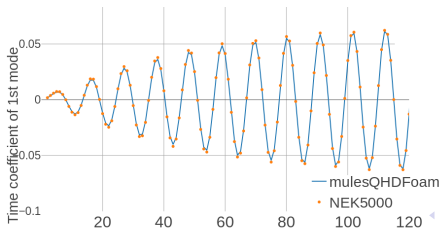
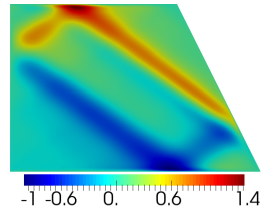
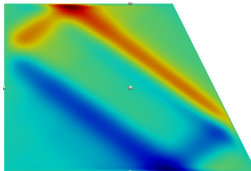
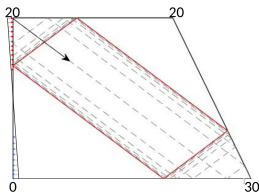


- 1 Разработанные библиотеки были использованы для аппроксимации КГид уравнений
- 2 Проведено тестирование алгоритмов для известных случаев
- 3 Ведутся работы по моделированию гидродинамики насоса поддержания кровообращения (для поддержки проф. А. Б.

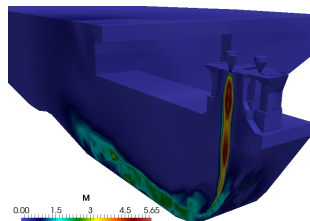
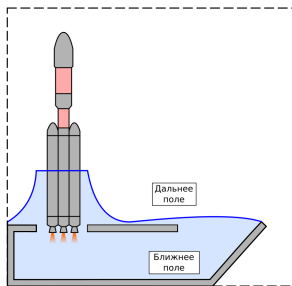
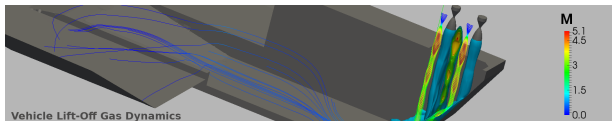


QHD Океанология

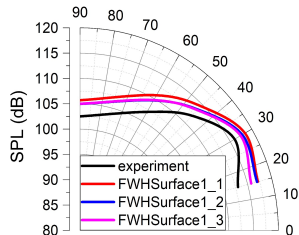
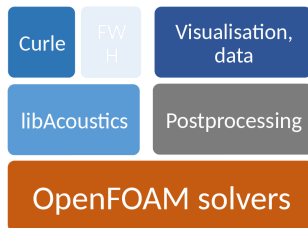
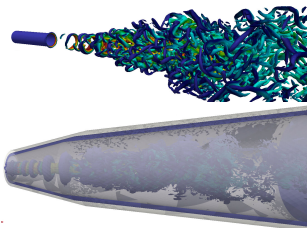
- 1 Реализованный КГиД алгоритм протестирован для задач с плавучестью
- 2 Выполнено сравнение с NEK5000 (МСЭ) для 2Д аттрактора внутренних волн
- 3 В планах интеграция с модулем переноса частиц, 3D моделирование



- ① Для моделирования сложных явлений используется схема Курганова и алгоритма расщепления на основе PISO/SIMPLE



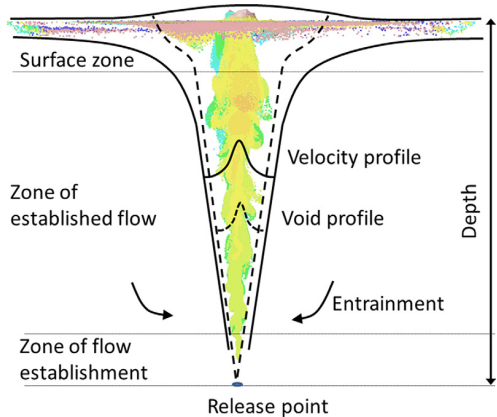
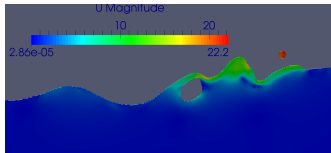
- ① Развитие библиотеки libAcoustics для акустического анализа в дальнем поле
- ② Аналогии Curle, FFWH (Farassat 1A, Farassat GT)
- ③ Выполняется сравнение с экспериментальными данными для низко-Рейнольдсовых течений



VoF/Lagrange

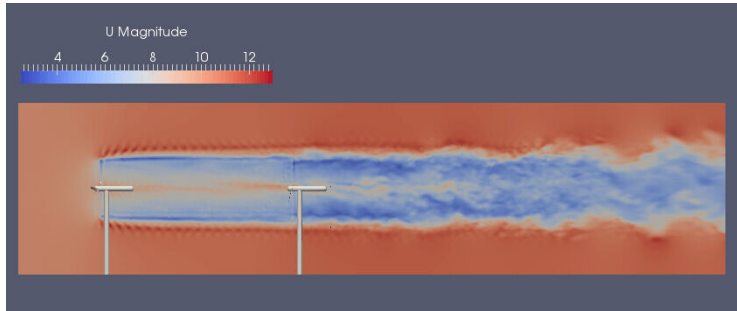
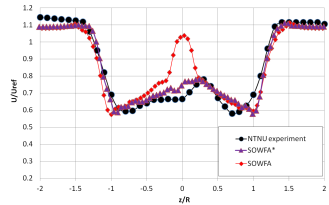
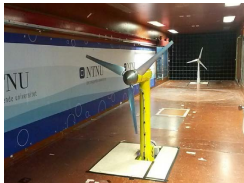
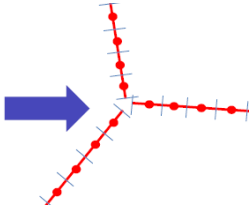
Модель, включающая в себя VoF подход для переноса крупномасштабных объемов жидкой фазы и Лагранжев подход для переноса мелкодисперсных элементов потока

$$\frac{\partial \rho \vec{U}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{U} \otimes \vec{U}) = -\nabla p + \nabla \cdot \hat{\Pi}$$
$$m_P \frac{d\vec{V}_P}{dt} = \sum_i \vec{F}_i$$



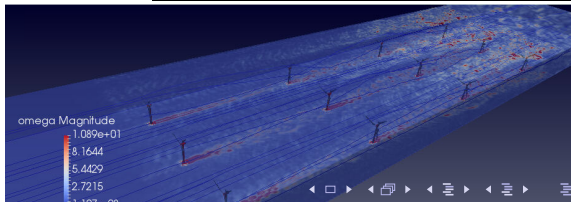
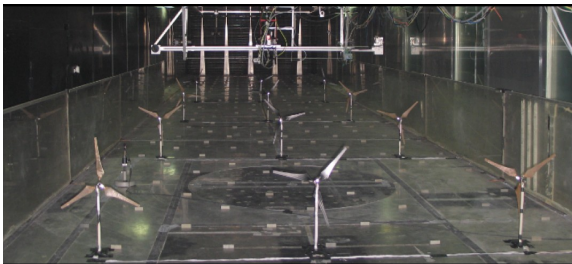
SOWFA - моделирование ветропарков

SOWFA – открытая библиотека для моделирования аэродинамики.
Реализована на базе OpenFOAM-2.3.0



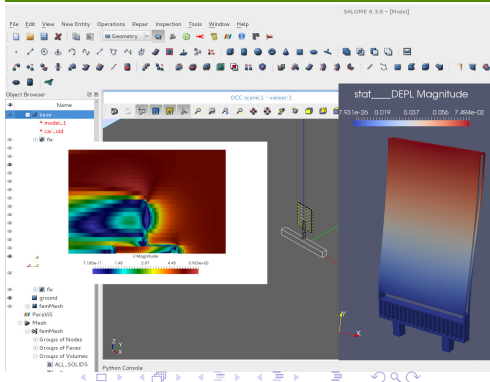
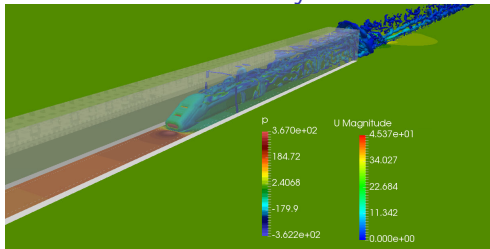
Развитие SOWFA: фронт работ

- 1 Верификация по экспериментальным данным
- 2 Перенос на платформу OpenDTEF (OpenFOAM+)
- 3 Совершенствование моделей турбулентности
- 4 Интеграция с другими модулями (перенос частиц и пр.)
- 5 Применением для моделирования реальных ветропарков



PyFoam

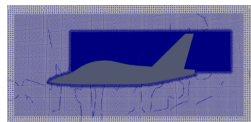
- Автоматизация расчетных случаев: моделирование движения поездов
- Интеграция программных комплексов:
 - OpenFOAM: FVM, C++ / PyFoam (Python)
 - Code_Aster: FEM, Fortran / Python
 - SALOME: OpenCasCade, C++ / Python



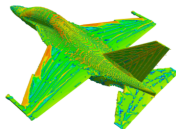
Библиотека ГУ и моделей

- 1 Утилита для оценки интегральных характеристик насоса (подача, напор, момент)
- 2 Модель турбулентности одиночной сверхзвуковой струи А.В. Сафронова
- 3 Граничное условие для выхода потока при произвольном числе Маха
- 4 Регулятор расхода

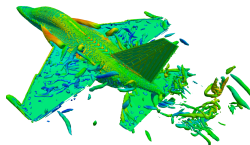
Гибридная модель URANS/LES



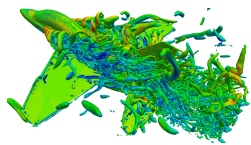
А.С. Епихин Выбор численных схем и реализация гибридной URANS-LES методики для расчета сложных вихревых течений с использованием открытого пакета OpenFOAM , Математическое моделирование, 2018, принято к печати



$\alpha = 0^0$



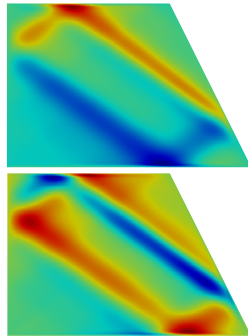
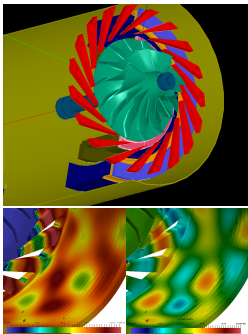
$\alpha = 20^0$



$\alpha = 30^0$

Методы анализа данных

Ведется разработка модуля анализа результатов и построения моделей пониженной размерности с использованием методов обработки данных: FFT, POD, DMD, Hilbert Transformations, etc



Заключение

- 1 Пакет DigiTEF состоит из:
 - 1 Открытой библиотеки OpenDTEF, включающей OpenFOAM+ и сторонние открытые библиотеки
 - 2 Открытых отечественных модулей, зарегистрированных в реестре программ ЭВМ РФ
- 2 В настоящее время готовится регистрация пакет DigiTEF в реестре МинКомСвязи РФ
- 3 Проводятся исследования на уязвимости исходного кода пакета сертифицированными средствами ИСП РАН: SVACE, BinSide, Anxiety, Klever, AstraVer
- 4 Группа Slack для общения: <https://matveykraposhin.typeform.com/to/hNz2vv>

