

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математического и компьютерного моделирования

**Пример курсовой**

**работы**

КУРСОВАЯ РАБОТА

студента (ки) 2 курса 241 группы

направления (специальности) 080801 Прикладная информатика

Механико-математический факультет

Петровой Исидоры Ивановны

Научный руководитель

Зав. кафедрой

зав.каф., д.ф.м.н.

Ю. А. Блинков

Саратов 2016

# СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Краткая информация об OpenFOAM и ParaView .....</b>	<b>4</b>
1.1 OpenFOAM .....	4
1.2 ParaView .....	6
<b>2 Обзор существующих решений.....</b>	<b>8</b>
2.1 HELYX OS .....	8
2.2 ANSA .....	9
2.3 CastNet .....	11
<b>3 Проектирование информационной системы .....</b>	<b>13</b>
3.1 Постановка задачи .....	13
3.2 Диаграмма прецедентов .....	13
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>15</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>16</b>

## ВВЕДЕНИЕ

При обработке экспериментальных данных, полученных в результате математического моделирования физических процессов в CAD/CAE системах, особенно, когда проводится, например, серия экспериментов, в которых входные данные незначительно изменяются часто порождается большой объем результатов, подлежащих анализу или иными словами – пост-обработке. Причем, зачастую для анализа с полученными мало различающимися данным необходимо провести однотипные манипуляции. Учитывая все выше сказанное, становится ясна необходимость автоматизации такого процесса пост-обработки данных.

В курсовой работе будет спроектирована информационная система позволяющая упростить процесс анализа полученных экспериментальных данных. Для автоматизации будет использован язык программирования Python, для хранения результатов – NoSQL подход, а конкретно СУБД MongoDB.

Таким образом целью данной курсовой работы является проектирование информационной системы, автоматизирующей рутинные операции анализа экспериментальных данных. Задачи:

- Кратко рассмотреть CAD/CAE систему – OpenFOAM и ParaView.
- Рассмотреть существующие решения по данной тематике.
- Спроектировать UML-диаграммы для описания информационной системы.

# 1 Краткая информация об OpenFOAM и ParaView

## 1.1 OpenFOAM

OpenFOAM (англ. Open Source Field Operation And Manipulation CFD ToolBox) — открытая интегрируемая платформа для численного моделирования задач механики сплошных сред. [1]

Это пакет программ распространяемых свободно под лицензией GNU GPL, позволяющей решать задачи механики сплошных сред, в частности:

- Прочностные расчеты;
- Гидродинамика ньютоновских и неньютоновских вязких жидкостей как в несжимаемом,
- так и сжимаемом приближении с учётом конвективного теплообмена и действием сил гравитации. Для моделирования турбулентных течений возможно использование RANS-моделей, LES- и DNS-методов. Возможно решение дозвуковых, околосзвуковых и сверхзвуковых задач; Задачи теплопроводности в твёрдом теле;
- Многофазные задачи, в том числе с описанием химических реакций компонент потока;
- Задачи, связанные с деформацией расчётной сетки;
- Сопряжённые задачи;
- Некоторые другие задачи, при математической постановке которых требуется решение дифференциальных уравнений в частных производных в условиях сложной геометрии среды;

В основе кода лежит набор библиотек, предоставляющих инструменты для решения систем дифференциальных уравнений в частных производных как в пространстве, так и во времени. Рабочим языком кода является C++. OpenFOAM состоит из приблизительно 250 программ основанных на более чем 100 библиотеках. Каждое приложения выполняет свою конкретную задачу в рамках процесса расчета. Этапы работы представленные в соответствии с рисунком ??.

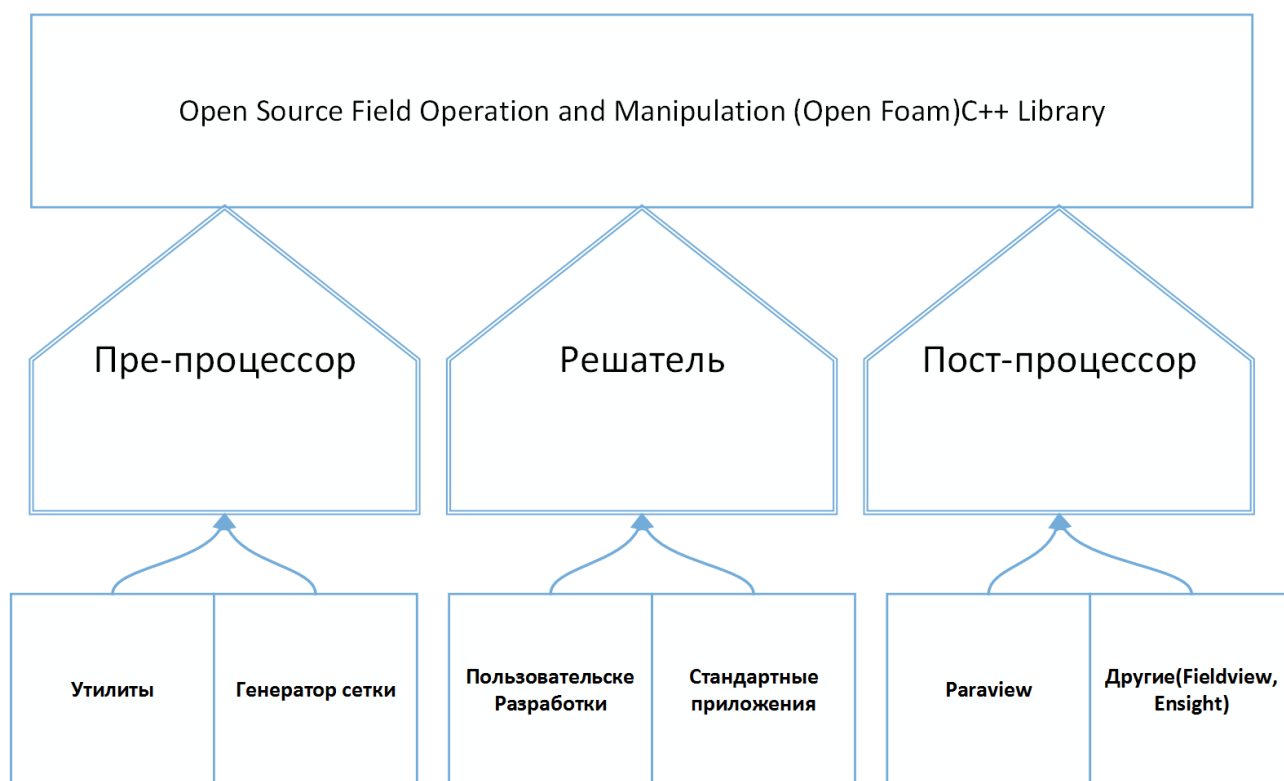


Рисунок 1.1 — Утилиты и программы входящие в пакет OpenFOAM, сгруппированные по этапам работы с расчетом.

Работа с программой делится на три этапа:

1. Пре-процессинг;
2. Решение;
3. Пост-процессинг.

На этапе пре-процессинга в специальных файлах задаются входные данные для расчета примера, такие как: начальное время, конечное время, шаг и так далее. Также параметры для хранения решения: время, формат, тип сжатия. Также в препроцессинг включены настройки выбора различных схем расчета, которые влияют на точность и стабильность решения. После этого отдельно генерируется расчетная область (сетка), которая впоследствии может быть обработана различными утилитами [2]. Затем запускается решатель, который производит расчет. На этапе пост-процессинга полученные данные представляются в виде графиков. Также используются некоторые утилиты, например для конвертации из внутреннего формата OpenFOAM в широко используемый формат `vtk`.

## 1.2 ParaView

ParaView – открытый графический кросс-платформенный пакет для интерактивной визуализации в исследовательских целях, разрабатываемый Национальной Лабораторией Сандиа, компанией Kitware и Национальной Лабораторией Лос-Аламоса [3].

Пакет ParaView предоставляет пользователю возможности интерактивной визуализации и исследования больших массивов данных для качественного и количественного анализа.

Пакет может быть использован на компьютерах с операционными системами Windows, Linux, Mac OS X.

При разработке авторы придерживаются следующих целей:

- Открытость, кросс-платформенность — в пакете используются только открытые, мульти-платформенные технологии для визуализации данных.
- Поддержка различных, в том числе, гетерогенных вычислительных систем.
- Создание гибкого, интуитивного пользовательского интерфейса.

Таким образом, пакет ParaView во многом является скорее технологией обработки, чем всего лишь программным средством [4].

Одни из основных возможностей пакета:

- Визуализация расчетных областей.
- Визуализация полей (давление, скорость, температура, смещения и прочее).
- Построение срезов областей как плоскостью, так и заданной функцией.
- Построение изо-поверхностей.
- Построение векторных полей и линий тока.
- Позволяет показывать динамику развития протекающего процесса, отображая анимацию.

Основной формат данных ParaView – VTK, но пакет также содержит драйверы для работы с форматом OpenFOAM и поставляется вместе с дистрибутивом пакета.

Работа с Paraview может осуществляться как в интерактивном, так и пакетном режиме. Приложение

ParaView также предлагает богатый и мощный программный интерфейс на языке Python. Это позволяет пользователям автоматизировать обработку своих данных и использовать возможности, так называемого, набора инструментов визуализации – Visualization Tool Kit (VTK) [5].

## 2 Обзор существующих решений

Рассматриваемая в данной курсовой работе информационная система должна выполнять пост-обработку данных, полученных в результате численно эксперимента в пакете OpenFOAM, делая упор на автоматизацию функций для работы с серией данных. Рассмотрим доступные приложения осуществляющие автоматизацию рутинных функций в рамках пакета OpenFOAM.

### 2.1 HELYX OS

HELYX-OS - это графический пользовательский интерфейс с открытым исходным кодом, разработанный компанией ENGYS для работы со стандартными библиотеками OpenFOAM, предоставляемыми OpenFOAM Foundation и ESI-OpenCFD. Приложение предназначено для академического использования и работы с CFD начального уровня. Распространяется в соответствии с GNU General Public License [6].

HELYX-OS предоставляет полностью интерактивную, простую в использовании среду для выполнения всех задач предварительной обработки в процессе CFD, включая создание сетки, определение случая и выполнение решателя.

Существует также версия для корпоративного использования – CFD HELYX.

Преимущества:

- Встроенная поддержка как OpenFOAM, так и OpenFOAM+: возможность загружать существующие кейсы, читая настройки непосредственно из доступных текстовых файлов проекта.
- Программа доступна на платформах Linux и Windows. Однако версия для Windows платна.
- Управление утилитой построения сеток snappyHexMesh, включая такие возможности как отображение геометрии и непосредственное построение прямо в окне приложения.
- Отдельный мониторинг решателя с отслеживанием остатков решения.

В корпоративной версии также следует выделить:

- Высокая масштабируемость.



- Возможность работы с использованием облачных технологий.
  - Модульность. Возможно расширение в рамках HELYX ADD-ONS,
- В соответствии с рисунком 2.1 изображен рабочий экран программы.

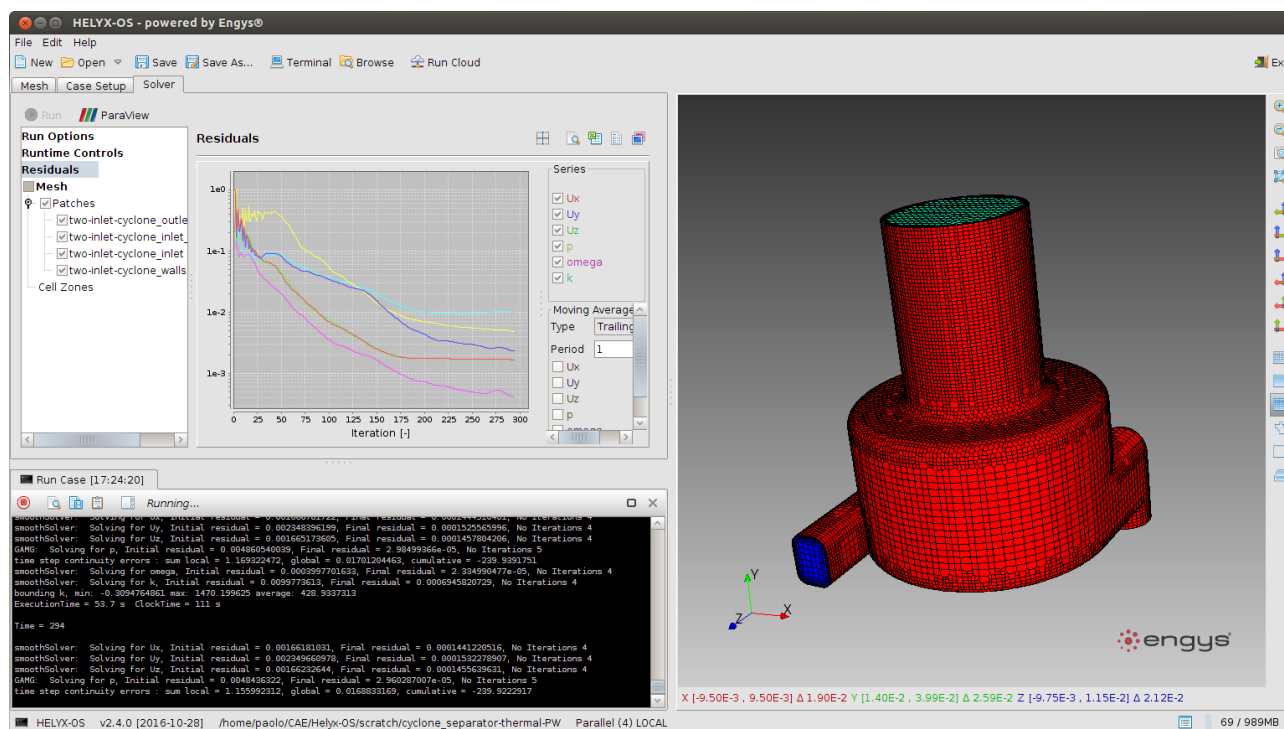


Рисунок 2.1 — Рабочий экран приложения Helyx OS.

## 2.2 ANSA

ANSA - это инструмент пре-процессинга CAE, который предоставляет все необходимые функциональные возможности для построения полной модели, от CAD-данных до готового к вводу файла решателя, в единой интегрированной среде [7].

Все функции программного обеспечения размещены в интегрированной среде с настраиваемым графическим интерфейсом. Программное обеспечение доступно для всех современных популярных операционных систем в 32-битной и 64-битной архитектуре с использованием многоядерных процессоров.

Преимущества:

- Эффективная обработка данных для сложных структур моделей.

- Быстрое и качественное моделирование сложных геометрических моделей.
- Возможность взаимодействия между моделями, созданными для разных решателей.
- Высокоавтоматизированные процессы и инструменты настройки модели в одной программе.
- Уменьшены зависящие от пользователя подверженные ошибкам операции.
- Полное построение модели для многочисленных решателей в одной среде.

Рабочий экран приложения представлен в соответствии с рисунком /reffig3

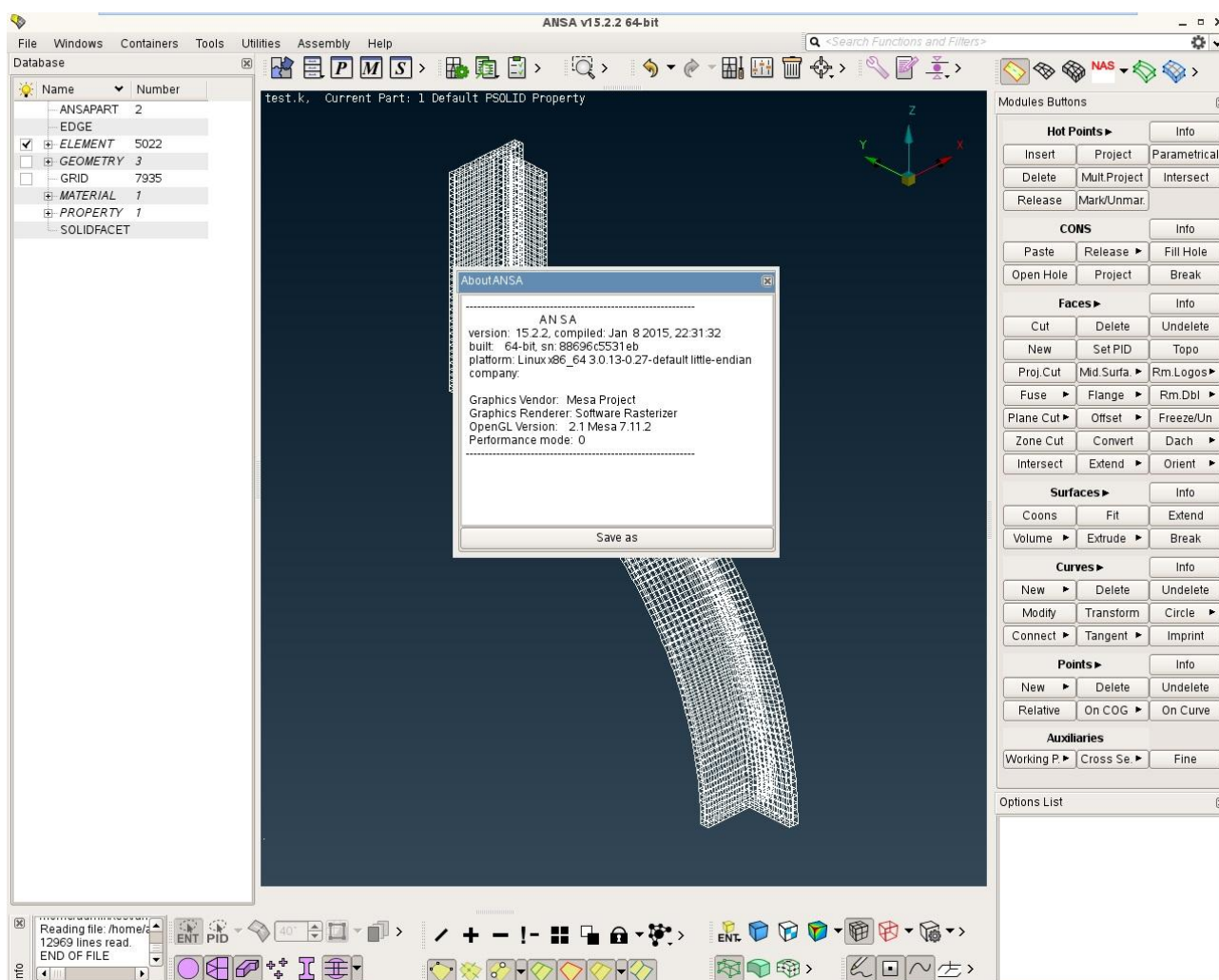


Рисунок 2.2 — Рабочий экран приложения ANSA.

## 2.3 CastNet

CastNet упрощает использование технологических решений САЕ для решателей с открытым исходным кодом: кроме типичного редактирования текстовых файлов, предоставляется альтернативный способ работы с OpenFOAM на основе графического интерфейса, сохраняя полную совместимость со стандартными выпусками OpenFOAM. В результате рабочий процесс становится достаточно гибким, и пользователь может в любой момент переключаться между настройкой рабочего примера на основе текстового файла и графического интерфейса пользователя.

Вид рабочего экрана приложения представлен в соответствии с рисунком 2.3

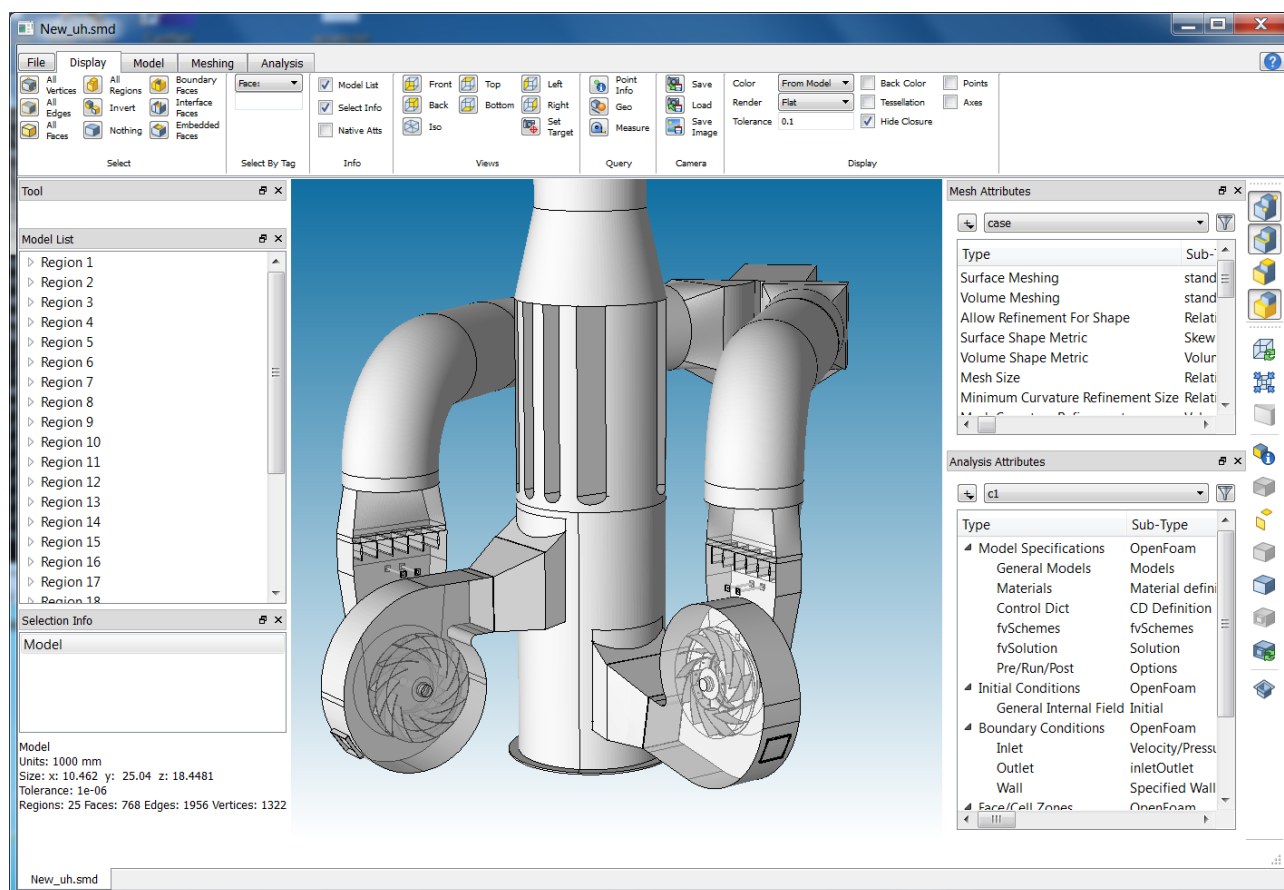


Рисунок 2.3 — Рабочий экран приложения CastNet.

Ключевые особенности CastNet:

- Полноценная среда разработки на основе графического интерфейса пользователя, включающая предварительную обработку (создание сет-

ки, настройку примера), мониторинг решения и последующую обработку. Таким образом: доступ к мощным функциям решателя с открытым исходным кодом без редактирования текстовых файлов или необходимости детального изучения структуры ключевых слов OpenFOAM.

- Кроссплатформенное использование: поддержка гибкой среды для пакета программ OpenFOAM в операционных системах Windows и Linux.
- Большая библиотека шаблонов, позволяющая легко настраивать пример для более чем 30 решателей OpenFOAM.
- Больше надежности в отношении результатов моделирования благодаря контролю сходимости. Разработчики также особо выделяют совместимость со всеми версиями пакета программ OpenFOAM.

## **3 Проектирование информационной системы**

### **3.1 Постановка задачи**

Необходимо спроектировать приложение, которое бы выполняло процесс пост-обработки, то есть строило графики используя экспериментальные данные полученные из пакета программ OpenFOAM. Приложение должно также работать с группами экспериментальных данных, то есть выполнять конкретное действие построения графика, например срез, с группой из разных мало отличающихся кейсов. Программа должна хранить экспериментальные данные и историю операций кейса. Для этого будет использована СУБД MongoDB. Для построения графиков будет использован API ParaView на языке Python. Также должна быть реализована возможность экспорта графиков в файлы.

Для более подробного понимания информационной системы были построены UML-диаграммы.

### **3.2 Диаграмма прецедентов**

Прецеденты – это технология определения функциональных требований к системе [?]. Диаграмма прецедентов (use case diagram) предназначена для описания взаимодействия проектируемой системы с любыми внешними или внутренними объектами - пользователями, другими системами и тому подобное. Основными понятиями при работе с диаграммой вариантов использования являются Актор (Actor) – это роль, которую выполняет пользователь или другая система, при взаимодействии с проектируемой системой. Вариант использования – это конечная единица взаимодействия актора и системы.

Диаграмма вариантов использования представлена в соответствии с рисунком 3.1

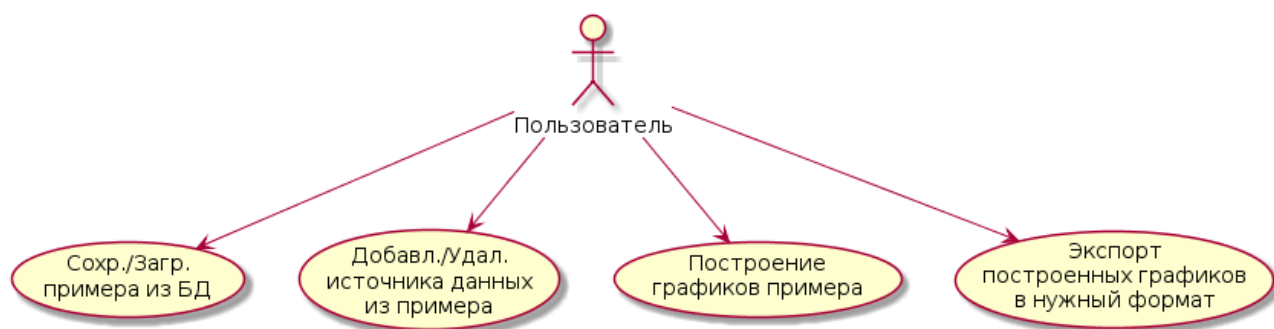


Рисунок 3.1 — Диаграмма вариантов использования.

В соответствии с рисунком 3.1 представлена базовая функциональность проектируемой программы. Пример или основная сущность программы состоит из списка источников данных. Каждый источник данных – это результат конкретного численного эксперимента. Таким образом достигается цель – работа сразу с несколькими источниками данных.

### 3.3 Диаграмма классов

Диаграмма классов описывает типы объектов системы и различного рода статические отношения, которые существуют между ними. На диаграммах классов отображаются также свойства классов, операции классов и ограничения, которые накладываются на связи между объектами ??.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. OpenFOAM Wikipedia. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenFOAM> (дата обращения: 08.05.2020).
2. Официальный сайт OpenFOAM. User guide. — URL: <https://cfd.direct/openfoam/user-guide/> (дата обращения: 08.05.2020).
3. Официальный сайт Paraview. About. — URL: <https://www.paraview.org/overview/> (дата обращения: 08.05.2020).
4. Paraview. Wikipedia. — URL: <https://www.paraview.org/overview/> (дата обращения: 08.05.2020).
5. Официальный сайт Paraview. Paraview and Python. — URL: [https://www.paraview.org/Wiki/ParaView\\_and\\_Python](https://www.paraview.org/Wiki/ParaView_and_Python) (дата обращения: 08.05.2020).
6. Официальный сайт Helyx. Products. Helyx OS. — URL: <https://engys.com/products/helyx-os> (дата обращения: 10.05.2020).
7. Официальный сайт компании Beta. Продукт ANSA. — URL: <http://www.beta-cae.gr/ansa.htm> (дата обращения: 11.05.2020).
8. Фаулер, Мартин. UML. Основы, 3-е издание. — Спб:Символ-Плюс, 2004. — 192 с.