

Пакет программ ЛОГОС

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ ИТМФ»
Дерюгин Ю.Н.,

ИПМ РАН
г. Москва 26. 10. 2014г.

История создания пакта программ ЛОГОС.CFD

- | | |
|-----------|--|
| 2005 | - ТЗ на пакет программ ТМП |
| 2005-2008 | - Работа на базе среды FOAM |
| 2008-2009 | - Разработка собственной структуры данных |
| 2008 | - ТЗ на пакет программ ЛЭГАК-ДК |
| 2009 | - Подготовка проекта по СКТ |
| 2009-2010 | - ТЗ на пакет программ ЛОГОС для расчета задач гидро- и аэродинамики |
| 2010-2012 | - Создание базового варианта программы |
| 2010 | - ТЗ на пре и постпроцессор |
| 2012 | - Единое название программы ЛОГОС |
| 2012-2014 | - Развитие функционала CFD и прочности, пре и постпроцессора, оптимизатора, связанного кода. |

Проект «Развитие суперкомпьютеров и грид-технологий»

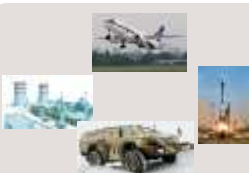
Развитие ключевых компонент суперкомпьютерных технологий



Создание отечественного программного обеспечения для имитационного моделирования на супер-ЭВМ



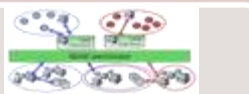
Проектирование и разработка базового ряда супер-ЭВМ



Разработка и внедрение отечественных суперкомпьютерных технологий на предприятия стратегических отраслей промышленности (авиастроение, атомная энергетика, автомобилестроение, ракетно-космическая отрасль)



Подготовка высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий



Создание инфраструктуры грид-сети для высокопроизводительных вычислений

Заказчик:
ГК «Росатом»
Ответственный:
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Заказчик: ГК «Росатом»
Ответственные:
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
ОАО «ОКБ Сухого», ОАО «ОКБМ Африкантов», ОАО «СПбАЭП»,
ОАО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ОАО «КАМАЗ», ФКП «НИЦ РКП»

Ответственный:
МГУ им М.В. Ломоносова

Ответственный:
Минкомсвязь России

Развитие и внедрение отечественных суперкомпьютерных технологий в промышленность.

Виртуальные модели сложных технических систем

2010-2012 гг.

- Концепции виртуальных моделей
- Расчетно-экспериментальная база для верификации и валидации
- Пилотные версии



Авиастроение

«виртуальный самолет (двигатель)»
(ОКБ «Сухого», НПО «Сатурн» и др.)

**SSJ-100, Т-50,
SAM-146**



**Атомная
энергетика**

«виртуальная АЭС с ВВЭР»
(СПбАЭП, ГИДРОПРЕСС и др.)
«виртуальная корабельная ЯЭУ»
(ОКБМ Африкантов и др.)

**ВВЭР-ТОИ,
СВБР-100**



**Автомобиле-
строение**

«виртуальный автомобиль»
(КАМАЗ и др.)

**КАМАЗ-43269,
КАМАЗ-5308,
КАМАЗ-5490,
Тайфун**



**Ракетно-
космическая
отрасль**

**моделирование стартового комплекса космодрома
«Восточный», виртуальные испытания** (НИЦ РКП, КБХА,
ЦСКБ-Прогресс» и др.)

**РД0146,
Ангара-А5**

2013-2014 гг.

- Полномасштабные виртуальные модели

2015-2020 гг.

- Промышленное внедрение

➤ **Аэродинамика****ЛОГОС-CFD**➤ **Гидродинамика****ЛОГОС-Прочность****ЛОГОС****ЛОГОС-Препост****ЛОГОС-
Оптимизатор**➤ **Решение задач
многокритериальной
оптимизации**

- **Динамическая прочность**
- **Статическая прочность**
- **Контактное взаимодействие**
- **Разрушение**
- **Многокомпонентная газодинамика**
- **Теплопроводность**
- **Термопрочность**
- **Детонация взрывчатых веществ**

- **Генератор блочно-регулярных сеток и методом отсечения**
- **Построение и ручное редактирование геометрий**
- **Анализ качества, сглаживание и топологическая коррекция**
- **Импорт геометрий (CATIA V4/V5, UNG, Pro/E, Parasolid, STEP, ...)**
- **Анализ и экспорт геометрии;**
- **Автоматическое исправление несогласованностей;**
- **Отображение произвольных нерегулярных сеток;**
- **Отображение и работа с величинами**

Команда разработчиков ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ ИТМФ»

ЛОГОС.ПРЕПРОЦЕССОР	- Анищенко А.А.	- 15ч.
ЛОГОС.СЕТКИ	- Тарасов В.И.	- 20ч.
ЛОГОС.ПОСТПРОЦЕССОР	- Потехин А.Л.	- 15ч.
ЛОГОС.CFD	- Дерюгин Ю.Н.,	- 40ч.
ЛОГОС.ПРОЧНОСТЬ	- Спиридонов В.Ф.	- 30ч.
ЛОГОС.ОПТИМИЗАТОР	- Спиридонов В.Ф.	- 5ч.
ТЕСТИРОВАНИЕ	- Гребенников А.Н.	- 25ч

Основные соисполнители:

СпбГПУ, БГТУ «Военмех», ООО «ТЕСИС», НИИСИ РАН, ИПМ РАН, ВЦ РАН
ЦИАМ, ЦАГИ, ЦНИИМАШ



Решатели ЛОГОС-CFD

Ориентированы на неструктурированные сетки, состоящие из многогранников произвольной формы

ЛОГОС-TVD

- Газодинамика;
- Аэродинамика;
- Акустика;
- Горение;
-

- Аэродинамика ЛА и РКТ;
- Воздухозаборники и сопла;
- Турбодвигатели, компрессора;
- Струйные течения;
- Горение в двигателях;
- ...

ЛОГОС-SIMPLE

- Гидродинамика;
- Пористые среды;
- Несмешивающиеся жидкости;
-

- Аэродинамика автомобилей;
- Течения теплоносителей;
- Свободные поверхности;
- Системы кондиционирования;
- ...

ЛОГОС-HEAT

- Теплопроводность;
- Излучение;
- Кинетика горения;
- Фазовый переход;
-

- Системы терморегулирования;
- Безопасность боеприпасов;
- Тепловое состояние объектов и КА;
- Нагрев турбокомпрессоров;
-

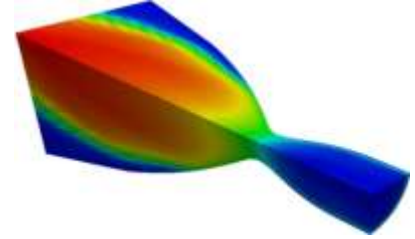
ЛОГОС-Adaptive

- Гидродинамика;
- Аэродинамика;
- Теплопроводность;
-

- Расчеты задач вычислительной гидродинамики и аэродинамики на адаптивно-встраиваемых подвижных сетках.



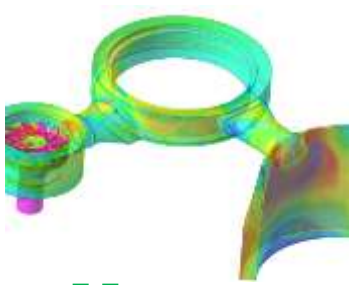
ЛОГОС-TVD



Совмещенный решатель

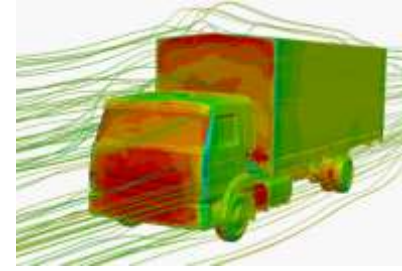
ДО-, транс- и сверхзвуковые течения

- Метод конечных объемов на неструктурированной и блочно-структурированной сетках, подвижные сетки, вращающиеся регионы,
- Многоблочные сетки “Химера”
- Явные методы Рунге-Кутты,
- Неявные методы в дельта-форме
- Гибридные схемы
- Нестационарные многокомпонентные течения
- Полуэмпирические RANS модели турбулентности и модели ламинарно-турбулентного перехода (k- ϵ , SA, SST,...)
- Автоматические пристеночные функции
- Вихреразрезающие модели турбулентности (LES, DES,...)
- Модель капельно-дисперсных сред
- Модели горения кислород-водородных и углеводородных смесей (дизель, керосин)
- Модели оценки акустического шум
-



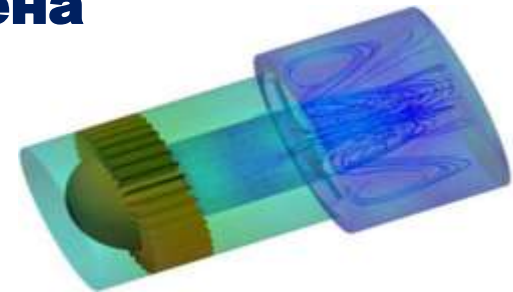
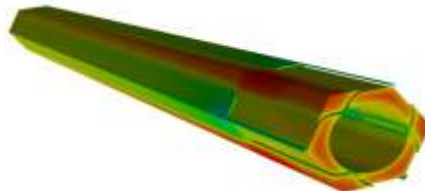
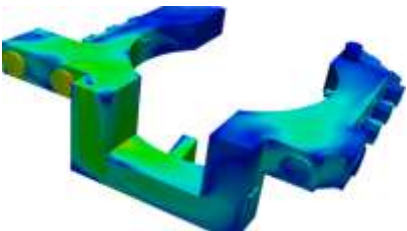
ЛОГОС-SIMPLE

Разделенный решатель



Несжимаемые и слабосжимаемые течения

- Стационарные и нестационарные течения
- Полностью неявная схема
- Многосеточный агрегативный метод решения СЛАУ
- Полуэмпирические RANS модели турбулентности и модели ламинарно-турбулентного перехода (k-ε, SA, SST)
- Вихреразрезающие модели турбулентности (LES, DES)
- Автоматические пристеночные функции
- Модели Бринкмана-Форхгеймера и Дарси для анизотропных пористых сред
- Модель свободной поверхности
- Модель неявного сопряженного теплообмена



ЛОГОС-HEAT

Распространение тепла в неподвижных средах

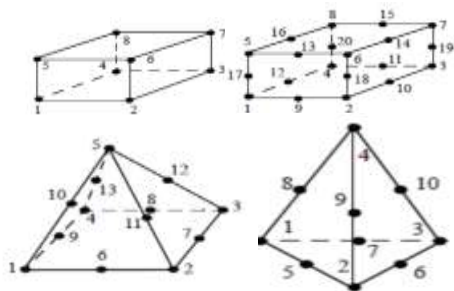
- Стационарная и нестационарная теплопроводность
- Нелинейная теплопроводность
- Неявная конечно-объёмная схема
- Анизотропные материалы
- Учёт объёмного тепловыделения
- Перенос излучения с диффузным переотражением
- Модель горения по Аррениусу
- Теплоперенос с учетом фазовых переходов

ЛОГОС-Adaptive

Задачи вычислительной гидродинамики на подвижных сетках

ЛОГОС-TVD
+
ЛОГОС-SIMPLE
+
ЛОГОС-HEAT





ЛОГОС-SA

Решение задач НДС на конечно-элементных сетках

(Зарубежные аналоги: LS-DYNA, AUTODYN, NASTRAN, ABAQUS)

Статическое деформирование

Динамическое деформирование

Контактное взаимодействие

Разрушение

Динамическая прочность

- Разрушение;
- Контактное взаимодействие;
- Различные модели материалов;
- Моделирование кинематики твердого тела;
-

- Моделирование аварийных ситуаций (посадка ЛА, падение, обрывы и т.д.);
- Краш-тесты;
- Взрывное нагружение;
- Моделирование поведения конструкций во времени;
- ...

Статическая прочность и модальный анализ

- Линейная прочность;
- Нелинейная прочность:
 - ✓ физическая нелинейность;
 - ✓ большие деформации;
 - ✓ контакт;
 - ✓

- Оптимизация весовых характеристик;
- Несущая способность;
- НДС конструкций;
- Термонапряженное НДС;
- Ресурс конструкций;
- ...

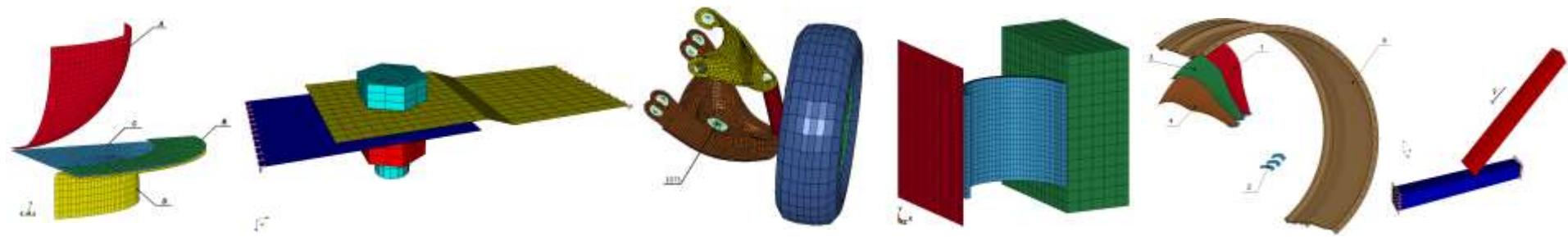
Модальный анализ и устойчивость

- Анализ с учетом предварительного НДС;
- Анализ с учетом предварительного контактного взаимодействия;
-

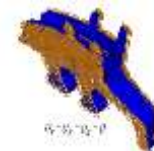
- Нахождение критических собственных частот;
- нахождение собственных частот и форм колебаний конструкции с учетом предварительного НДС
- ...

Динамическая прочность

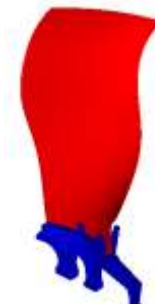
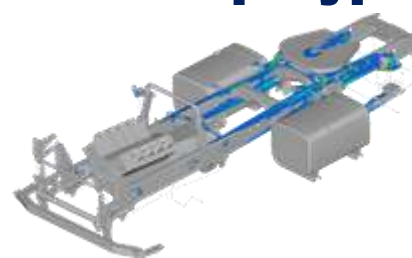
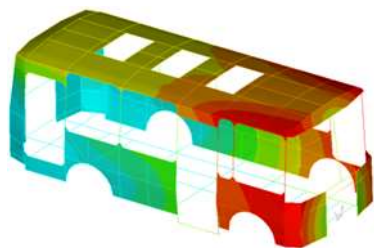
- Конечно-элементная аппроксимация по пространству, конечно-разностная по времени
- Явные схемы, полное или сокращенное интегрирование
- 4 оператора сглаживания искажений сетки типа “песочных часов”
- Набор средств для решения задач “медленной динамики”
- 15 типов конечных элементов (0-D, 1-D, 2-D, 3-D)
- сосредоточенные массы, пружины, шарниры, спецэлементы
 - ✓ балочные элементы, оболочечные элементы
 - ✓ объемные конечные элементы
- Различные модели динамического деформирования материалов
- Динамическое контактное взаимодействие с автоматическим самоконтактом и множественный контактом



Статическая прочность

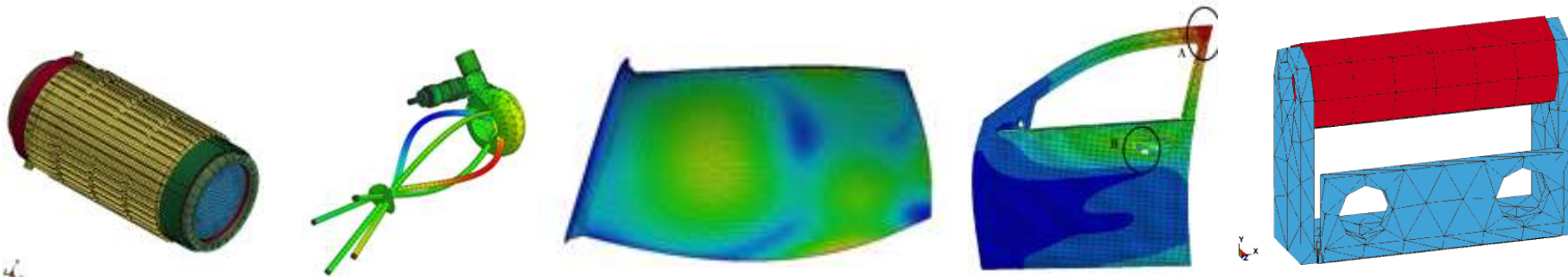


- **Метод конечных деформаций для учета геометрической нелинейности**
- **20 типов конечных элементов**
 - ✓ **2D-плоские (треугольник, четырёхугольник)**
 - ✓ **3D-объемные, 3D-оболочечные, 3D-балочные**
 - ✓ **Интерполяционный элемент, жесткая связь, “сварка”**
- **Адаптивная схема шага по нагрузке с автоматическим разбиением**
- **Модели деформирования материалов**
 - ✓ **Изотропный и ортотропный линейно-упругие материалы**
 - ✓ **Упругопластический материал с билинейной диаграммой деформирования**
 - ✓ **упругопластический материал с кусочно-линейной аппроксимацией диаграммы деформирования**
 - ✓ **Зависимость материальных параметров от температуры**



Модальный анализ

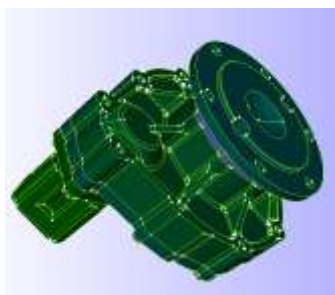
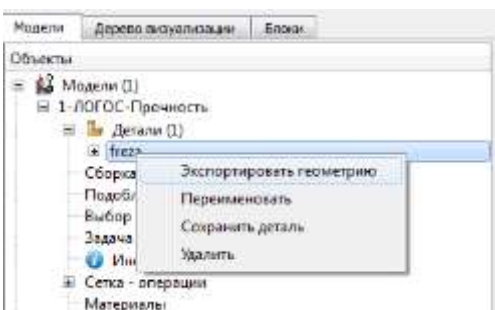
- **Неструктурированная пространственная сетка:**
 - **объемные шестигранные элементы, тетраэдры**
 - **оболочечные четырехузловые элементы, треугольники**
 - **3D – балочные элементы**
 - **специализированные элементы (жесткие связи, сварка, и др.)**
- **Модальный анализ с учетом предварительного НДС конструкций**
- **Модальный анализ с учетом контактного взаимодействия**
- **Библиотека EIGENSOLVER для численного нахождения собственных значений и собственных векторов**
- **Библиотека ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» параллельных решателей больших разреженных систем линейных алгебраических уравнений**



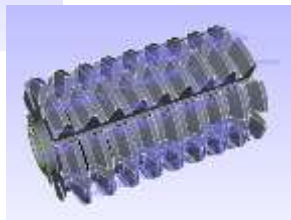
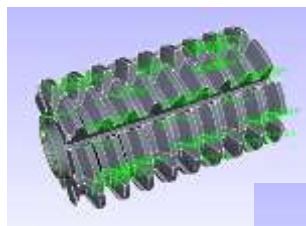
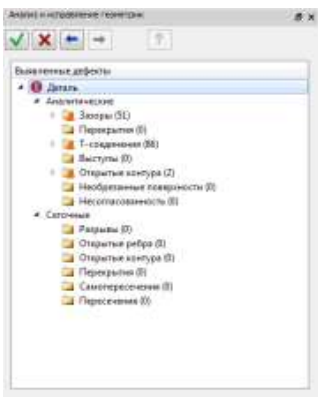


Обработка геометрических моделей

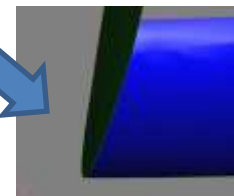
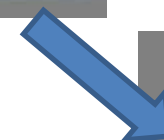
- **Импорт/экспорт геометрии** – большинство распространенных форматов (CATIA V4, CATIA V5, Unigraphics, Pro/E, Parasolid, ACIS, STEP, IGES, VRML, STL, 3DTransVidia XML)



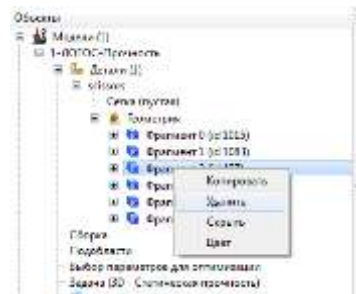
- **Анализ импортированной геометрии**



- **Автоматическое исправление геометрии** – исправление более 70 типов геометрических и топологических дефектов в автоматическом режиме



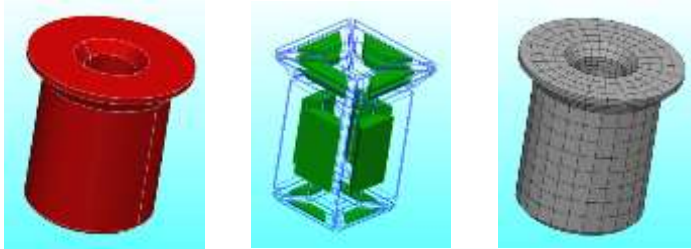
- **Редактирование геометрии**
 - Создание вершин, ребер, граней
 - Разбиение, пересоздание граней ...



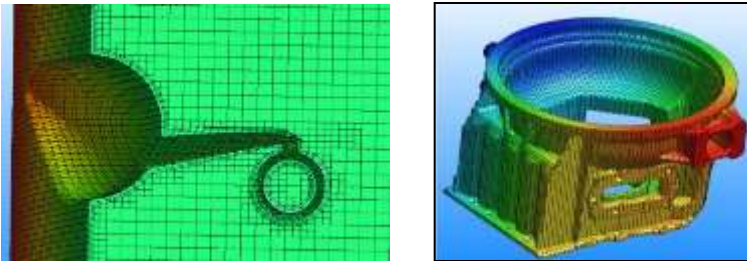


Генерация сеточных моделей

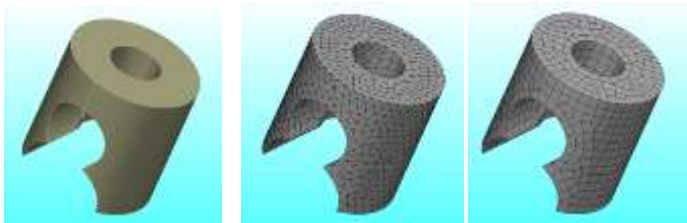
- Генератор блочно-регулярных сеток



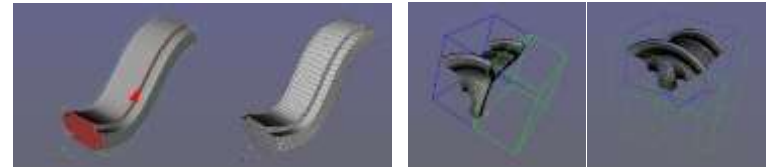
- Автоматический генератор неструктурированных многогранных сеток с пограничными слоями



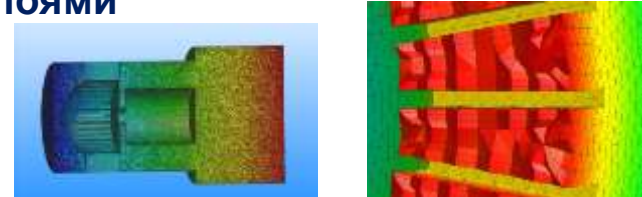
- Автоматический генератор неструктурированных тетраэдральных и преимущественно шестигранных сеток



- Операции прямой генерации сеток: экструзия, перемещение, копирование, масштабирование, поворот, отображение



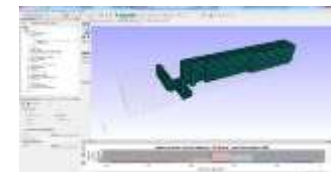
- Автоматический генератор тетраэдральных сеток с призматическими пограничными слоями



- Преобразование тетраэдральных сеток в многогранные

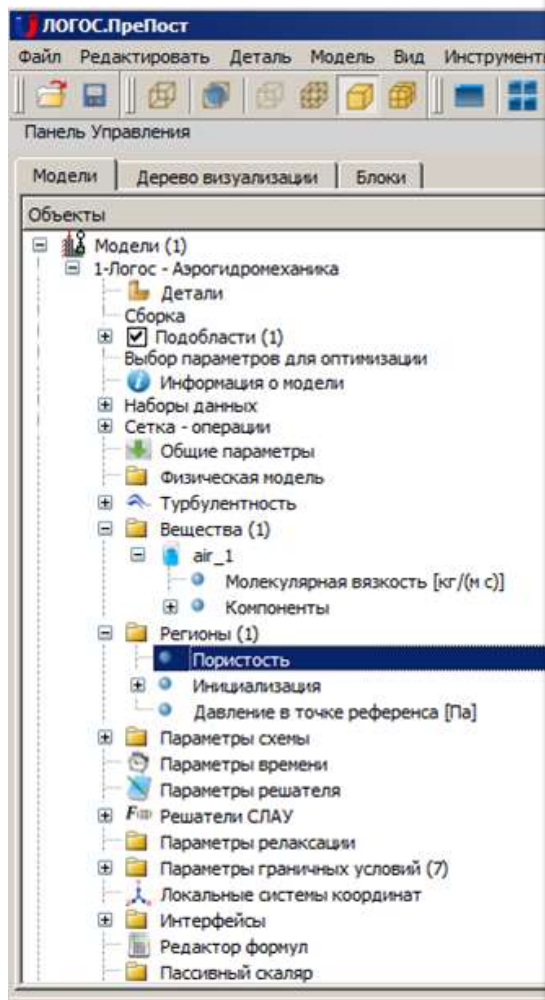


- Анализ качества сетки

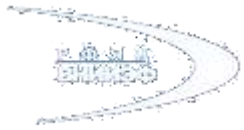




Задание параметров, начальных и граничных условий и запуск задач на счет



- Задание физических процессов для моделирования (аэрогидромеханика, теплогидродинамика, тепло в твердом теле, прочность и т.д.)
- Параметры физической модели (энергия, вращения, гравитация)
- Свойства и параметры веществ
- Начальные и граничные условия (скорости потоков, силы, нагрузки, давления, закрепления ...)
- Тактика счета и формат вывода результатов
- Запуск моделирования задачи, в том числе на удаленной суперЭВМ в многопроцессорном режиме, с обеспечением контроля за ходом этого моделирования



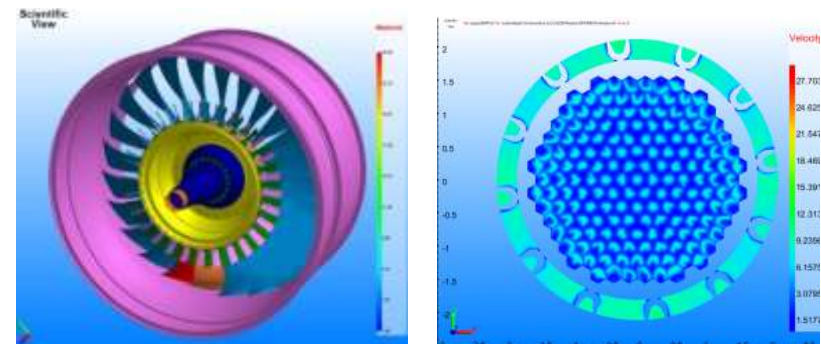
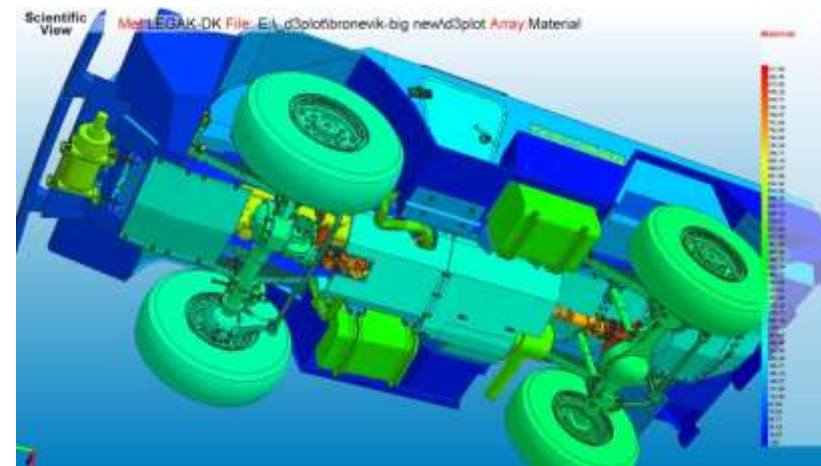
Постпроцессинг

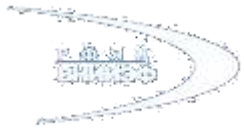
Назначение:

Анализ результатов моделирования различных физических процессов

Основные возможности:

- ✓ Графическая обработка (более 30 алгоритмов: выборка данных, построение сечений, графическая интерпретация полей, построение изоповерхностей, узкоспециализированные алгоритмы)
- ✓ Числовая обработка (табличное представление, калькуляция величин, вычисление интегральных характеристик, построение графиков и зависимостей величин)
- ✓ Визуальное отображение результатов моделирования в динамике
- ✓ Формирование отчётных и презентационных материалов

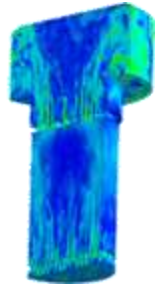




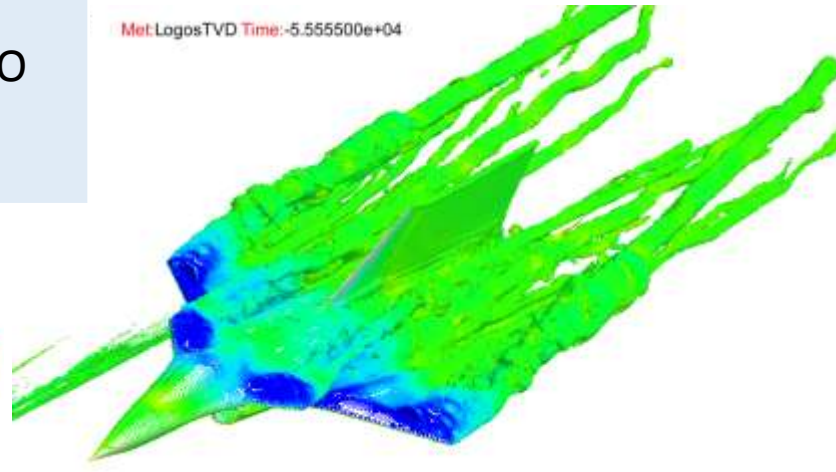
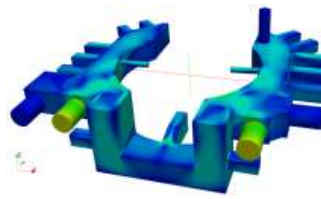
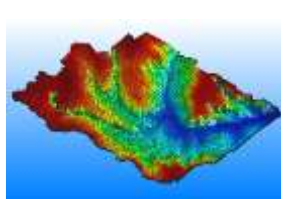
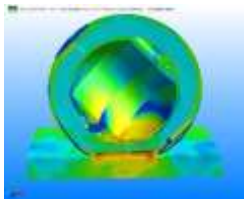
Постпроцессинг. Параллельный режим

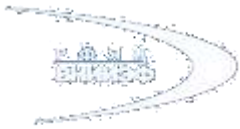
Особенности реализации

- ✓ Архитектура клиент-сервер (клиентская часть на ПК, сервер на удалённой кластерной системе)
- ✓ Кроссплатформенность
- ✓ Обработка данных на СуперЭВМ, содержащих более 1000 процессоров.
- ✓ Параллельные алгоритмы обеспечивают комфортный режим работы в реальном времени при обработке миллиардов ячеек, на порядок обходя по данному параметру коммерческое ПО



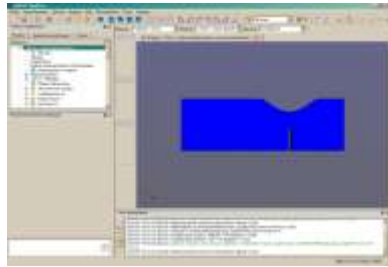
Met LogosTVD Time:-5.555500e+04



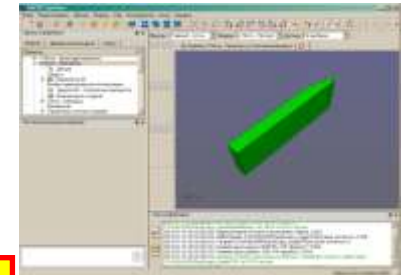


Препостпроцессор - подготовка и обработка связанных задач

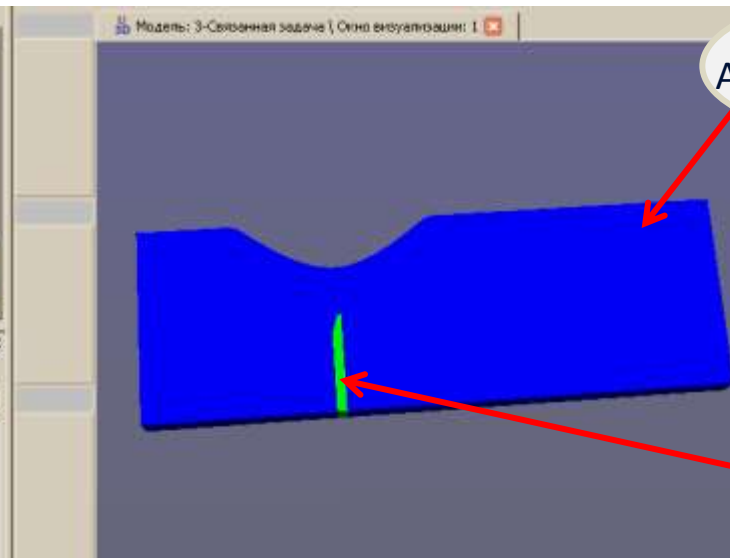
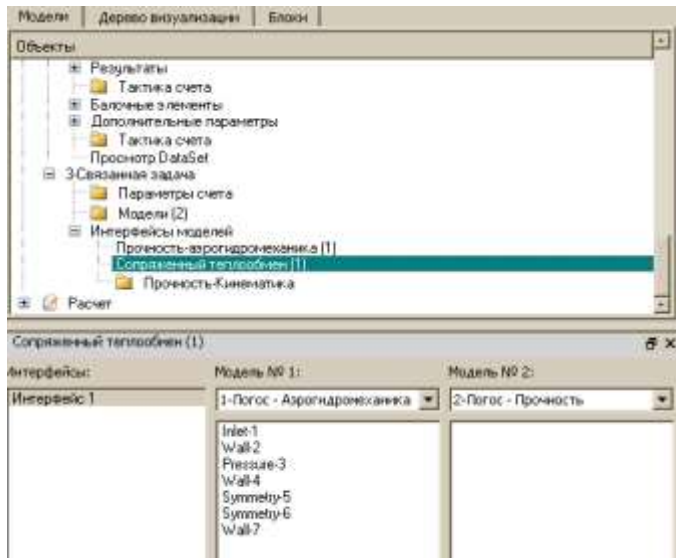
Модель “ЛОГОС – Аэрогидромеханика”



Модель “ЛОГОС – Прочность”

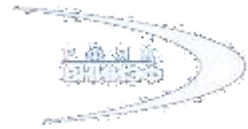


Модель “Связанная задача”



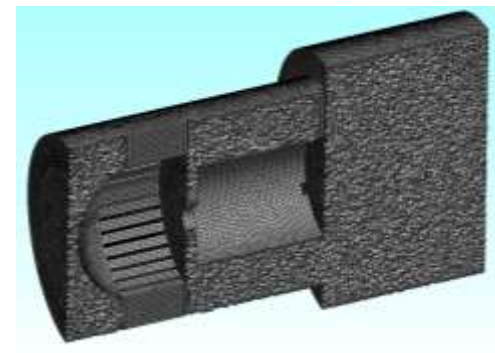
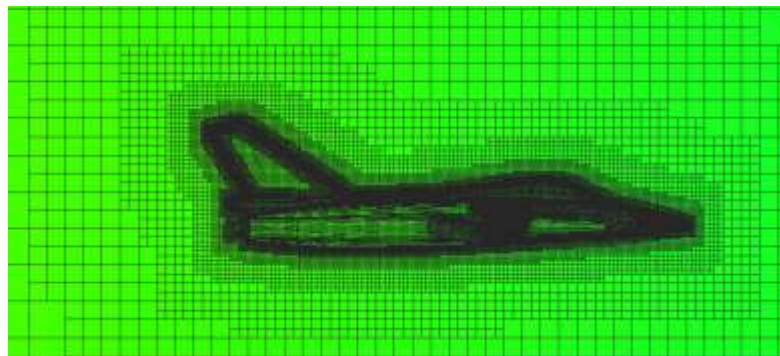
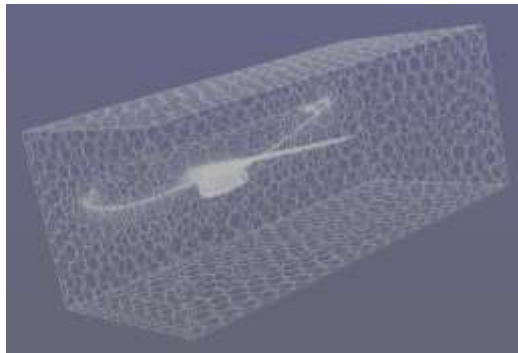
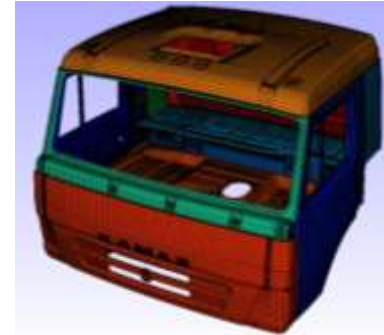
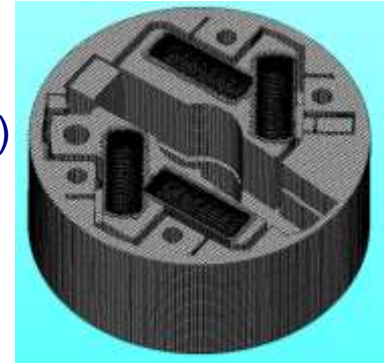
ЛОГОС -
Аэрогидромеханика

ЛОГОС -
Прочность



Генерация сеток для инженерных задач, рассчитываемых в ПК ЛОГОС по отечественным счетным кодам

- Генератор блочно-регулярных сеток
- Генератор сеток специального типа
 - Генерация призматического слоя (ВЦ РАН им. Дородницына, Тесис)
 - Генерация сетки в счетном ядре
 - Методом отсечения
 - Заполнением тетраэдрами или преимущественно шестигранными ячейками
- Преобразование ячеек в многогранники
- Анализ качества
- Генератор методом экструзии, операции над сетками: перемещение, копирование, масштабирование, поворот, зеркальное отображение
- Автоматический генератор (поверхностных/объемных сеток) (биб-ка CM2MeshTools)



Генерация сеток методом отсечения

Основные этапы:

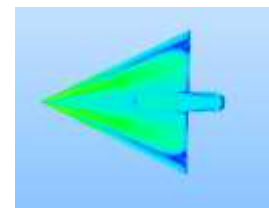
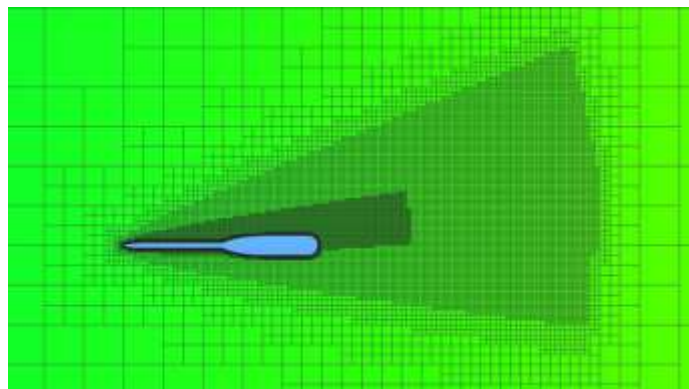
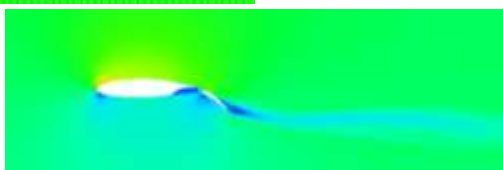
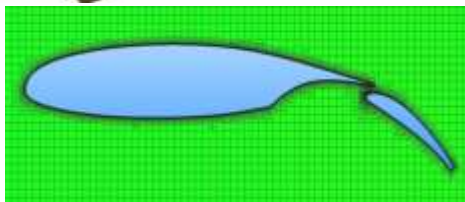
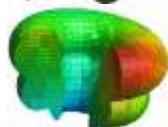
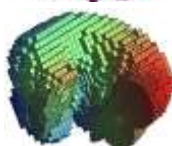
Построение подсеточного слоя с помощью библиотек (разработка ВЦ РАН им. Дородницына, Тесис);

Построение декартового адаптивного шаблона;

Отсечение;

Улучшение качества построенной отсечённой сетки;

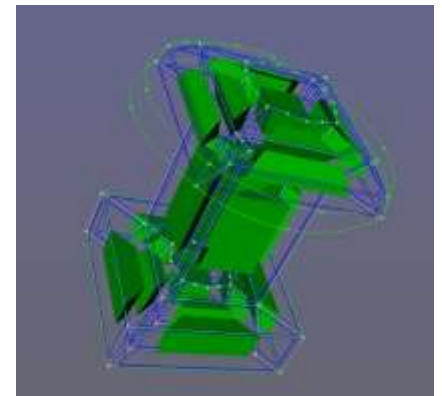
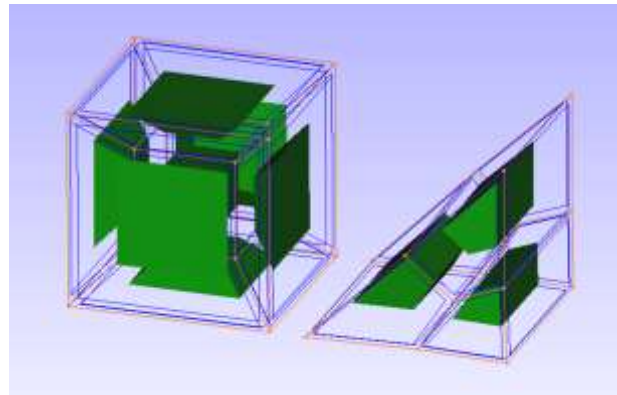
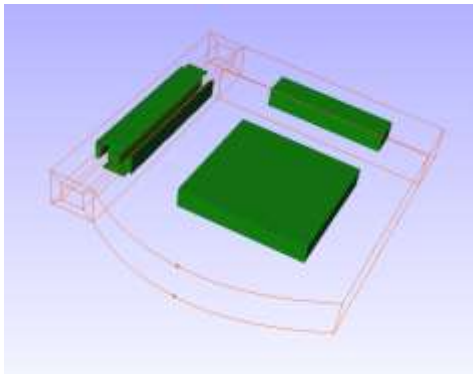
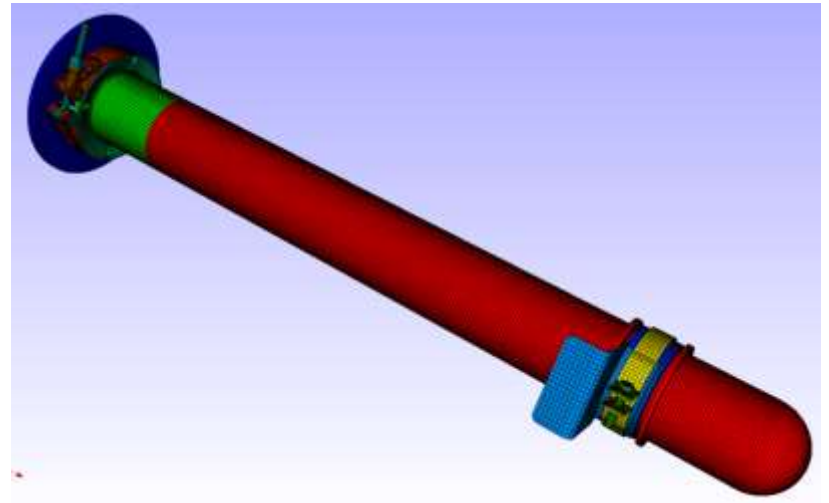
Построение призматического слоя.



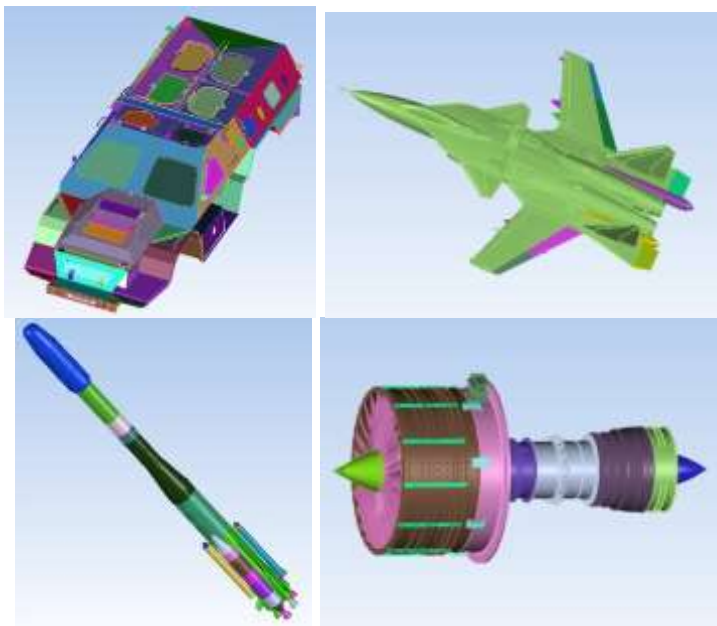
Генератор блочно-регулярных сеток

Основные функции:

- Создание;
- Разбиение;
- Объединение;
- Удаление;
- Перемещение топологической вершины в пространстве или с привязками к геометрии;
- Сохранение/загрузка описания топологии.



Подготовка/Обработка геометрических моделей



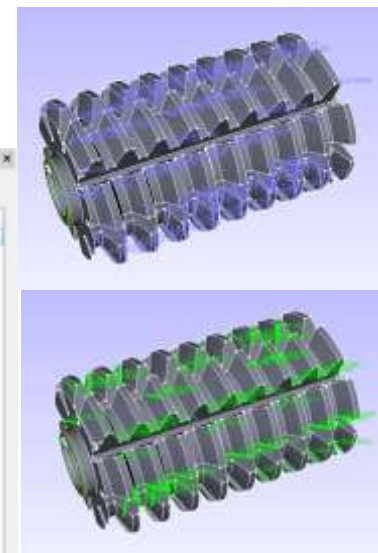
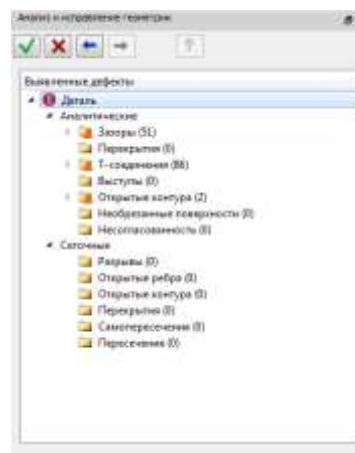
- В-Rep представление, геом. ядро 3DTV
- Параметрическое/дискретное представления
- Импорт/Экспорт геометрии
- Диагностика импортированной геометрии
- Автоматическое исправление геометрии (до 72 типов геометрических и топологических дефектов)
- Редактирование геометрии

Импорт:

CATIA V4, CATIA V5
Parasolid
ACIS
STEP, IGES, VRML
STL
3DTransVidia XML
Unigraphics
Pro/E

Экспорт:

CATIA V4, CATIA V5
Parasolid
ACIS
STEP, IGES, VRML
STL
3DTransVidia XML



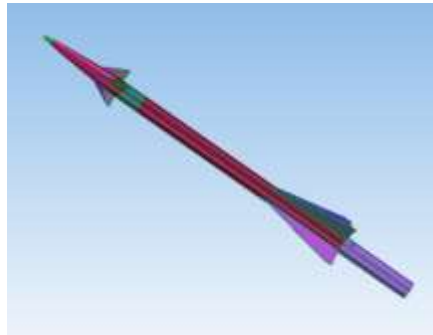
Генератор поверхностных сеток

- Два основных сценария использования
 - Этап автоматического перестроения исходной поверхностной сетки как этап генерации объемной многогранной сетки отсечением
 - Построение поверхностной сетки по геометрии в аналитическом представлении

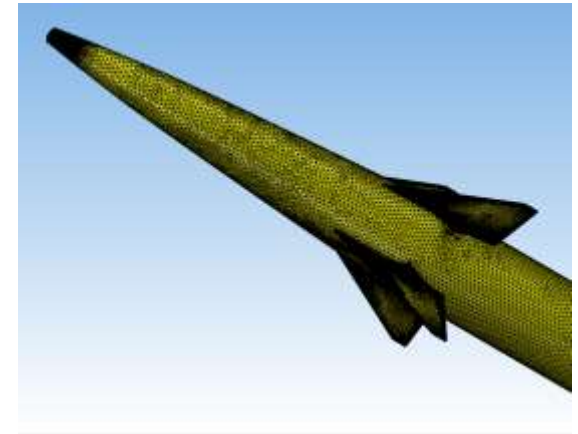
Исходная модель



Идеализированная модель



Дискретная модель





Функциональные возможности постпроцессора

Графическая обработка данных

- Сечение плоскостью
- Построение изоповерхностей
- Отображение векторных полей и линий тока
- Построение графиков распределения величин (вдоль линии, контура, зависимость от времени)
- Построение гистограмм
- Геометрическое скрывание части данных (3 алгоритма)
- Скрывание данных по различным критериям (4 алгоритма), анализ топологии
- Графическая деформация/разворот/отражение/клонирование объектов
- Более 10 дополнительных узкоспециализированных алгоритмов

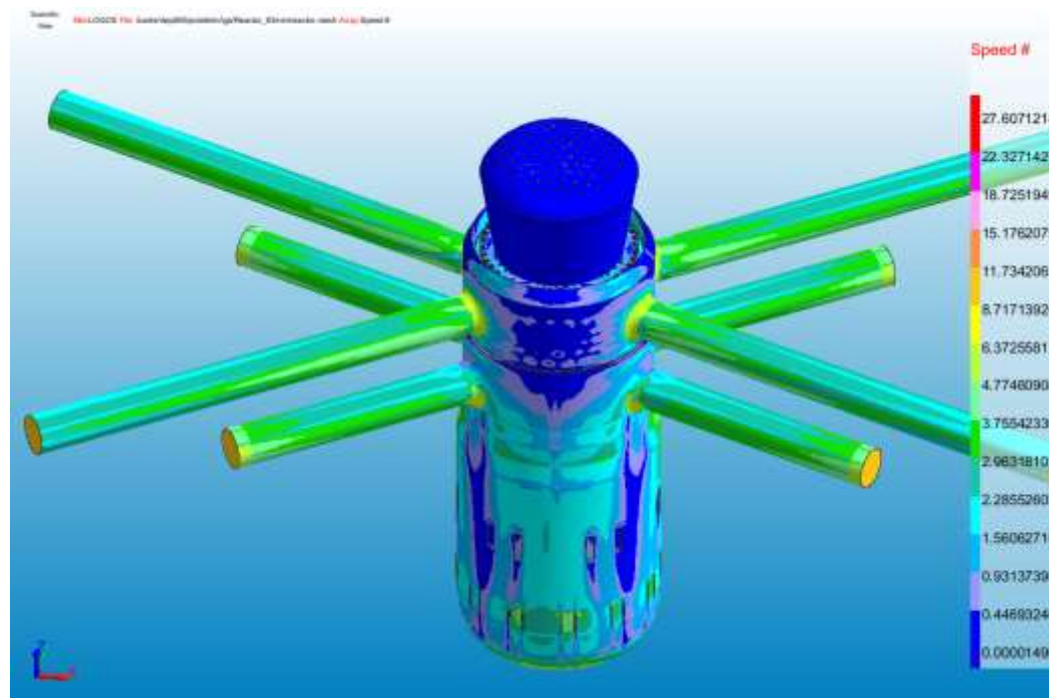
Числовая обработка

- Вычисление интегральных характеристик (средние значения, площади, интегралы, расход, экстремумы)
- Калькулятор новых сеточных характеристик
- Различные типы интерполяции

Сервисные возможности

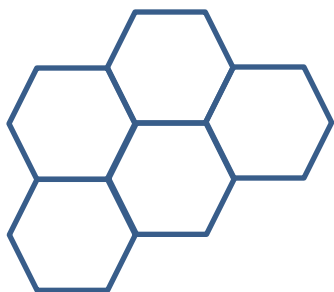
- Настройка режимов отображения/проекции, цветовой интерпретации сеточных величин
- Комплексная обработка результатов

- Архитектура «клиент-сервер»
- Параллельный режим работы
- Распределённый рендеринг

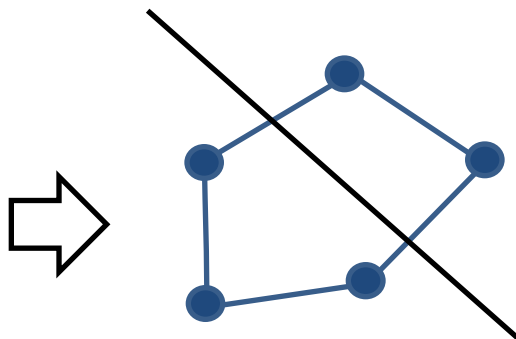


Топологическая декомпозиция сетки

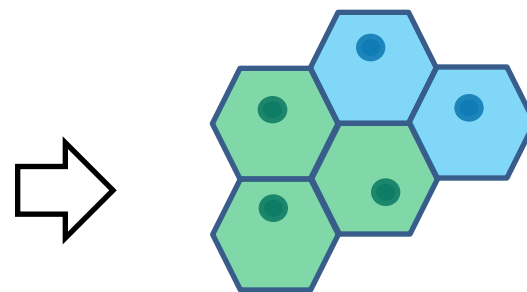
Метод разбиения графа: Multilevel-KL (Kernighan-Lin)



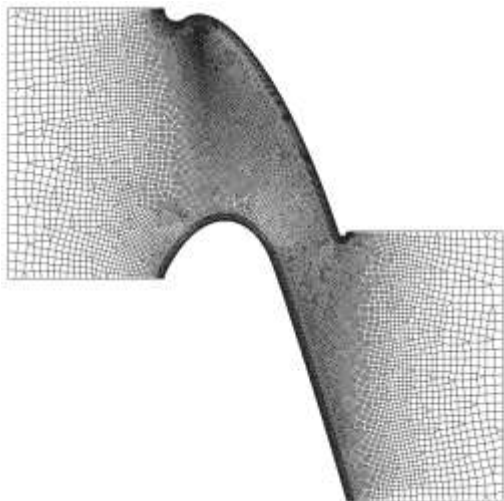
Расчётная сетка



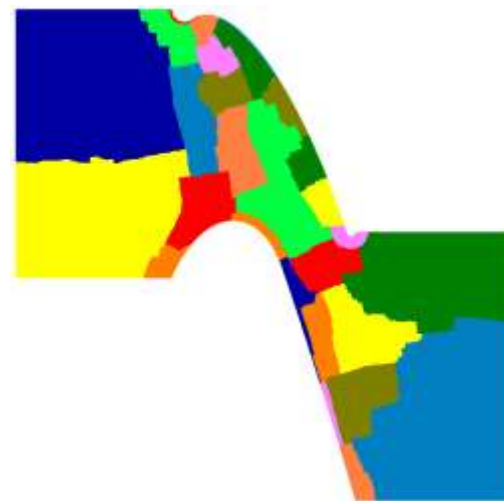
Разбиение
эквивалентного графа



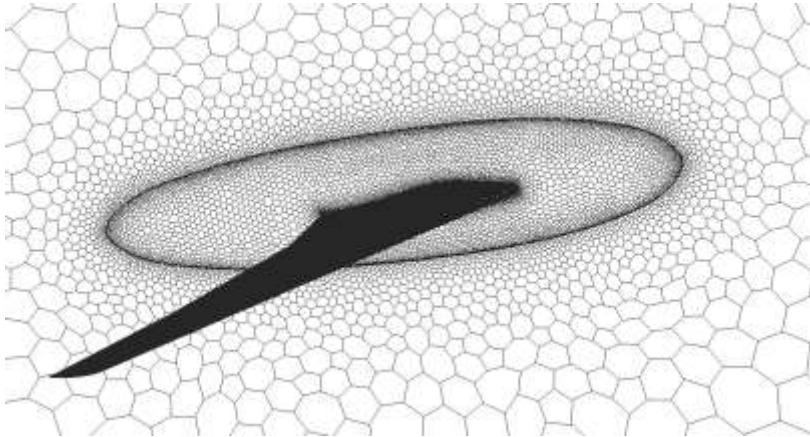
Декомпозиция сетки



Неструктурированная сетка G4,
Разбиение на 30 частей

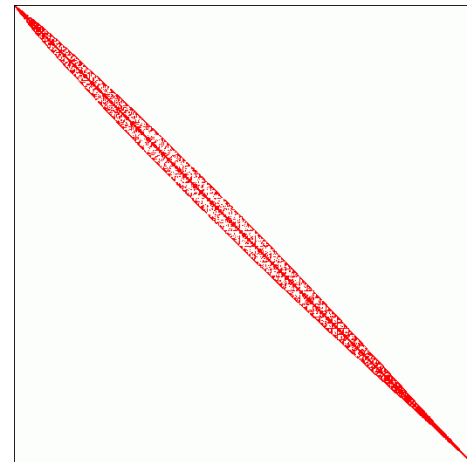
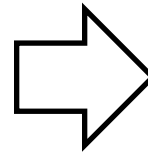
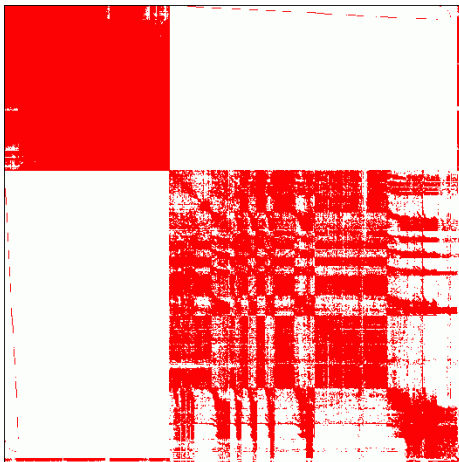


Переиндексация ячеек сетки



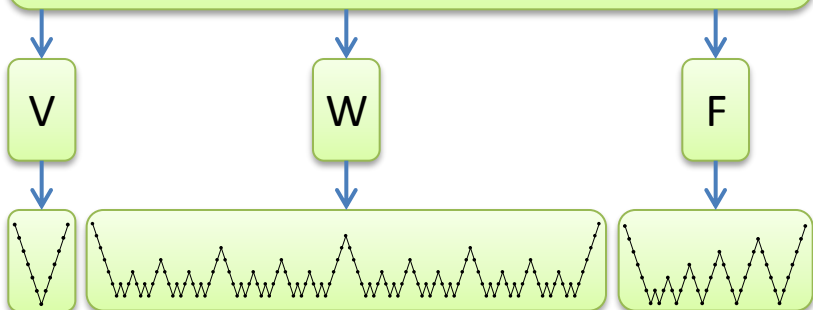
Сетка UC04
8 482 618 ячеек

Метод упорядочивания:
reverse Cuthill-McKee (RCM)

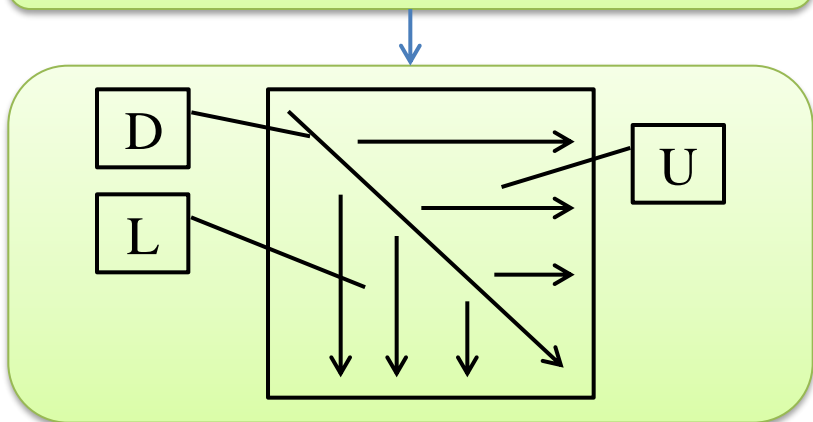


Алгебраический многосеточный метод

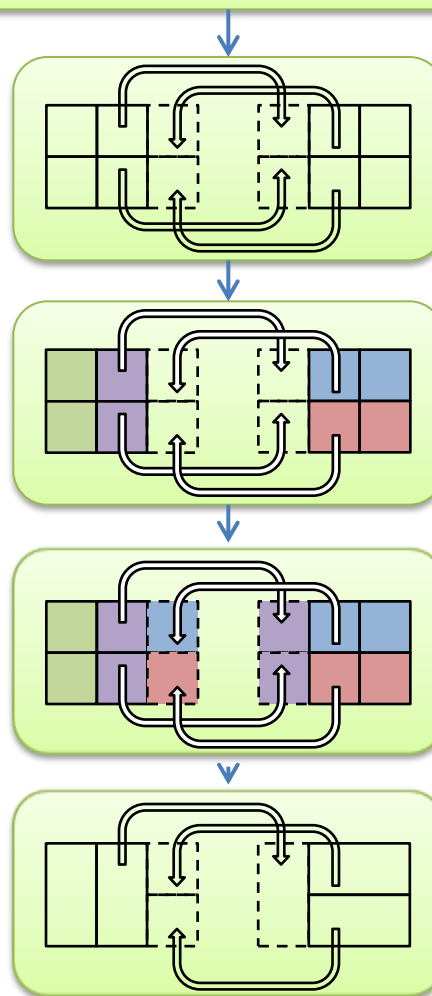
Различные типы циклов



Хранение матрицы в ячеечно-граневом формате

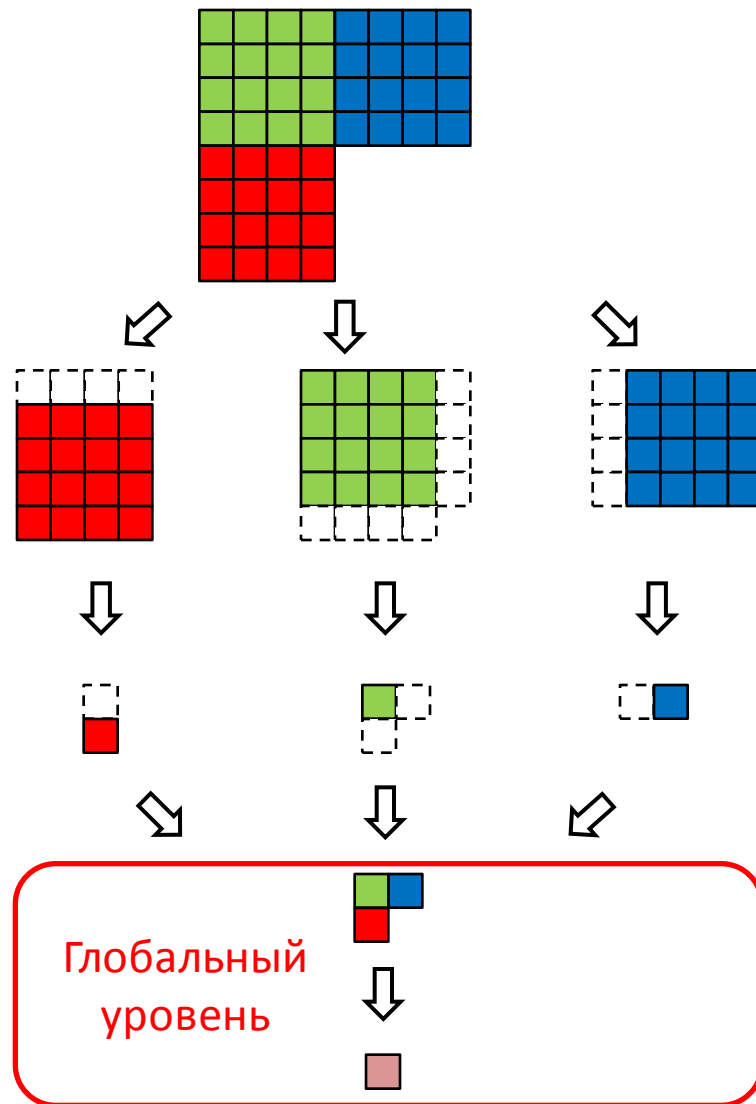


Эффективное огрубление сетки в параллельном режиме



Алгебраический многосеточный метод

Существует проблема с использованием грубых уровней в параллельном режиме, которая состоит в том, что из-за небольшого размера матриц время, затраченное на обмены, заметно превосходит время, затраченное на вычисления. Для её решения реализован сбор матриц грубого уровня на одном процессе, где происходит формирование глобального уровня и дальнейшее продолжение огрубления и решения СЛАУ в последовательном режиме.



Адаптация и внедрение

Атомная энергетика:

Обеспечение нового качества при проектировании, сооружении и эксплуатации ядерных энергетических установок.

Компьютерные модели
«виртуальная АЭС с ВВЭР»,
«виртуальная корабельная
ЯЭУ»

Автомобилестроение:

Разработка и внедрение суперкомпьютерной технологии проектирования конкурентоспособной отечественной автомобильной техники.

Компьютерная модель
«виртуальный автомобиль»



Авиастроение:

Разработка и внедрение суперкомпьютерной технологии проектирования и разработки конкурентоспособной отечественной авиационной техники.

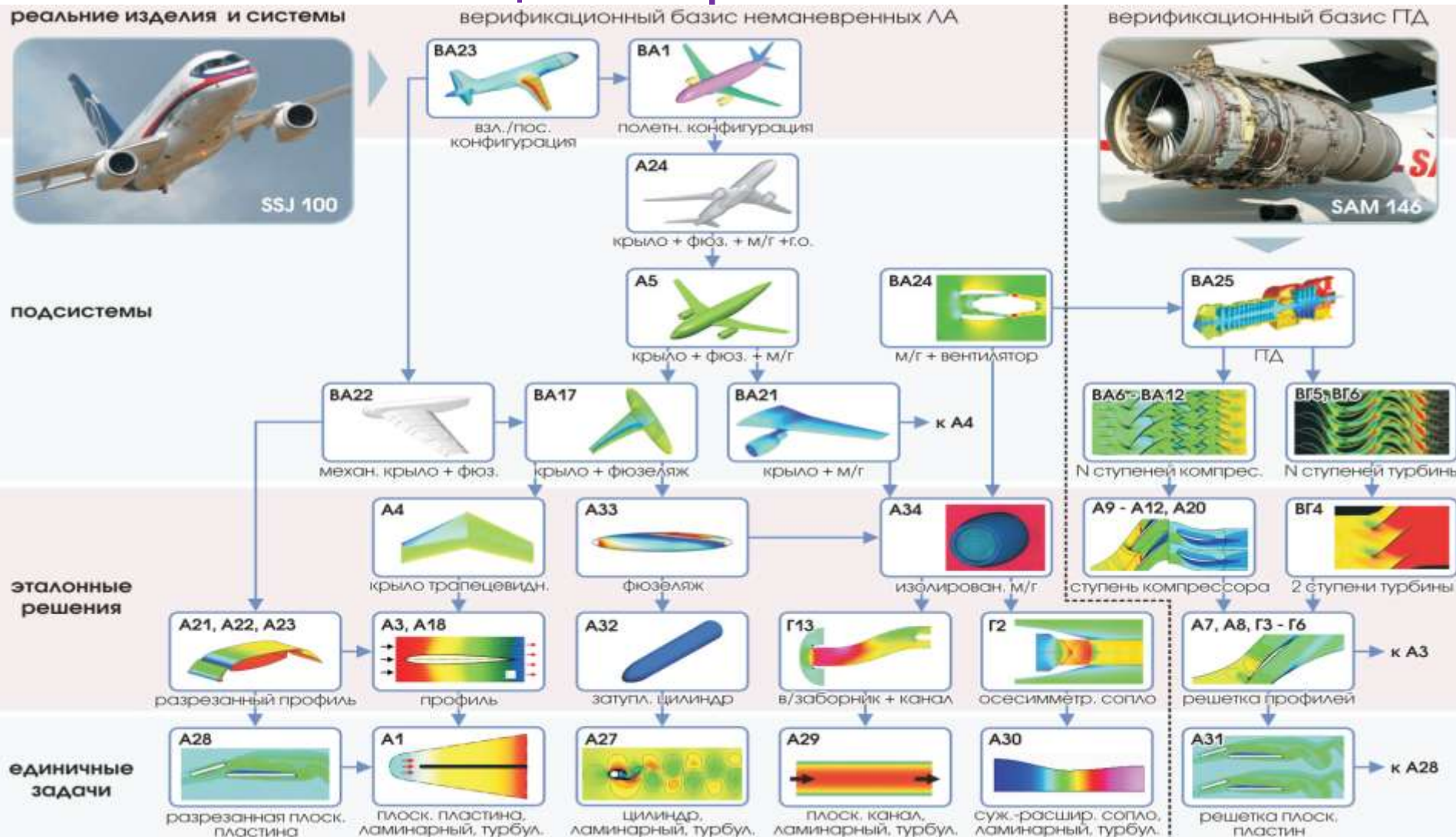
Компьютерная модель
«виртуальный самолёт
(двигатель)»

Ракетно-космическая отрасль:

Суперкомпьютерные технологии для проектирования и наземной отработки современных образцов ракетно-космической техники.

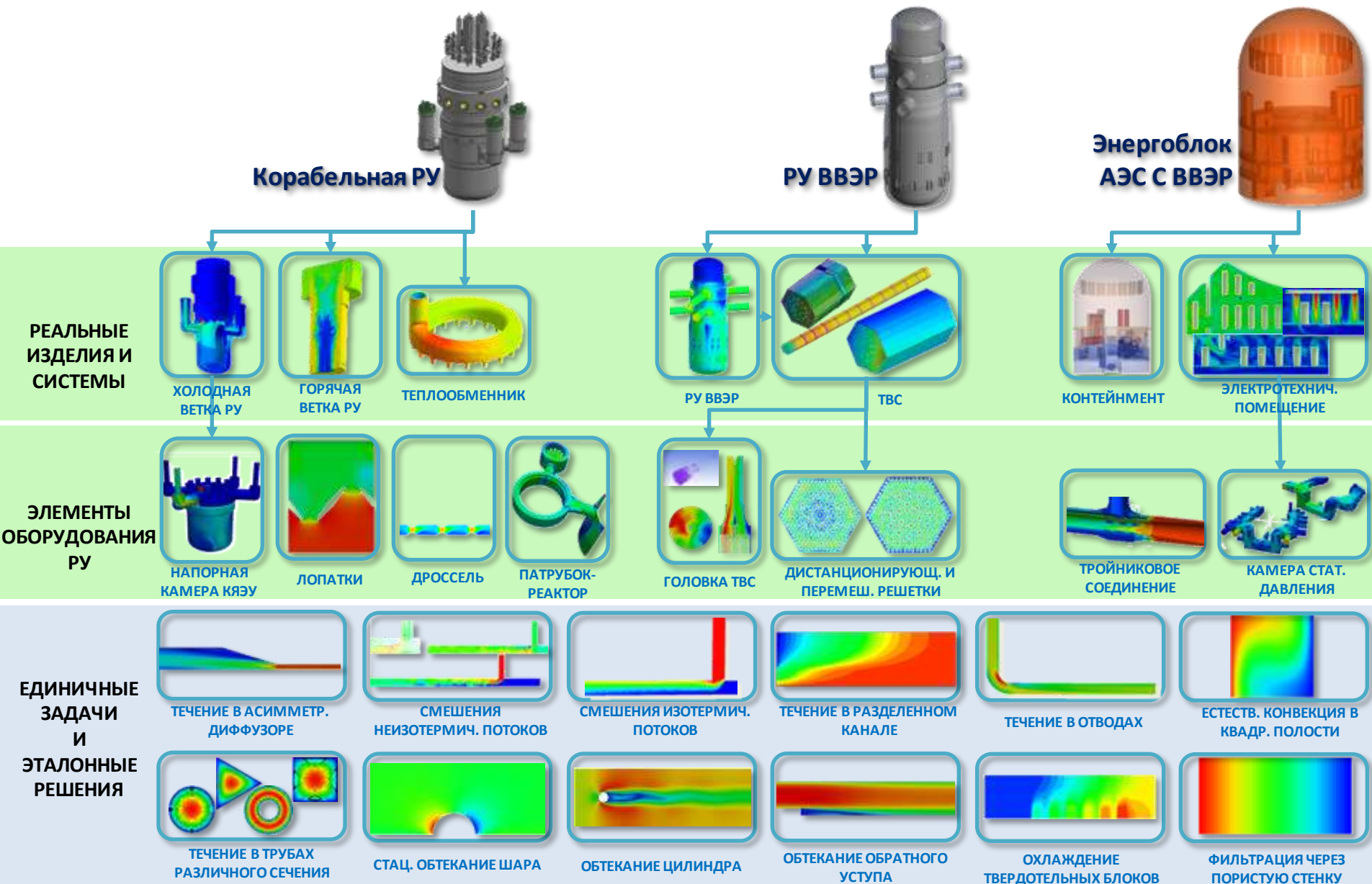
Компьютерная модель двигателя
РД-0146 ракетных носителей
«Ангара-А5» и «Русь-М»

Верификация и валидация пакета программ ЛОГОС в интересах авиационной промышленности



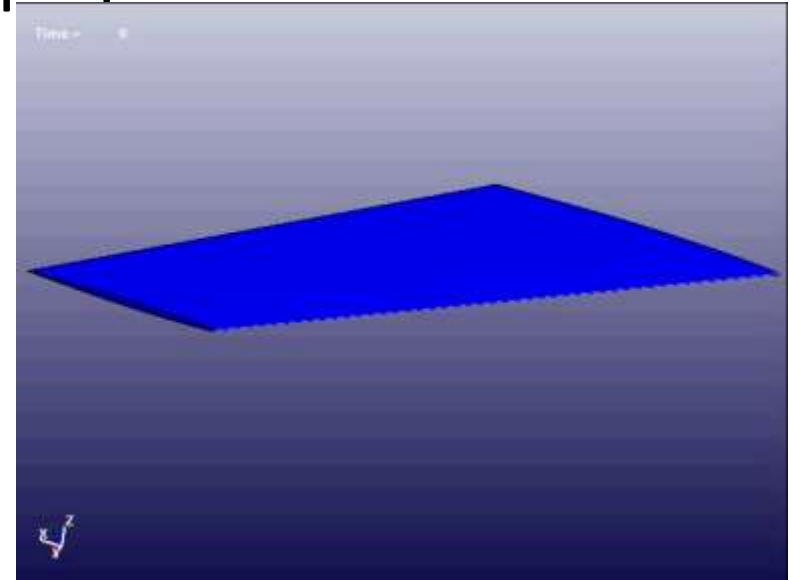
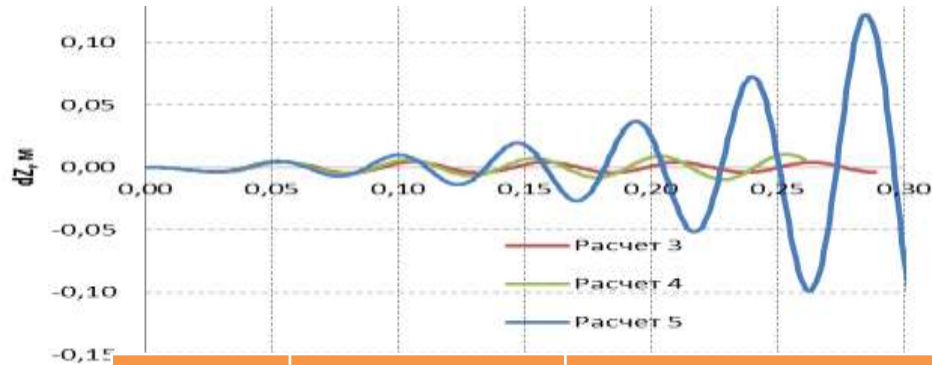
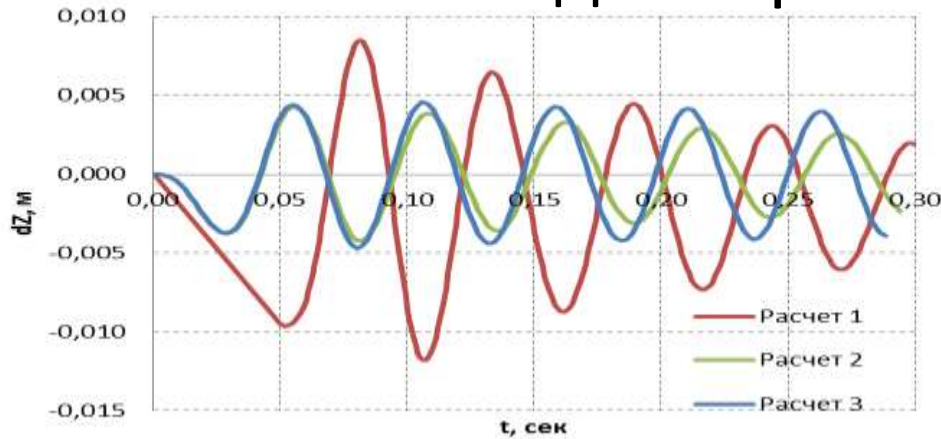
Верификационная содержит более 300 задач различного уровня сложности для верификации и валидации БПО по вычислительной гидродинамике, аэродинамике, акустике, тепловому анализу, прочности, а также связанные задачи и задачи генерации дискретных моделей.

Верификация и валидация пакета программ ЛОГОС



Верификационная база содержит более 300 вариантов задач различного уровня сложности

Связанная задача: флаттер крыла AGARD 445.6



$$FSI = \frac{V_f}{b_s \omega_s \sqrt{\mu}}, \quad FR = \frac{\omega_f}{\omega_a}, \quad \text{где } \mu = \frac{m}{\rho \tilde{V}},$$

$$\tilde{V} = \frac{1}{3} \pi S (b_s^2 + b_s b_t + b_t^2)$$

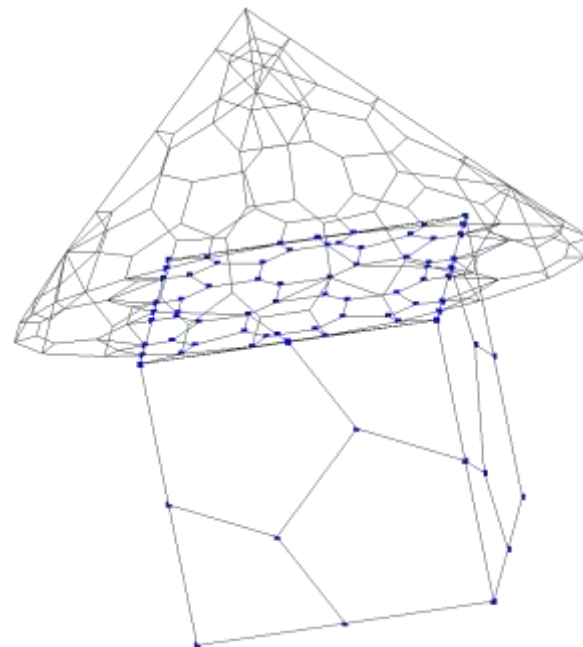
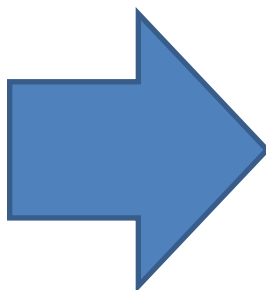
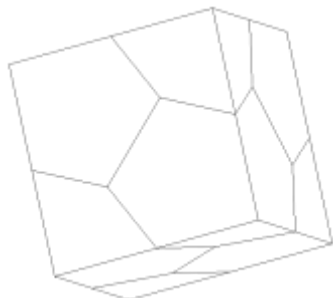
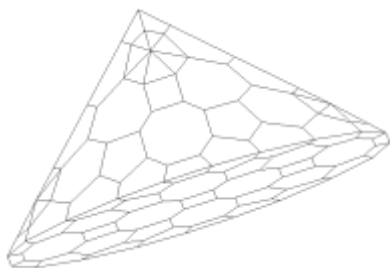
	Эксперимент	ЛОГОС+ЛЭГАК-ДК		Star-CMM+Abaqus		Flow Vision+Abaqus	
		Значение	Ошибка, %	Значение	Ошибка, %	Значение	Ошибка, %
FSI	0,437	0,438	0,2	0,452	3	0,41	6
FR	0,47	0,5	6	0,48	2	0,46	2

Универсальный сеточный интерфейс – (плоский и цилиндрический GGI)

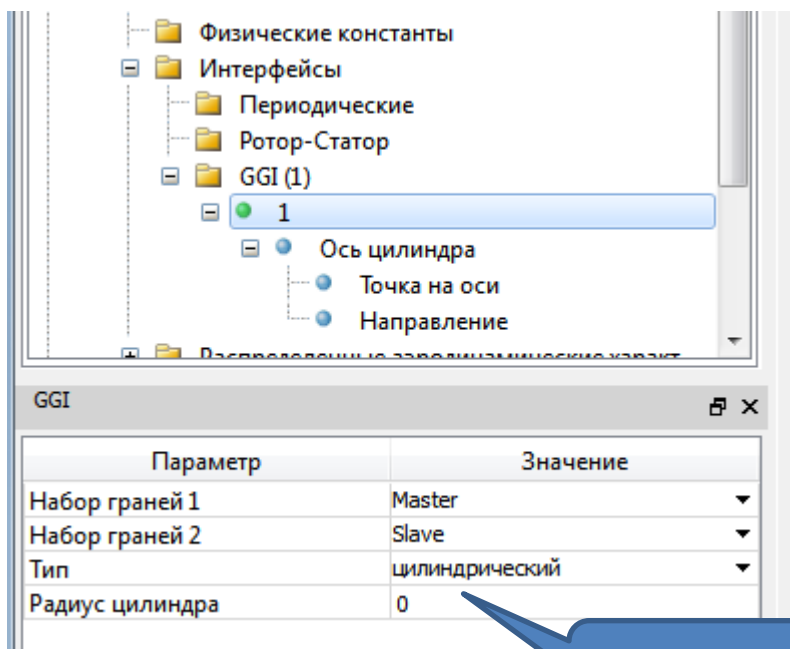
GGI – способ слияния **несогласованных регионов** с несовпадающими узлами

Использование GGI основано на точном
вычислении пересечения внешних граней

- ✓ Грани – **произвольные** полигоны
- ✓ Отсутствие требования к
выравниванию топологии сеток на
поверхности между регионами



Цилиндрический сеточный интерфейс

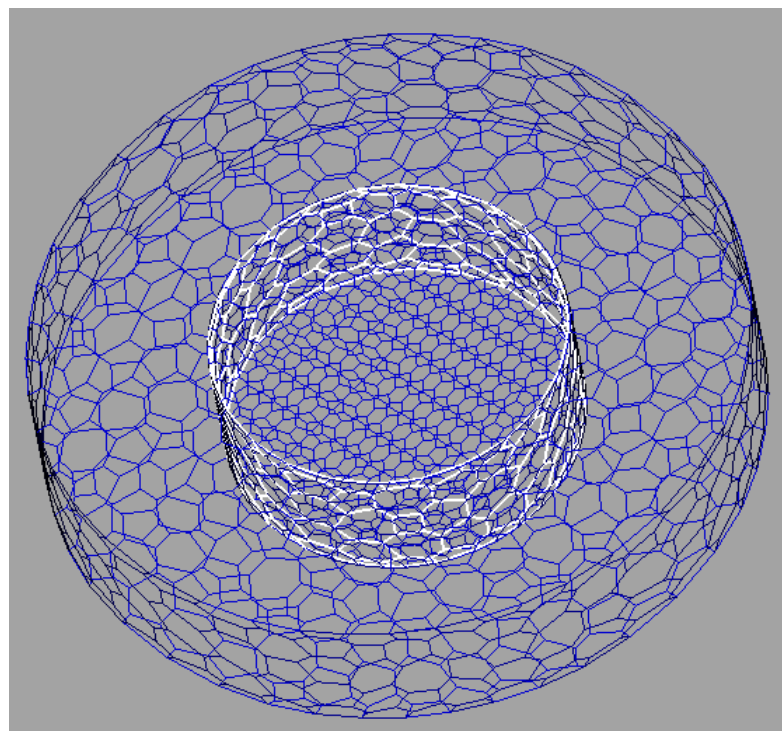


GGI:

```
patch name 1: Master
patch name 2: Slave
type: cylindrical
axis:
  point: {X: 0, Y: 0, Z: 0}
  direction: {X: 0, Y: 0, Z: 1}
radius: 0
```

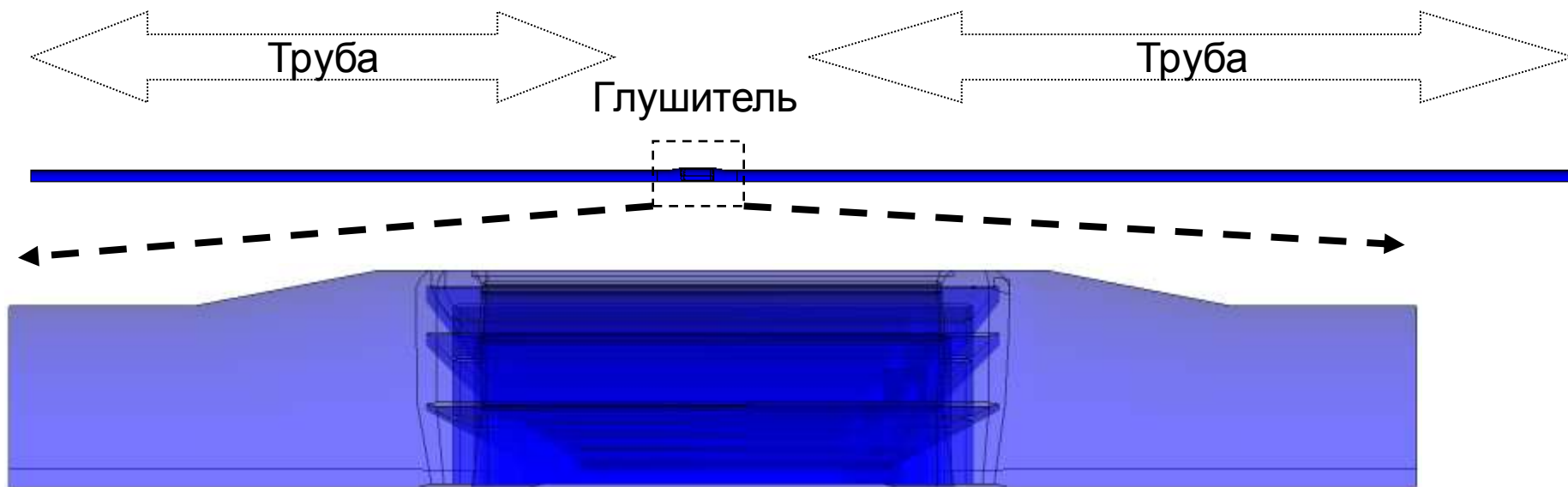
ЛОГОС.ПреПост

YAML файл



Согласование происходит на
этапе декомпозиции сетки

Универсальный сеточный интерфейс в ЛОГОС Тестирование на задаче “Глушитель”



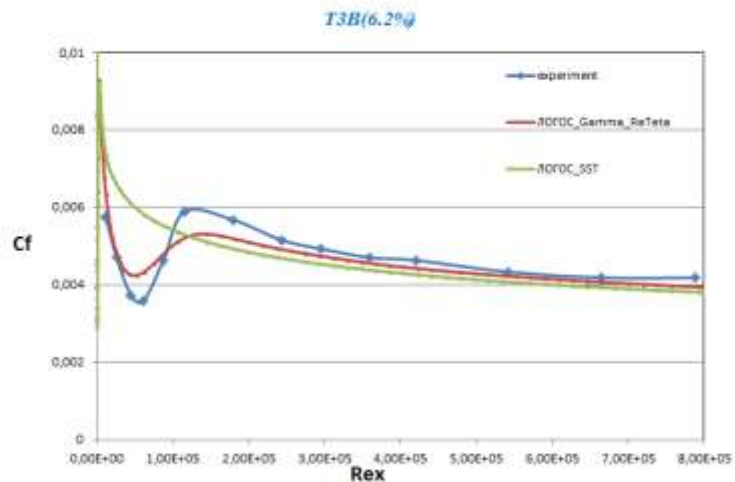
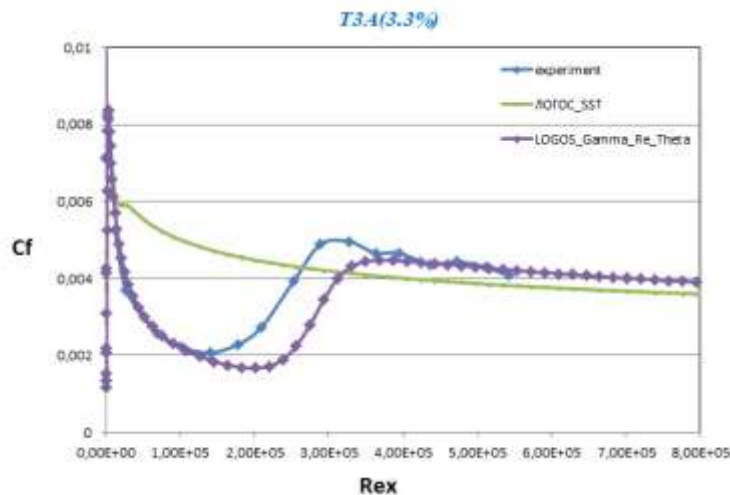
Количество ячеек в расчетной сетке

Труба		Глушитель		Труба		Итого	
4409118 (4.4M)	+	10819344 (10.8M)	+	5878530 (5.9M)	=	21106992 (21.1M)	GGI
62M	+	10.8M	+	83M	=	155.8M	без GGI

Более чем в **7 раз** меньше ячеек при использовании
универсального сеточного интерфейса

Модель ламинарно-турбулентного перехода

Ламинарно-турбулентный переход на плоской пластине

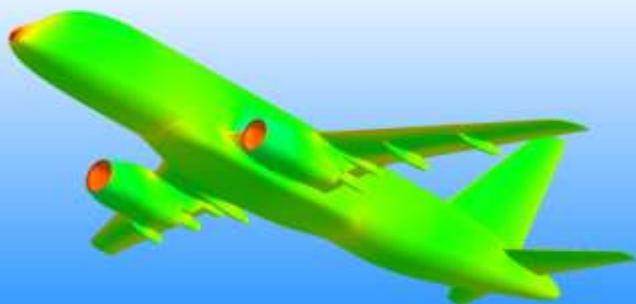


В отличие от стандартной SST модели необходимо контролировать интенсивность турбулентности набегающего потока

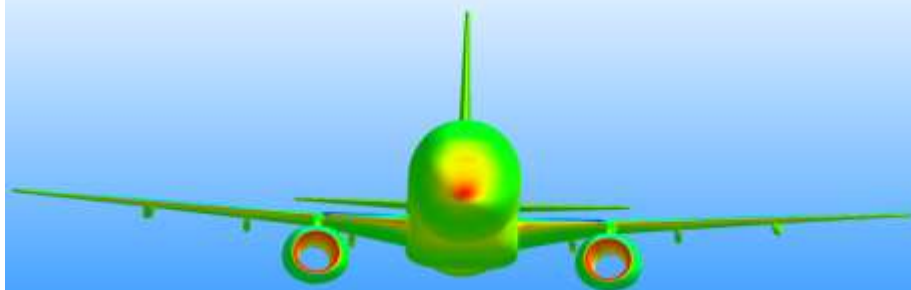
LOGOS_TVD. Классы решаемых задач

Внешняя аэродинамика

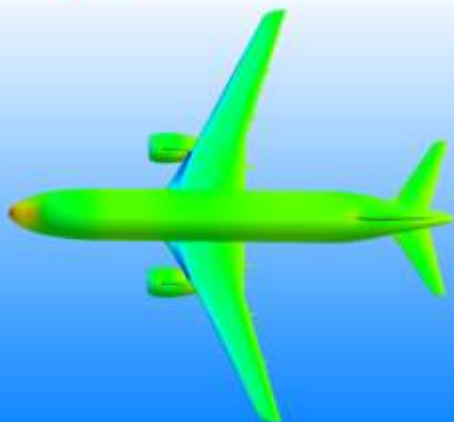
Scientific View **Max LOGOS Time** = 5.555500e+004 **Array X MinMax** = 4.827599e+001 : 8.985617e+001



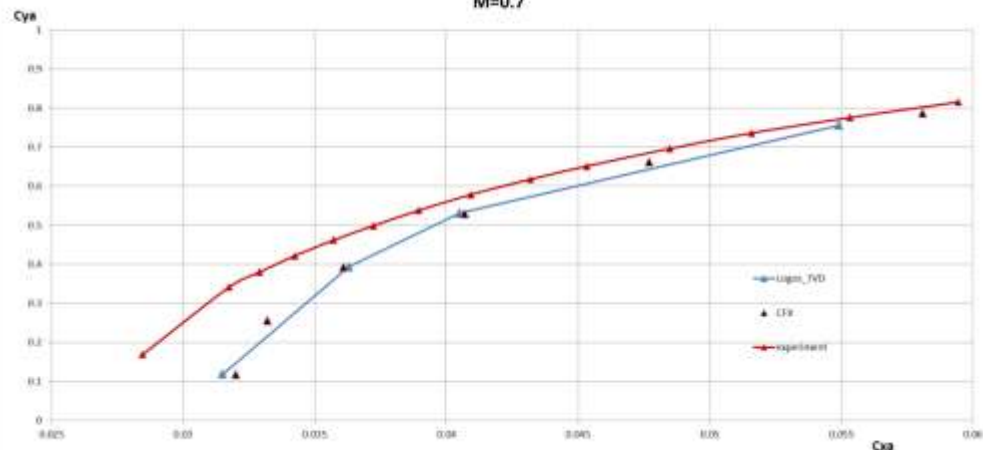
Scientific View **Max LOGOS Time** = 5.555500e+004 **Array X MinMax** = 4.827599e+001 : 8.985617e+001



Scientific View **Max LOGOS Time** = 5.555500e+004 **Array X MinMax** = 4.827599e+001 : 8.985617e+001

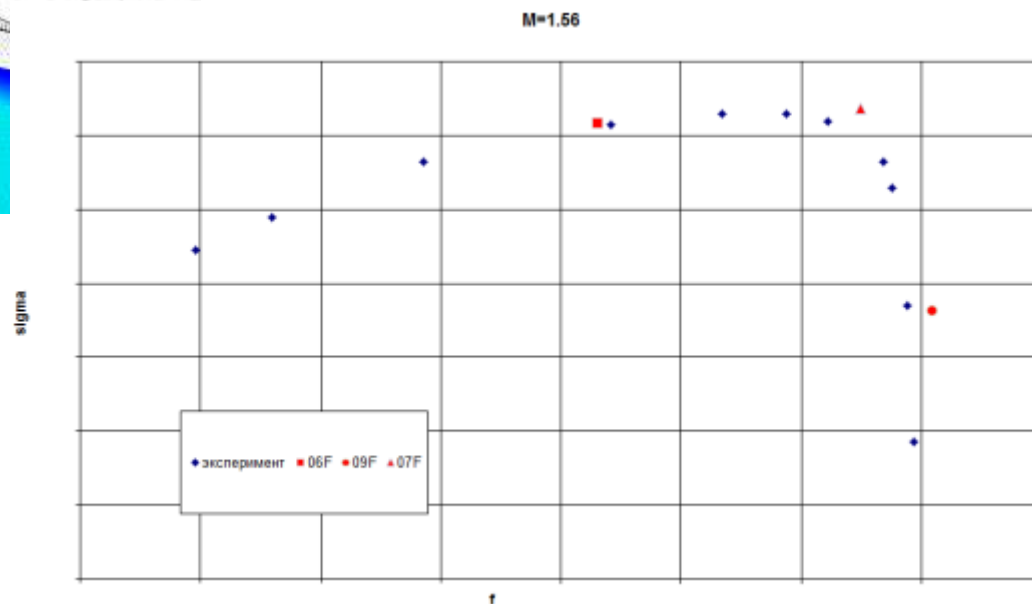
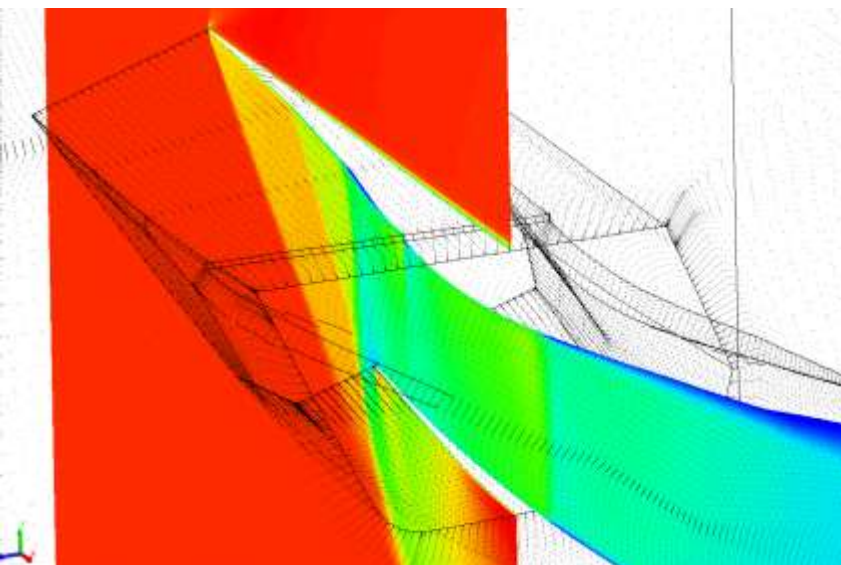


Расчет АДХ модели SSJ-100
M=0.7



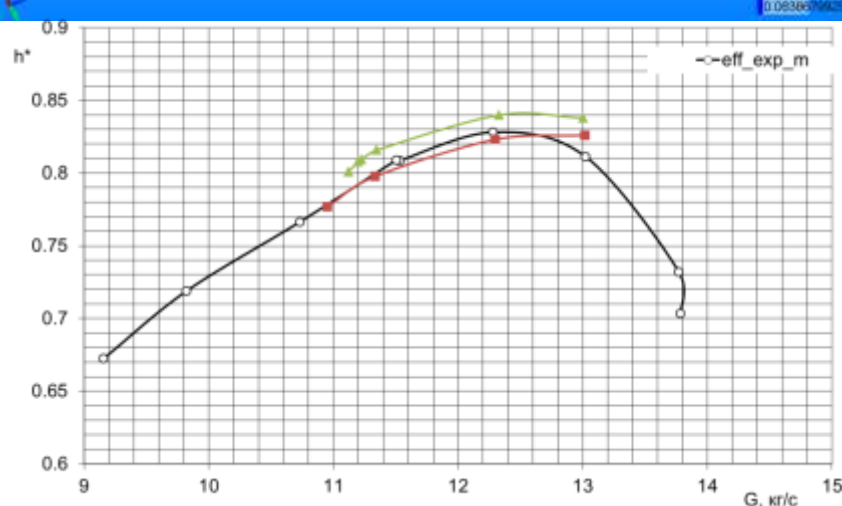
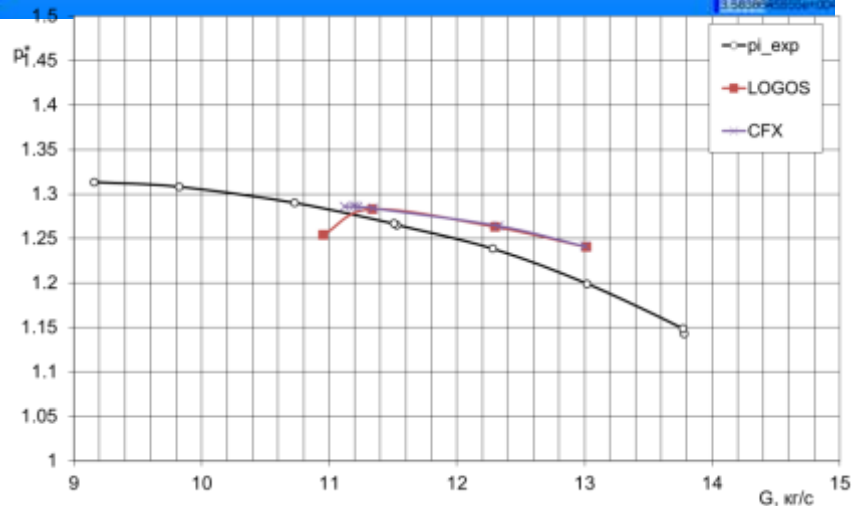
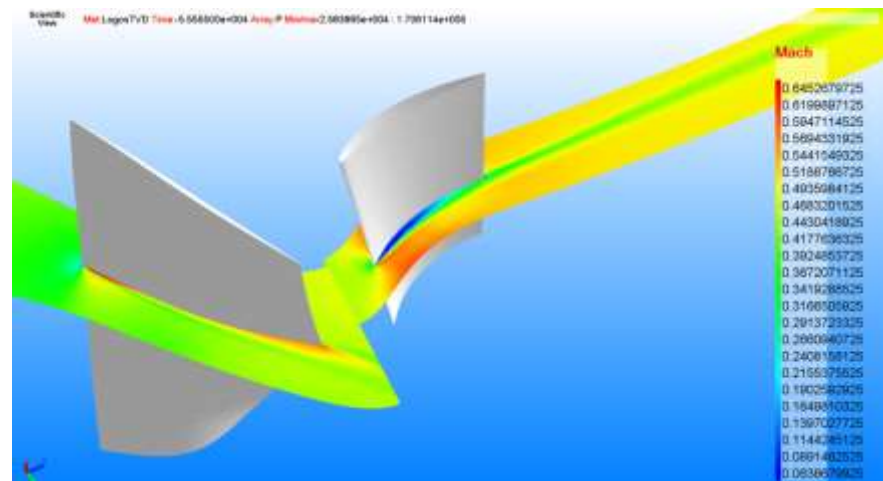
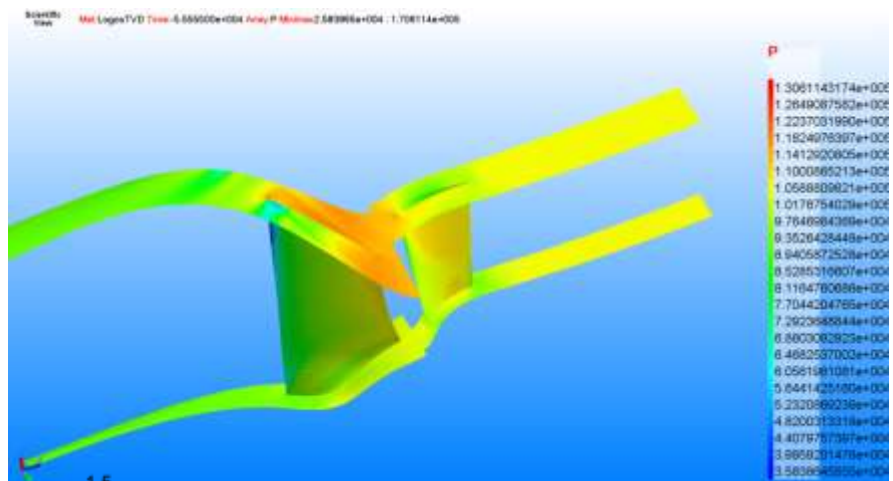
LOGOS_TVD. Классы решаемых задач

Внутренняя аэродинамика



LOGOS_TVD. Классы решаемых задач

Течения в каналах турбомашин



**Язык программирования – C++(Пре,Пост и CFD)
Fortran (Динамика и прочность).**

Распараллеливание – MPI.

Выпускаются ежегодно два релиза программы ЛОГОС.

Имеется документация на отдельные части.

Проводится обучение специалистов из различных организаций.

Создается программа на ЭВМ с гибридной архитектурой.

- 1. Создание универсальной среды для подготовки расчетных моделей и написание расчетных кодов,**
- 2. Создание верификационной базы по различным направлениям:**
 - Газовая динамика
 - Аэродинамика
 - Гидродинамика
 - Турбулентность
 - Многофазность
 -
- 3. Внедрение пакетов в процесс обучения специалистов**
- 4. Организация регулярных семинаров между разработчиками пакетов и промышленными организациями.**