

explosives and the shell material of the projectile. The movement of the fragments is described by a system of differential equations.

Comprehensive physical and mathematical model of an artillery shot is implemented as a software and computer complex which includes a configuration and visualization module for field testing, intended to display a digital model of a landfill, results of modeling a process of artillery shot and the operation of measuring and recording devices.

The developed computer technologies of complex mathematical modeling of the artillery shot process allow solving the problems of automating the processes of designing artillery guns and ammunition, increase the information content and productivity of work on polygon during the development of artillery systems.

Keywords: artillery shot, internal ballistics, external ballistics, final ballistics, mathematical modeling, design, software and computer complex, computational experiment, field testing, visualization.

УДК 004.4

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ ЗАДАЧ ПРОЧНОСТИ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ ЛОГОС

А. И. Лопаткин, В. В. Журнов, Д. С. Кондратьев, В. В. Ломтев, Е. В. Нестеров

Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский НИИ экспериментальной физики, Саров

В докладе приводится описание новых возможностей параллельной системы постобработки ScientificView. Реализованные возможности предназначены преимущественно для обработки результатов моделирования, полученных программным модулем пакета программ «ЛОГОС» для моделирования задач прочности. Однако часть разработанных алгоритмов является универсальной и может использоваться при проведении постобработки результатов, полученных прочими решателями.

Ключевые слова: Пакет программ ЛОГОС, параллельная система постобработки ScientificView, постобработка, прочность.

Введение

Пакет программ инженерного анализа «ЛОГОС» предназначен для решения трехмерных задач аэро-, гидродинамики, тепломассопереноса и прочности на супер-ЭВМ. В качестве средства постобработки результатов инженерных расчетов, проводимых по пакету программ «ЛОГОС», выступает параллельная система постобработки ScientificView [1], [2]. Система ScientificView предназначена для фильтрации, отображения, числового анализа результатов моделирования физических процессов на сетках регулярного и нерегулярного типа, а также для обработки данных, полученных бессеточными методами моделирования (частицы, молекулы, кластеры).

Наряду с классическими алгоритмами обработки данных в ScientificView имелся достаточно большой набор и специализированных алгоритмов. Однако для постобработки результатов моделирования, полученных программным модулем для моделирования задач прочности ЛОГОС-

ПА, имеющихся возможностей оказалось недостаточно. В связи с этим, исходя из потребностей пользователей и анализа специализированного программного обеспечения, был реализован ряд алгоритмов обработки, описание которых приведено в докладе.

Масштабирование перемещений и анимация деформации

Масштабирование перемещений – алгоритм, предназначенный для искусственного увеличения (уменьшения) деформаций, управления деформированным состоянием. Данный алгоритм пересчитывает координаты узлов сетки по формуле $A = A_0 + k * \Delta A$, где A – координата узла по одной из координатных осей, A_0 – координата узла на начальный момент времени, k – коэффициент масштабирования, ΔA – перемещение по одной из координатных осей. Для выполнения процедуры масштабирования перемещений выбирается коэффициент и ось, относительно которой будет выполняться масштабирование (рис. 1). Также доступна возможность автоматического масштабирования. В этом случае коэффициент вычисляется исходя из соотношения габаритной коробки на текущем временном шаге к исходному состоянию расчетной модели.

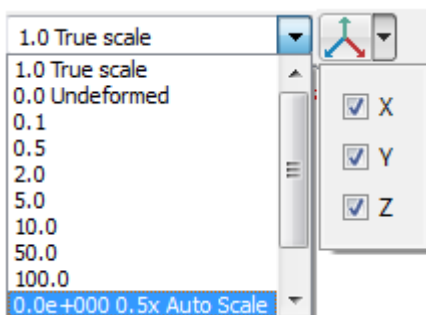


Рис. 1. Интерфейс задания коэффициента и оси масштабирования

На рис. 2 слева приведен результат отображения лопатки с диском авиационного двигателя в реальном масштабе, на рис. 2 справа результат отображения с коэффициентом масштабирования перемещений 30.

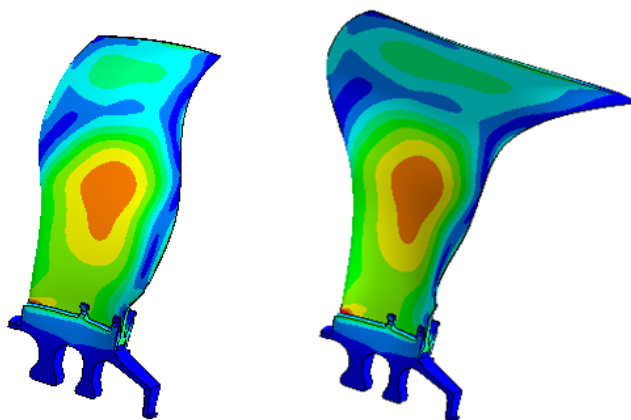


Рис. 2. Отображение лопатки с диском в реальном масштабе (слева) и с коэффициентом 30 (справа)

Для обработки задач модального анализа был реализован алгоритм анимации деформации. Данный алгоритм, используя установленный пользователем коэффициент масштабирования перемещений, выполняет последовательное изменение коэффициента масштабирования от отрицательного значения коэффициента до положительного с шагом, задаваемым пользователем.

Отбор сеточных элементов

Для отбора сеточных элементов реализовано две новых возможности:

- визуальное удаление ячейки посредством нажатия на нее левой клавиши мыши;
- визуальное удаление слоя ячеек, угол между поверхностными гранями которых удовлетворяет заданному пользователем углу.

На рис. 3 справа приведен результат удаления ячейки сетки, выделенной стрелкой на рисунке слева.

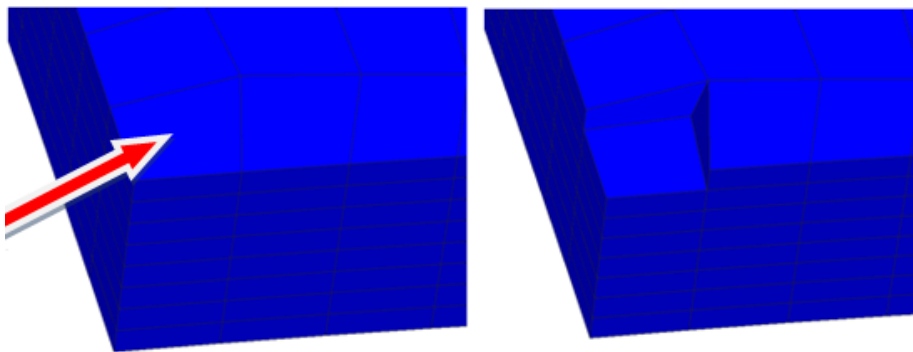


Рис. 3. Одиночный вырез ячейки

Для удаления слоя ячеек пользователю необходимо выбрать ячейку и угол в пределах от 0 до 90 градусов. Задаваемый угол определяет подмножество поверхностных ячеек, пространственный угол между нормальными поверхностными гранями которых менее заданного значения.

На рис. 4 приведен результат последовательного применения алгоритма выреза по углу к ячейке, выделенной красной стрелкой на рисунке сверху, и значением угла 20 градусов.

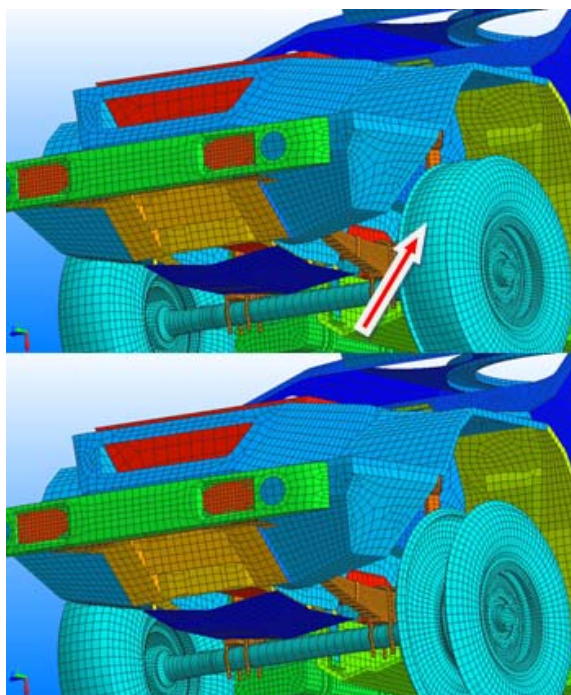


Рис. 4. Удаление слоя ячеек по углу (угол 20 градусов)

Отображение сохраненного состояния

Для визуального анализа изменения исходных данных в результате деформации была реализована возможность отображения сохранённого состояния. Пользователю предлагается зафиксировать состояние на необходимом ему временном шаге, в результате чего, при переключении на другой временной шаг, помимо изменённых данных, на сцене будет отображена каркасная модель фиксированного состояния. На рис. 5 приведен результат использования данной возможности.

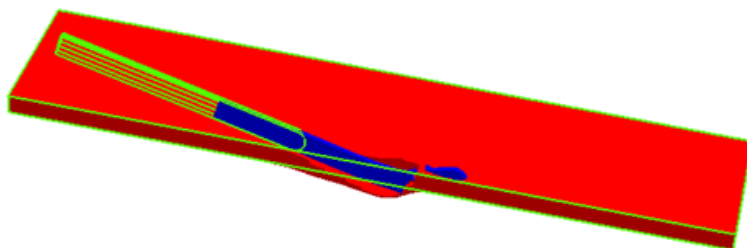


Рис. 5. Одновременное отображение деформированных данных (цветной заливкой) и каркасной модели сохранённого стартового состояния (зелёным цветом)

Обработка интегральных и экстремальных характеристик, накопленных при моделировании

В процессе расчета решатель может формировать выдачи интегральных и экстремальных характеристик, которые представляют собой файлы текстового формата и содержат таблицы наименований расчетных величин и зависимости их значений от счетного шага. Для работы с такими файлами был разработан алгоритм, позволяющий считывать файлы выбранного формата с расчетными величинами, выбирать категорию и тип расчетной величины, отображать выбранные данные в виде графиков, рассчитывать новые интегральные характеристики. В рамках данного алгоритма обеспечена поддержка форматов «G1stat», «Matsum», «Rcforce», «Spforce», «Nodforce» или «Ncforce».

Измерение расстояния между элементами сетки во времени, новая подсистема отображения графиков

Также появилась возможность строить графики изменения количественных измерительных характеристик с течением времени между интерактивно выбранными узлами и гранями исходных данных. В рамках фильтра «Измерения» пользователю предлагается при помощи мыши выбрать необходимый режим отбора элементов (рис. 6), произвести интерактивный отбор (рис. 7), и, при нажатии на кнопку «Добавить график» или «Новый график», в специальном окне отобразится соответствующий график зависимости (рис. 8).

A screenshot of a software interface for selecting measurement parameters. It features two dropdown menus. The first dropdown is labeled 'Вычисляемая величина' (Calculated quantity) and has 'Узел - Узел' (Node - Node) selected. The second dropdown is labeled 'Режим вывода' (Output mode) and has 'Расстояние' (Distance) selected. Below the dropdowns are three buttons: 'Добавить график' (Add graph), 'Новый график' (New graph), and 'Удалить измерения' (Delete measurements).

Рис. 6. Выбран режим нахождения расстояния между двумя выбранными узлами

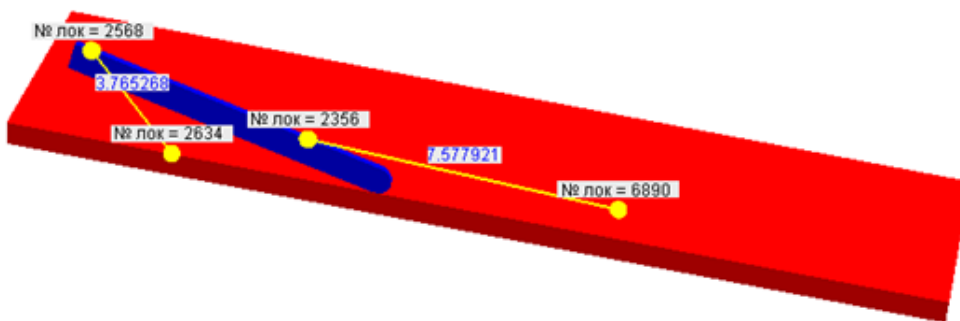


Рис. 7. Результат интерактивного отбора элементов

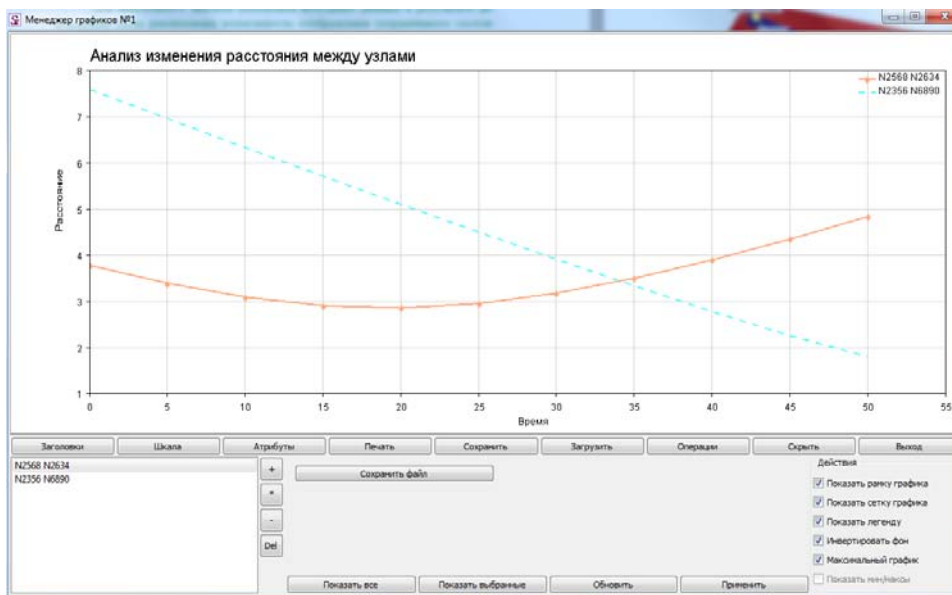


Рис. 8. Результат анализа расстояний между выбранными узлами исходных данных с течением времени

Для представления графиков зависимостей, была реализована новая подсистема отображения графиков, интерфейс которой представлен на рис. 8. Основные возможности данной подсистемы:

- отображение и манипуляции в сцене графиков (масштабирование, перемещение при помощи мыши);
- настройка индивидуальных атрибутов для отображения графиков;
- использование логарифмического представления и индивидуальных шкал;
- экспорт сцены в графические файлы (PNG, JPEG);
- импорт/экспорт числовой информации;
- поддержка различных операций над графиками;
- построение видео по итерациям/временным шагам.

Маркировка элементов с экстремальными значениями

Введён механизм маркировки сеточных элементов, в которых достигаются экстремальные значения отображаемой величины, при этом маркеры обновляются при скрытии/показе специальных подобластей исходных данных. Результаты приведены на рис. 9.

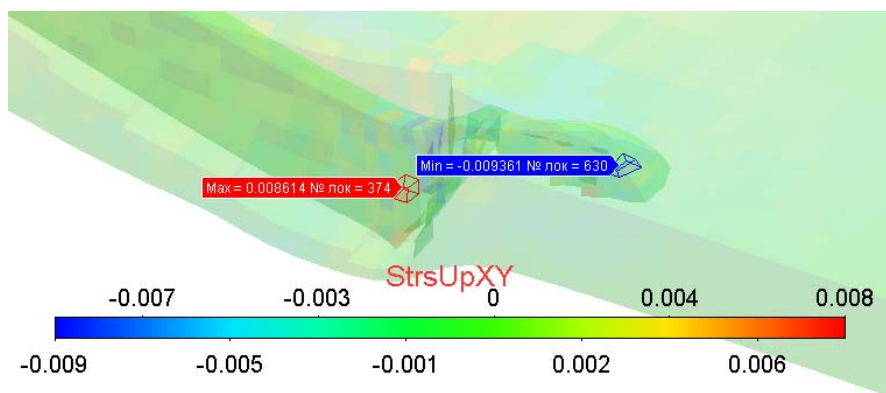


Рис. 9. Маркировка ячеек с экстремальными значениями величины StrsUpXY

Слежение за объектом, отображение узлов фиктивных элементов

Для некоторых результатов расчётов задач прочности характерны большие величины смещения сеточных элементов относительно исходного состояния с течением времени. При постобработке таких задач интересующие пользователя узлы или ячейки могут оказаться вне окна визуализации, например, в процессе построения видеоматериалов по временным шагам. Во избежание данной ситуации был реализован механизм слежения за узлами исходных данных. Доступны следующие типы слежения:

- точка – к сцене применяется дополнительное преобразование, которое стремится сохранить положение отобранного узла на сцене с течением времени;
- плоскость – к сцене применяется дополнительное преобразование, которое стремится сохранить положение плоскости, образованной тремя отобранными узлами, на сцене с течением времени.

Отображение узлов фиктивных элементов – алгоритм, предназначенный для отображения узлов тех ячеек, которые в процессе деформации (разрушения) материала, при расчете задачи, были маркированы как несчетные. На рис. 10 слева приведен результат отображения сетки без узлов фиктивных элементов, на рис. 10 справа с узлами фиктивных элементов.

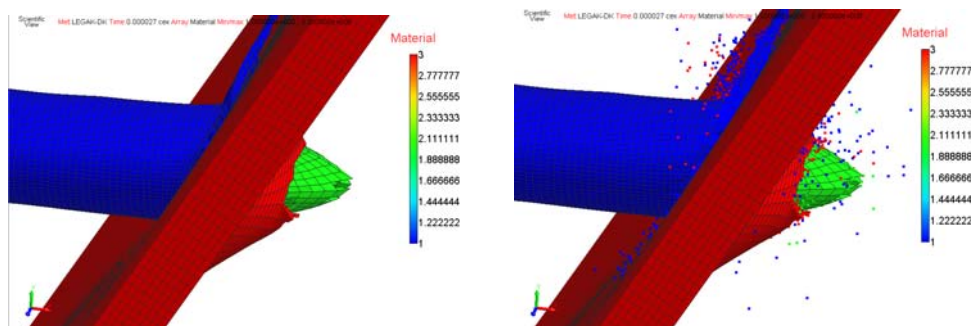


Рис. 10. Результат отображения сетки без узлов фиктивных элементов (слева) и с узлами фиктивных элементов (справа)

Вычисление сеточных величин по точкам интегрирования

Вычисление сеточных величин по точкам интегрирования – алгоритм, позволяющий вычислять новые сеточные величины по точкам интегрирования с возможностью автоматического перевычисления величины в зависимости от выбранных тел/подобластей/веществ или результатов

фильтрации. Реализованные алгоритмы позволяют более информативно представлять результаты моделирования задач статической и динамической прочности.

Вычисление значений из точек интегрирования доступно несколькими способами:

- ячеечный: вычисление среднего арифметического значения запрашиваемой на отображение величины по всем точкам интегрирования элемента;
- узловой: в узле суммируются значения из ближайших точек интегрирования граничных элементов, а затем полученное значение равнозначно усредняется;
- экстраполяция: в узле суммируются экстраполированные значения из ближайших точек интегрирования граничных элементов, а затем полученное значение равнозначно усредняется.

На рис. 11 слева представлен результат отображения вычисленной величины методом экстраполяции исходных данных. На рис. 11 справа представлен результат отображения этой же величины для одного из алгоритмов фильтрации. Вычисление происходит только для тех элементов, которые попали в результат фильтрации, поэтому некоторые значения элементов будут иметь отличия от величины, которая вычислена первоначально, а так же могут измениться и экстремумы величины.

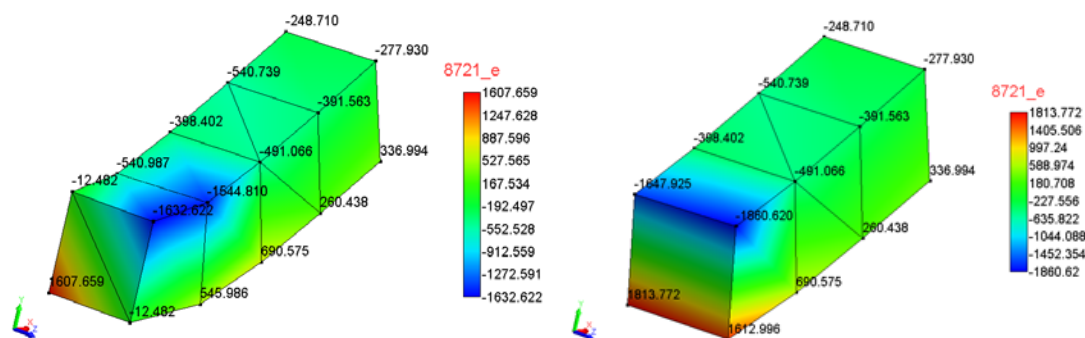


Рис. 11. Отображение вычисленной величины по всей задаче (слева) и для результата фильтрации (справа)

Литература

1. Потехин А. Л., Логинов И. В., Козачек Ю. В. и др. ScientificView – параллельная система постобработки результатов, полученных при численном моделировании физических процессов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Математическое моделирование физических процессов. – 2008. – Вып. 4. – С. 37 – 45.
2. Потехин А. Л., Логинов И. В., Тарасов В. И. и др. ScientificView - параллельная система постобработки результатов, полученных при численном моделировании физических процессов // XVIII Международная конференция по компьютерной графике и зрению Графикон: сб. трудов. Москва, 23-27 июня, 2008. – С. 192 – 198.
3. Потехин А. Л., Никитин В. А., Логинов И. В., Кузнецов М. Г., Лопаткин А. И., Жирнов В. В., Черенков П. В., Ломтев А. В., Козачек Ю. В., Ломтев В. В. Пакет программ ЛОГОС. Новые возможности графической постобработки результатов моделирования инженерных задач в параллельной системе постобработки ScientificView // XIV Международная конференция «Супервычисления и математическое моделирование»: сб. науч. тр. / под ред. Р. М. Шагалиева. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2012. – С. 481 – 488.
4. Цибереv К. В., Авдеев П. А., Александрова О. Л., Артемова Е. О. и др. Обзор возможностей моделирования задач прочности с использованием пакета программ ЛОГОС // XV Международная конференция «Супервычисления и математическое моделирование»: сб. науч. тр. / под ред. Р.М. Шагалиева. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2015. – С. 9 – 17.

NEW POSSIBILITIES OF POST-PROCESSING THE COMPUTATIONAL RESULTS FOR STRENGTH PROBLEMS IN «LOGOS» SOFTWARE PACKAGE

A. I. Lopatkin, V. V. Zhirnov, D. S. Kondratiev, V. V. Lomtev, E. V. Nesterov

Russian Federal Nuclear Center –
All-Russian Research Institute of Experimental Physics, Sarov

The report presents new capabilities of the parallel post-processing system ScientificView. The realized functionalities are mostly meant for processing the results of simulation produced using the program module of «LOGOS» package for strength problems. However, a part of the developed algorithms are universal and can be used for post-processing the results produced with other solvers.

Key words: LOGOS software package, parallel post-processing system ScientificView, post processing, strength.

УДК 532/519.6

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ ЛОГОС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СУДОСТРОЕНИЯ

*И. О. Маношина, А. С. Козелков, С. В. Лашкин, В. В. Курулин, А. С. Кривонос,
Н. В. Тарасова, Ю. А. Циберева, И. Д. Блажнов, Е. С. Романова*

Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский НИИ экспериментальной физики, Саров

Представлены первые результаты решения следующих задач по тематике судостроения с использованием пакета программ ЛОГОС [1] (разработка ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»): обтекание цилиндра, вращение кругового диска с постоянной угловой скоростью в ограниченном пространстве, обрушение водяного столба жидкости, падение тела в воду, затопление тела, затопление модели судна, моделирование лодки на волнах, вращение корабельного винта VP1304 в открытой воде и др. Проведено сравнение физических характеристик, полученных по результатам численного моделирования, с экспериментальными данными и теоретическими исследованиями.

Ключевые слова: пакет программ ЛОГОС, судостроение, верификационный базис, свободная поверхность, внешнее обтекание, вращение, затопление.

Введение

В РФЯЦ-ВНИИЭФ создан пакет программ ЛОГОС [1], предназначенный для промышленного 3D-моделирования. Он позволяет моделировать процессы аэро-, гидро-, газодинамики, тепломассопереноса, турбулентного перемешивания и прочности с использованием ресурсов современных супер-ЭВМ. Пакет ориентирован на применение эффективных численных методов с использованием неструктурированных сеток, состоящих из произвольных многогранников.