

Моделирование в CAE Salome: Часть 2. Использование модуля Geometry

Александр Бикмеев

разработчик

EPAM Systems

20.10.2011

Данный цикл статей посвящен Salome – open-source платформе для выполнения инженерных расчетов. В рамках цикла на примере Salome будут рассматриваться основные аспекты использования пакетов для инженерного моделирования (CAM/CAE – computer aided modeling/computer-aided engineering)..

Введение

В первой статье был представлен краткий обзор CAE Salome и её пользовательского интерфейса. Во второй статье цикла описываются возможности модуля **Geometry**, используемого для определения геометрии задачи. На примере простой детали будут изучены принципы создания моделей изучаемых объектов из графических примитивов. В последующих статьях будут последовательно рассмотрены остальные этапы типовой процедуры построения инженерной задачи (построение сетки, определение граничных условий) и ее решения (выбор решателя, запуск расчета и обработка полученных результатов).

Возможности модуля Geometry

Любая задача моделирования начинается с создания геометрической модели изучаемого объекта – определения его формы. Другими словами, необходимо задать границы той части пространства, поведение которой необходимо исследовать. Геометрическая модель может представлять собой двумерный или трехмерный чертеж.

Для создания и использования таких моделей в Salome существует модуль **Geometry**. С другой стороны, в мире имеется множество специализированных приложений для проектных работ (CAD-системы), которые более удобны в использовании и обладают расширенным набором функций для создания чертежей. Наиболее известные из них – это продукты AutoCAD и Компас 3D. Поскольку эти продукты используются для создания чертежей в процессе разработки новых изделий, то использование файлов с готовой геометрией позволит ускорить процесс моделирования.

Согласно заявлениям команды разработчиков среда Salome позволяет:

- импортировать и экспортировать геометрические модели в форматах IGES, BREP и STEP;
- создавать геометрические объекты при помощи большого количества различных функций;
- отображать объекты в виде проволочной или 3D-модели при помощи собственного 3D-обозревателя;
- преобразовывать геометрические объекты при помощи различных алгоритмов;
- описывать построение объектов при помощи сценариев, написанных на Python.

Механизм импорта готовых геометрических моделей реализован в виде пакетов расширений (plug-in), что позволяет создавать фильтры для импорта/экспорта файлов других форматов. В сборке Salome-MECA, например, установлены расширения для импорта формата ACIS и экспорта в форматы ACIS, STL и VTK.

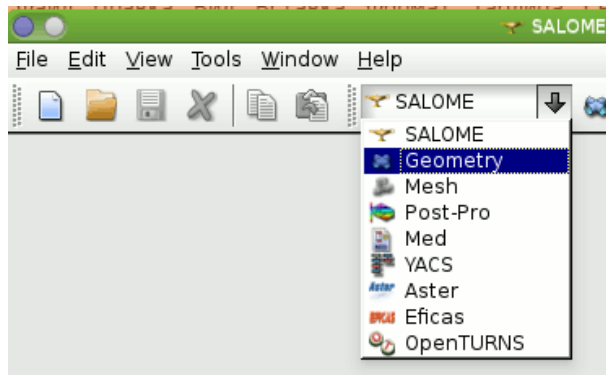
Прежде чем перейти к изучению самого модуля **Geometry**, следует сделать небольшое отступление по поводу уместности использования 2D и 3D моделей. Очевидно, что расчет трехмерной модели позволяет получить полную картину поведения исследуемого объекта, но при этом занимает достаточно много времени. Использование двумерных моделей приводит к значительному сокращению времени расчета, но дает результаты только для какого-либо сечения объекта.

Таким образом, двумерные модели часто используют для предварительных расчетов на этапе построения полной компьютерной модели. Другим вариантом может быть случай, когда изучаемая система обладает плоскостью симметрии, или все изменения происходят только вдоль двух координатных осей. Например, если рассматривать куб, лежащий на горизонтальной абсолютно жесткой поверхности, по верхней грани которого равномерно распределено прижимное усилие, то для изучения деформационного поведения такого куба и величины внутренних напряжений достаточно рассмотреть плоскую задачу для вертикального центрального сечения куба.

Запуск модуля Geometry

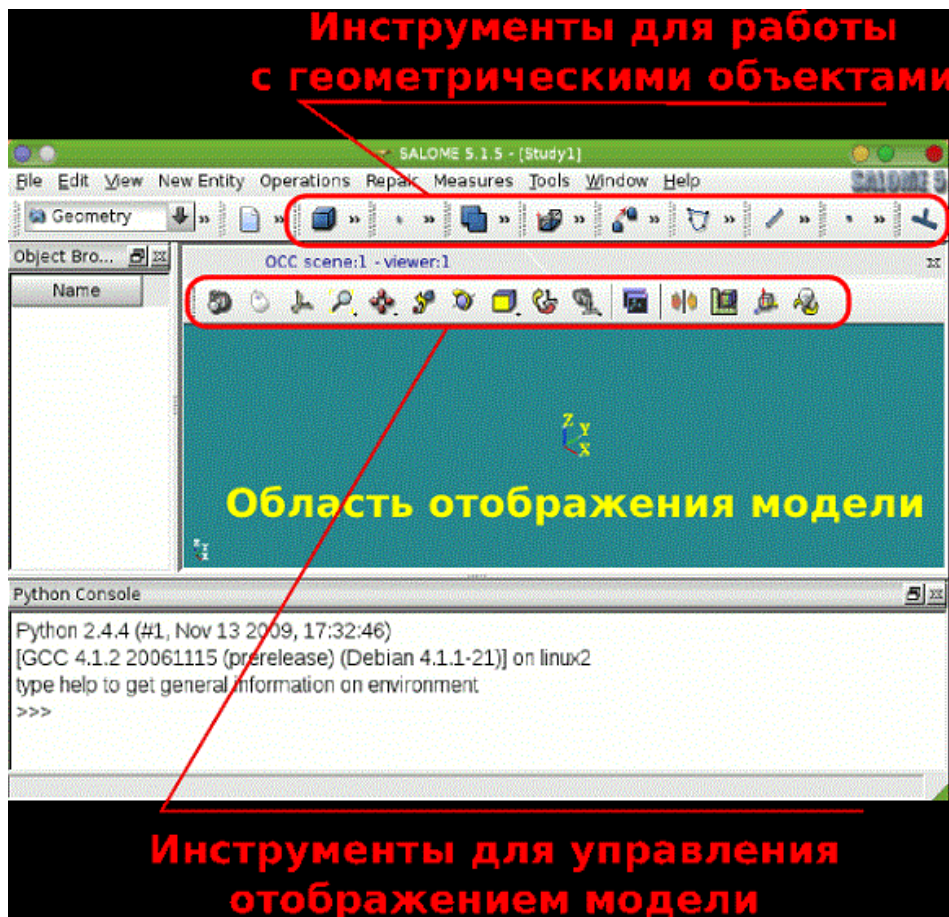
Для начала работы с модулем **Geometry** потребуется создать новый проект (меню **File** (файл) -> **New** (новый)) или выбрать в выпадающем списке модуль **Geometry**, и Salome, прежде чем открыть окно этого модуля, предложит создать новый проект. После создания нового проекта в выпадающем списке на панели инструментов следует выбрать модуль **Geometry** (см. рисунок 1.), если это не было сделано в самом начале.

Рисунок 1. Список модулей, доступных в Salome



На рисунке 2 показано состояние модуля **Geometry** после открытия. На этом рисунке красным цветом выделены две панели инструментов. Первая панель инструментов расположена над областью, в которой отображается модель изучаемого объекта. Она позволяет управлять отображением объектов. Вторая панель содержит различные инструменты для создания геометрической модели.

Рисунок 2. Внешний вид модуля Geometry сразу после его открытия



Импорт геометрических моделей

Сразу после запуска можно переходить к созданию геометрической модели задачи. Если геометрическая модель уже была разработана в специализированной CAD-среде, то следует уточнить, может ли CAD-среда экспортировать результат работы в один из форматов, поддерживаемых Salome. Как правило, это форматы STEP или IGES.

Для импорта модели в Salome достаточно выбрать пункты меню **File -> Import** (импорт), затем в стандартном диалоговом окне перейти в каталог, в котором находится файл модели, выбрать его и нажать кнопку **Open** (открыть). Следует отметить, что необходимо также указать формат искомого файла в строке **Files of type** (тип файлов).

При импорте, в зависимости от формата файла, могут появиться те или иные диалоговые окна для указания дополнительных условий открытия файла. Например, при импорте геометрии в формате IGES может появиться сообщение с вопросом о том, использовать ли информацию о единицах измерения, имеющуюся в файле, или рассматривать все размеры в текущих (метрических) единицах.

После завершения импорта в области отображения будет показана проволочная модель импортированного объекта. В этом режиме модель изображается только линиями, ограничивающими ее. Если необходимо просмотреть модель в виде освещенного трехмерного объекта, то следует щелкнуть правой кнопкой мыши в области отображения (при этом модель должна быть выделена в дереве объектов) или выбрать пункт меню **View** (отображение), а в появившемся подменю выбрать **Display Mode** (режим отображения) - > **Shading** (штриховка). Для переключения в режим проволочной модели следует сделать тоже самое, но на последнем этапе выбрать опцию **Wireframe** (каркас).

Инструменты управления областью отображения модели

На рисунке 3 представлена панель инструментов, позволяющая управлять отображением модели. Эту панель можно убрать или вывести на экран, вызвав контекстное меню правой кнопки в области отображения модели и выбрав в нем пункт **View operations** (операции отображения).

Рисунок 3. Панель инструментов области отображения модели



В таблице 1 приведено описание инструментов, размещенных на этой панели (кнопки с маленьким крестиком в правом нижнем углу содержат дополнительные опции). Использование этих инструментов способно облегчить работу с моделью, как на этапе построения, так и на этапе анализа результатов.

Таблица 1. Список инструментов для управления отображением модели

Название	Назначение
----------	------------

Dump view	Сохранение текущего изображения области отображения модели (OOM) в виде растрового файла.
Interaction style switch	Переключение режима работы в OOM между обычным (действует по умолчанию, при этом кнопка не нажата) и «безклавиатурным» (кнопка нажата). В последнем случае все операции выполняются при помощи мыши.
Show/Hide trihedron	Включение/выключение отображения осей координат.
Zoom, Fit All, Fit Area	Кнопки управления масштабом отображения: Масштабирование, Вместить все, Подогнать под размер выделенной области. По умолчанию отображается последнее выбранное действие. Остальные появляются в том случае, если нажать кнопку и удерживать ее в течении нескольких секунд. Кроме того, масштабирование можно выполнять при помощи колесика мыши.
Panning, Global panning	Кнопки для перемещения по модели. Выбор первой опции (кнопка со стрелками наружу) позволит перемещать объект по экрану, удерживая левую кнопку мыши, а выбор второй (кнопка со стрелками внутрь) временно изменит масштаб так, чтобы была видна вся модель и предоставит возможность выбрать точку наблюдения (курсор принимает вид крестика), а затем вернет исходный масштаб с центрированием по выбранной точке.
Change rotation point	Изменение точки вращения. При выборе данной опции откроется диалоговое окно, в котором можно задать новые координаты точки, относительно которой будет вращаться вся модель. На выбор предлагается три варианта: геометрический центр модели (переключатель в самом верху), начало координат или выбор некоторой точки модели.
Rotation	Вращение модели относительно заданной точки, удерживая левую кнопку мыши и перемещая саму мышь.
Front, Back, Top, Bottom, Left, Right	Выбор плоскости обзора модели: спереди, сзади, сверху, снизу, слева, справа.
Reset	Восстановление исходной позиции обзора модели.
Memorise view, Restore view	Команды «Запомнить вид» и «Восстановить вид» позволяют запомнить текущий масштаб и ориентацию модели, а затем восстановить один из записанных вариантов. Эта возможность может быть полезной при детальной прорисовке сложных частей.
Clone view	При нажатии на кнопку открывается еще одно окно, в котором отображается модель в исходной позиции. Эта команда используется для быстрого переключения между различными точками просмотра модели.
Clipping	Определение плоскости сечения и просмотр сечения модели. В диалоговом окне

	определяются координаты базовой точки плоскости сечения и компоненты вектора нормали к плоскости.
Scaling	Позволяет растянуть или сжать отображение модели в соответствии с определяемым коэффициентом по каждой из осей.
Graduated axes	Настройка осей координат.
Toggle keep only ambient light	Включает/отключает режим освещенности модели, не влияет на отображение проволочной модели.

Инструменты для создания геометрической модели

В этом разделе рассматриваются основные операции модуля **Geometry**, используемые для создания геометрических фигур. Кнопки операций сгруппированы по выполняемым функциям и располагаются на отдельных панелях инструментов. При достаточном размере экрана все панели разворачиваются, полностью показывая свое содержимое. В условиях ограниченного рабочего пространства панели выглядят, как показано на рисунке 4. Чтобы раскрыть любую панель необходимо нажать на кнопку с изображением двойной стрелочки, направленной вправо.

Рисунок 4. Панель инструментов модуля Geometry



В таблице 2 перечислены панели с основными инструментами для создания геометрической модели.

Таблица 2. Список инструментов для создания геометрической модели

Название панели	Инструменты, находящиеся на панели
Primitives	На этой панели собраны команды, позволяющие создавать основные геометрические фигуры: прямоугольник, цилиндр, сферу и т.д. Параметры создаваемых геометрических примитивов задаются в диалоговом окне.
Basic	Базовые элементы, такие как точка, линия, окружность и т. д.
Booleanoperations	Логические операции, при помощи которых можно создавать новые сложные фигуры из более простых путем объединения, вычитания и т.д.
Generation	Создание сложных фигур при помощи операций экструзии, создания фигур вращения и т. д.
Transformation	Операции для перемещения, вращения, отражения и других преобразований выделенного объекта.

Operations	Операции для создания сложных фигур и сечений.
Build	Создание плоских примитивов (поверхностей, линий) и построение из них единого целого.
Measures	Различные инструменты для измерения углов и расстояний, проверки наличия свободных поверхностей и ребер, и т.д.
CreatepipeTshape	Определение параметров и создание тройника-соединения для труб.

Почти все инструменты, представленные на указанных панелях, также присутствуют в пунктах главного текстового меню **New Entity** (новая сущность), **Operations** (операции), **Repair** (восстановление) и **Measures** (измерения).

Пример создания геометрической модели

В рамках статьи невозможно вывести стандартное правило построения геометрической модели, так как одна и та же фигура может быть создана при помощи различных действий. Однако рассматриваемый пример использования модуля **Geometry** поможет освоить основы работы с инструментами.

Для примера будет реализован элемент детского конструктора Lego с указанными размерами: глубина – 12 мм, ширина 25 мм, высота – 16 мм, толщина стенок и высота выступов – 2 мм, диаметр выступов 8 мм. В процессе создания будут использоваться только графические примитивы и логические операции.

В меню **NewEntity** (новая сущность) необходимо выбрать подменю **Primitives** (примитивы), а в нём опцию **Box** (параллелепипед) или использовать панель инструментов **Primitives**. В появившемся окне следует выбрать второй вариант создания параллелепипеда (по размерам) и ввести следующие значения свойств:

- **Name** – TopBox;
- **Dx** – 0,025;
- **Dy** – 0,012;
- **Dz** – 0,016.

Создание объекта будет завершено после нажатия на кнопку **Apply and close** (применить и закрыть), но, скорее всего, он будет настолько мал, что его не будет видно на экране. Поэтому следует воспользоваться инструментами масштабирования, чтобы увеличить изображение объекта.

Примечание: перед завершением ввода параметров фигуры следует проверить их корректность. В модуле **Geometry** нет возможности отменить последнее действие или изменить параметры уже созданных фигур. Если фигура создана не верно, то ее следует удалить и создать заново.

Затем следует создать две точки, которые будут определять диагональ внутреннего прямоугольника. Для этого можно воспользоваться пунктом меню **Point** (точка) (**NewEntity**

-> **Basic** (базовые элементы) -> **Point**) или использовать панель инструментов **Basic**. При создании необходимо указать имя и координаты точки:

- **Name** – BottomD;
- **Dx** – 0,002;
- **Dy** – 0,002;
- **Dz** – 0.

Точка будет создана после нажатия на кнопку **Apply and close**. После этого необходимо создать еще одну точку с параметрами:

- **Name** – TopD;
- **Dx** – 0,023;
- **Dy** – 0,010;
- **Dz** – 0,014.

На базе получившейся диагонали будет создан внутренний параллелепипед. Для этого в окне задания параметров следует выбрать первый способ создания фигуры и указать название создаваемой фигуры – **InnerBox**. Далее требуется щелкнуть мышью по кнопке со стрелкой рядом с надписью **Point 1**, а затем если дерево объектов свернуто, то развернуть его, щелкнув на кнопке в виде крестика, и выбрать название нижней точки – **BottomD**. После этого строка с надписью **Point 2** будет автоматически выделена и можно будет указать вторую точку TopD и завершить создание, нажав кнопку **Apply and Close**.

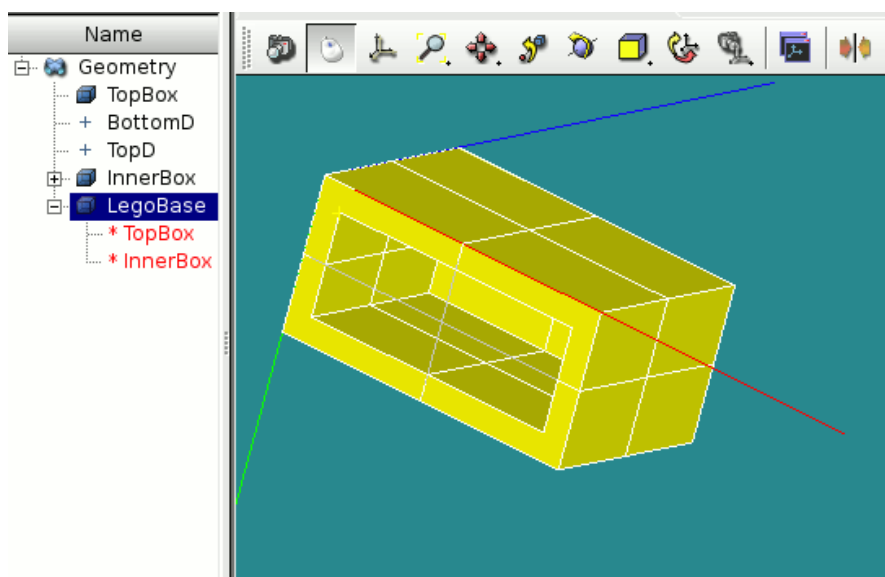
Примечание: Если значением какого-либо параметра должен быть другой объект, то можно нажать в соответствующей строке на кнопку с изображением изогнутой стрелки, а затем выбрать желаемый объект в дереве объектов геометрической модели.

Теперь необходимо вычесть (вырезать) маленький параллелепипед из большего. Это делается с помощью логической операции **Cut (Operations (операции) -> Boolean (логические) -> Cut (вырезать))**. В диалоговом окне операции указываются параметры новой фигуры:

- **Name** – LegoBase;
- **Main Object** (основной объект) – TopBox;
- **Tool Object** (объект-инструмент) – InnerBox.

Создание фигуры завершается нажатием кнопки **Apply and Close**. Если все сделано правильно, то можно перейти в режим отображения трехмерной модели (**Displaymode -> Shading**) и развернуть получившуюся фигуру, как показано на рисунке 5.

Рисунок 5. Промежуточный вид создаваемой детали



Остается создать два цилиндра с указанными параметрами и переместить их на соответствующие позиции. Параметры первого цилиндра:

- **Name** – BumpL;
- **Radius** – 0,004;
- **Height** – 0,002.

В меню следует выбрать пункт **Translation (Operations -> Transformations** (трансформации) -> **Translation** (перемещение)) для выполнения перемещения, а в качестве объекта указать цилиндр **BumpL** и определить смещение:

- **Dx** – 0,006;
- **Dy** – 0,006;
- **Dz** – 0,016.

Для завершения операции необходимо снять переключатель **Createcopy** (создать копию) и нажать кнопку **ApplyandClose**. Для создания второго цилиндра следует снова выбрать преобразование перемещения и задать параметры:

- **Name** – BumpR;
- **Object** – BumpL;
- **Dx** – 0,013;
- **Dy** – 0;
- **Dz** – 0.

В этот раз перед нажатием кнопки **ApplyandClose** следует установить переключатель **Createcopy**, чтобы создать копию исходного цилиндра.

Объединение цилиндров с основой выполняется с помощью двух вызовов логической операции **Fuse**. При первом вызове **Fuse** основа объединяется с левым цилиндром:

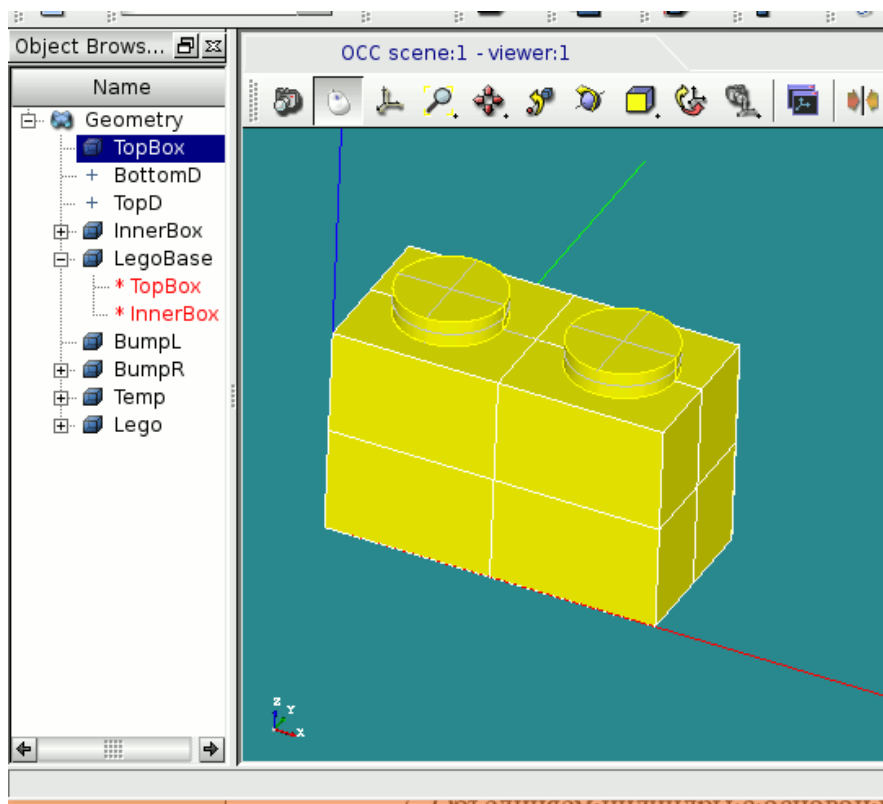
- **Name** – Temp;
- **Object 1** – LegoBase;
- **Object 2** – BumpL.

А при втором вызове происходит объединение с правым цилиндром.

- **Name** – Lego;
- **Object 1** – Temp;
- **Object 2** – BumpR.

Результат выполненных действий можно увидеть на рисунке 6.

Рисунок 6. Окончательный вид детали Lego



Файл проекта с уже построенной моделью **Salome02_Lego.hdf** можно найти в архиве **model.zip** в разделе Ресурсы. Этот файл можно открыть в среде Salome-MECA через стандартное меню **File** -> **Open**. Затем следует запустить модуль **Geometry**, выбрав его из выпадающего списка на панели инструментов. Для просмотра всех элементов модели следует развернуть дерево объектов, нажав кнопку в виде крестика рядом с надписью **Geometry** в обозревателе проектов.

Для отображения созданной фигуры следует щелкнуть на ее имени (**Lego**) правой кнопкой мыши и выбрать в появившемся контекстном меню пункт **Show** (показать). Из-за малого размера элемента потребуется увеличить масштаб. Скорее всего, будет показана проволочная модель фигуры. Для просмотра полной трехмерной модели с границами и

цветом необходимо выбрать объект **Lego** в дереве объектов и изменить режим отображения при помощи контекстного меню или выбрав в главном текстовом меню пункт **View** -> **Displaymode** -> **Shading**.

Заключение

В данной статье было изучено использование модуля **Geometry** для построения геометрической модели исследуемого объекта. Так, была рассмотрена процедура импорта геометрии из внешних источников и перечислены поддерживаемые форматы. В статье были описаны основные инструменты модуля **Geometry** и приведена пошаговая инструкция построения геометрической модели элемента конструктора Lego.

Следующая статья будет посвящена модулю Mesh, основной задачей которого является построение расчетной сетки.

Об авторе

Александр Бикмеев

Бикмеев Александр Тимерзянович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Высокопроизводительных вычислительных технологий и систем УГАТУ. Убежденный сторонник свободного ПО и давний пользователь ОС GNU Linux. Александр считает, что знания должны быть открыты для всех и поэтому занимается популяризацией и расширением возможностей свободных приложений для науки и производства.

© Copyright IBM Corporation 2011

(www.ibm.com/legal/copytrade.shtml)

Торговые марки

(www.ibm.com/developerworks/ru/ibm/trademarks/)