электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Метод создания геометрических баз знаний

01, январь 2016

Евгенев Г. Б. [1,*], Кокорев А. А. [1], Пиримяшкин М. В. [1]

УДК: 004.896

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
*g.evgenev@mail.ru

Введение

Создание интеллектуальных систем конструирования изделий является важным направлением совершенствования инженерной подготовки машиностроительного производства. Использование таких систем позволяет повысить производительность и качество работы конструкторов за счет полуавтоматической генерации 3D моделей изделий в условиях типового вариантного проектирования. К такому типу проектирования относятся, например, создание объектов электромашиностроения, электромеханические приводы и т.п.

Высший уровень автоматизации в этой области способны обеспечить системы полуавтоматического проектирования, позволяющие на основе введенного технического задания производить все необходимые расчеты и генерировать 3D модели и полный комплект конструкторской документации.

Однако для решения этой проблемы необходимо разработать метод и средство, позволяющие генерировать 3D модели с помощью продукционных баз знаний.

Описан новый метод, позволяющий решать эту проблему. Для автоматической генерации 3D моделей изделий разработан модуль, основанный на параметризованных трехмерных моделях применительно к системе SolidWorks.

Автоматизированное проектирование изделий в общем случае включает два функциональных блока: собственно проектирование и конструирование [1, 2]. На этапе проектирования изделие представляется как формальная система с оформлением соответствующих схем и эскизной проектной документации. На этом этапе производятся самые разнообразные инженерные расчеты для анализа геометрии, моделирования и изучения поведения изделия, для усовершенствования и оптимизации его конструкции.

На основе проектных расчетов, с помощью которых были определены основные характеристики изделия, производится конструирование, основной задачей которого является построение модели изделия как объекта производства с получением необходимого комплекта чертежей и спецификаций. В качестве средства конструирования используются

CAD-системы. Современные стандартные требования к этим системам включают твердотельное моделирование, наличие параметризации и ассоциативность.

Интеллектуальные системы полуавтоматического типового вариантного проектирования строятся на основе баз знаний [1, 2].

Постановка задачи

Целью настоящей статьи является разработка механизма реализации продукционного правила, обеспечивающего генерацию 3D модели проектируемого изделия.

Продукционные базы знаний

Большинство интеллектуальных систем базируется на понятии «формальная продукционная система». Психологические исследования процессов принятия решений человеком показали, что, рассуждая, человек применяет правила, аналогичные продукциям, т.е. правила вида условие → действие. В прикладных интеллектуальных системах такие правила принято называть модулями знаний.

Для представления концептуальной модели модулей и баз знаний, состоящих из некоторого множества модулей, может быть использован стандарт IDEF0 (рис.1). Здесь на входе мы имеем инженерные знания. Применительно к генерации 3D моделей удобно использовать бланк-чертежи с простановкой размеров в виде идентификаторов. На выходе после получения фактических значений переменных для конкретного экземпляра изделия формируются необходимые 3D модели деталей и сборочных единиц. Формирование этих моделей обеспечиваются механизмами, описанию которых посвящен настоящий материал.

Управление представляет собой условие исполнения механизма, например, наименование изделия.

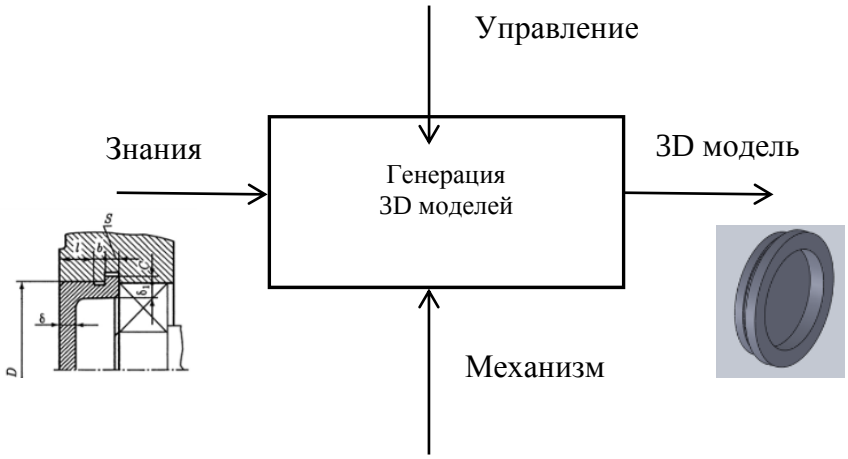

Рис. 1. Концептуальная модель модуля знаний

Исходные данные для создания геометрических баз знаний

Дальнейшие рассмотрения мы проведем на основе закладных крышек подшипников для редукторов [3].

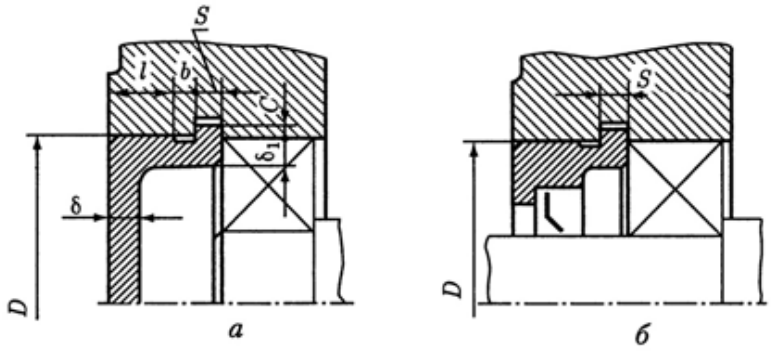

Рис. 2. Конструкции крышек закладных

Чтобы обеспечить сопряжение торцов выступа крышки и канавки корпуса по плоскости, на наружной цилиндрической поверхности крышки перед торцом выступа желательно выполнять канавку шириной *b*. Размеры канавки на диаметре *D* принимают по специальной таблице.

Толщину δ стенки принимают в зависимости от диаметра *D* отверстия под подшипник. Размеры других элементов крышки: $\delta_1=(0,9...1)\,\delta$; $S=(0,9...1)\,\delta$; $c\approx 0,5S$; $l\geq b$.

Построение эскиза модели в системе SolidWorks

Необходимо спроектировать 3D модель детали в системе автоматизированного проектирования SolidWorks. Запускаем данную программу. И создаем новый файл «Трехмерное представление одного компонента». Для этого выполним следующие действия: **Файл -> Новый -> Трехмерное представление одного компонента** (рис. 3).

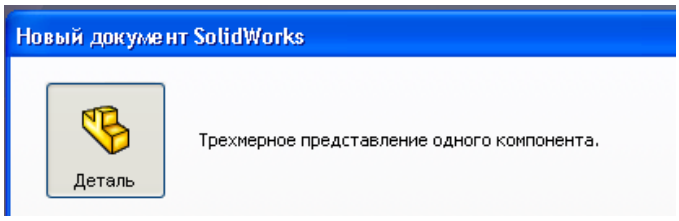

Рис. 3. Создание нового файла

Так как пример детали в настоящей статье является телом вращения, то необходимо создать контур, который в дальнейшем будем вращать вокруг оси, в результате и получим заданную деталь.

Перейдем к созданию контура: для этого на панели инструментов используем **Эскиз**. Далее выбираем плоскость, относительно которой будем строить эскиз (по умолчанию щелкаем на экран). Выбираем начальную точку, от которой будем строить эскиз. Ставим точку на пересечение красных стрелок нажатием на курсор (рис. 4).

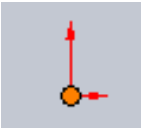

Рис. 4. Выбор начальной точки

Теперь с помощью стандартных инструментов (рис. 5):

1) Линия

2) Окружность

3) Сплайн

4) Прямоугольник

5) Дуга

Необходимо построить контур детали.

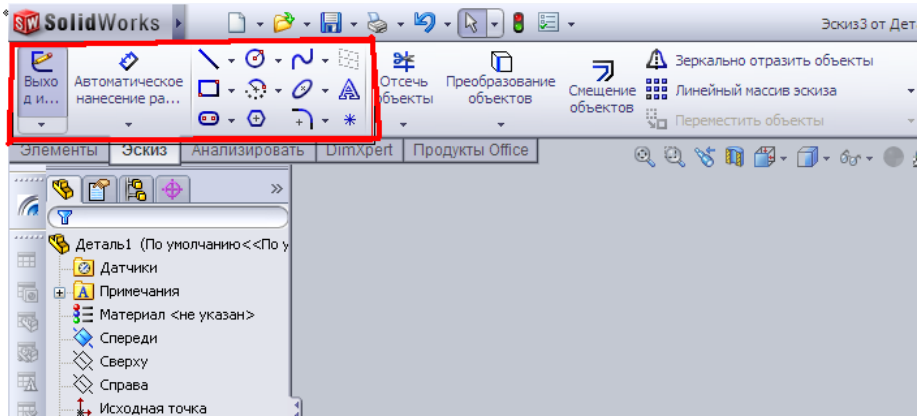

Рис. 5. Стандартные инструменты

Рассмотрим на примере использования инструмента **Линия.** Данная система обеспечивает автоматическую привязку к горизонту, вертикали, и прямым, проведенным под 45º. Эта функция значительно облегчает построение. Перейдем к построению линии. Сначала необходимо выбрать начальную точку (рис. 6).

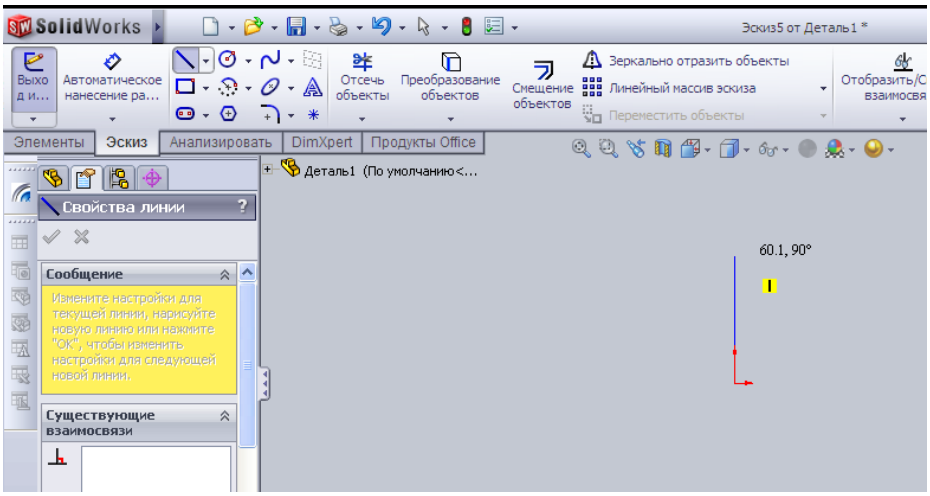

Рис. 6. Выбор начальной точки

SolidWorks обеспечивает автоматическую привязку к точкам объектов, таким как центр окружности, концы отрезков, середины линий и прочее.

Затем щелчком мыши нужно определить конечную точку отрезка (рис. 7).

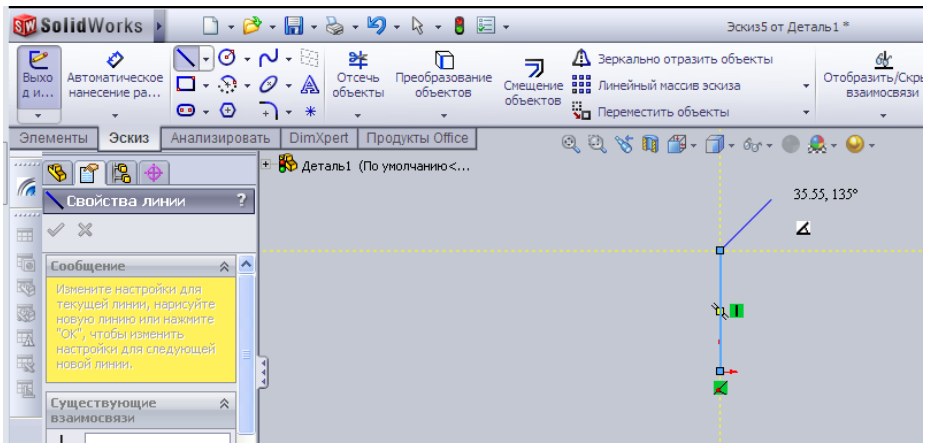

Рис. 7. Определение конечной точки отрезка

Изменение размеров отрезков возможно только после того, как линия проведена (рис.8).

При изменении размера отрезка система старается сохранить целостность объектов и их соединений, поэтому, после того, как был задан размер, необходимо убедиться, что другие объекты не изменили своих размеров и положений в пространстве. Рассмотрим на примере начального контура рис. 9. Изменяем размер одного ребра. Результат наблюдем на рис. 10.

Для того чтобы изменить размер отрезка, дважды щелкаем на отрезок (он должен подсветиться голубым цвет) и в **Свойствах линии** находим раздел **Параметры** (рис. 8).

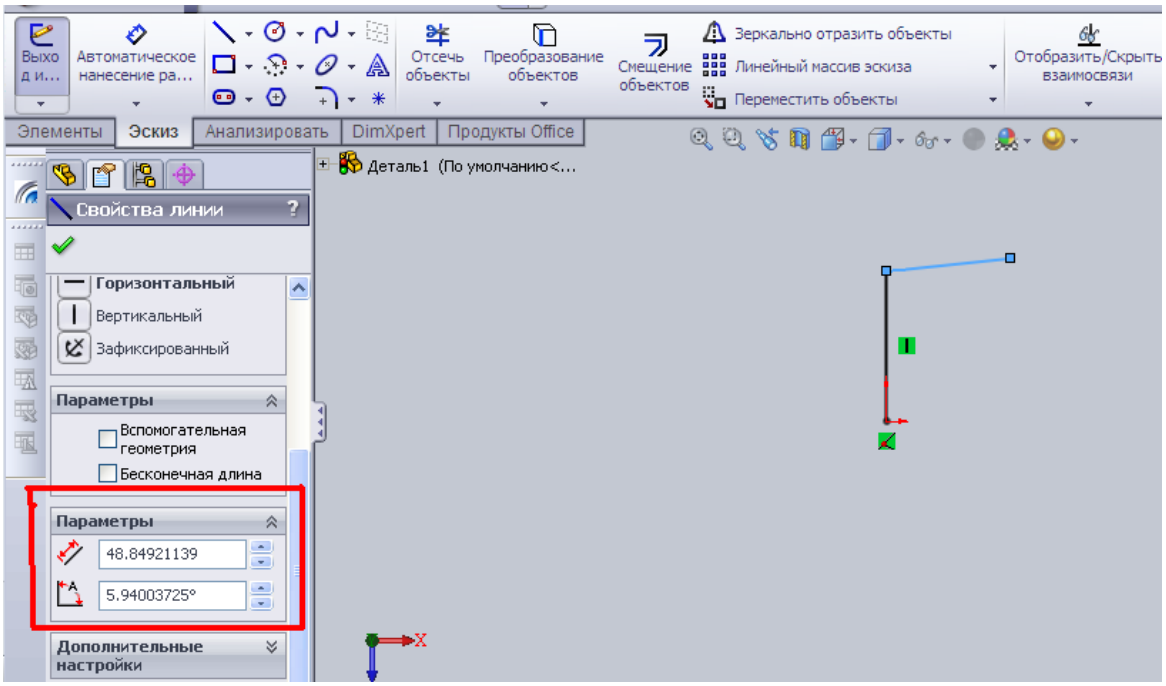

Рис. 8. Параметры

После того как наш контур закончен, приступим к простановке размеров.

Для начала определим, какие размеры необходимо проставить. Сначала проставим те размеры, которые были описаны выше (рис.2). После этого необходимо определить раз-

меры, которые необходимы для того, чтобы деталь не разрушилась при перестроении. Каждой детали выбираются свои размеры. Рассмотрим на примере закладных крышек какие именно размеры необходимо проставить.

С помощью инструмента **«Автоматическое нанесение размеров»** нужно выбрать объект, размер которого мы хотим нанести.

Для объектов типа **«Линия»** необходимо определить начальную и конечную точки наносимого размера. Для объектов типа **«Окружность»** необходимо определить контур окружности, размер которой необходимо нанести (рис.9).

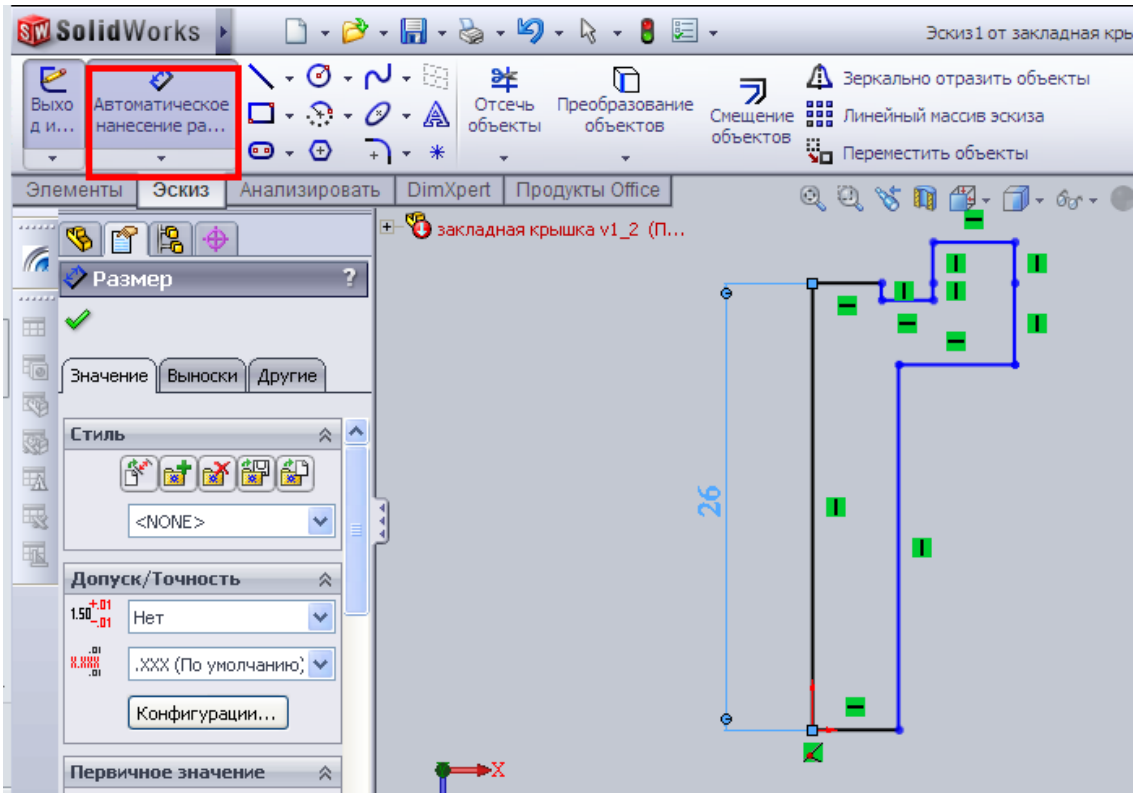

Рис. 9. Определение контура

Параметризация необходима для того, чтобы при изменении размеров наша модель не теряла своих очертаний. Другими словами, мы должны поставить одни размеры в зависимость от других.

Понятие параметризации можно понимать в следующем ключе. С точки зрения математики, конструкция изделия описывается геометрическими примитивами (точками, линиями, кривыми, ...), которые в свою очередь характеризуются параметрами: координатами, размерами, углами, допусками и т.п. Эти параметры могут быть выражены с помощью обычных переменных, рассчитаны по формулам или выбраны из баз данных. Таким образом, любая конструкция может быть полностью изменена путем изменения значений одной или нескольких управляющих переменных.

Рассмотрим на примере контура на рис.10, рассчитанные размеры которого уже нанесены. Изображенный контур символизирует поперечное сечение закладной крышки; размер 4,5 - это глубина паза в корпусе редуктора. При изменении размера глубины паза С и размера крышки δ_1 наша модель теряет свои очертания, как видно на рис.11.

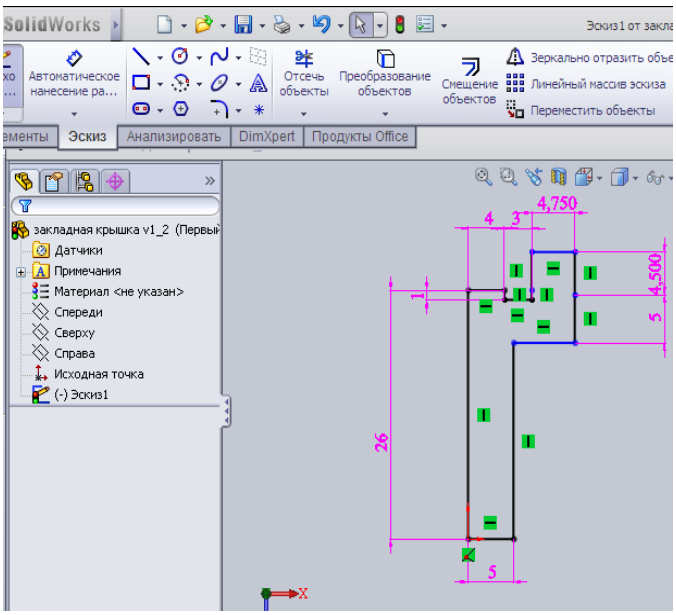

Рис. 10. Контур с размерами

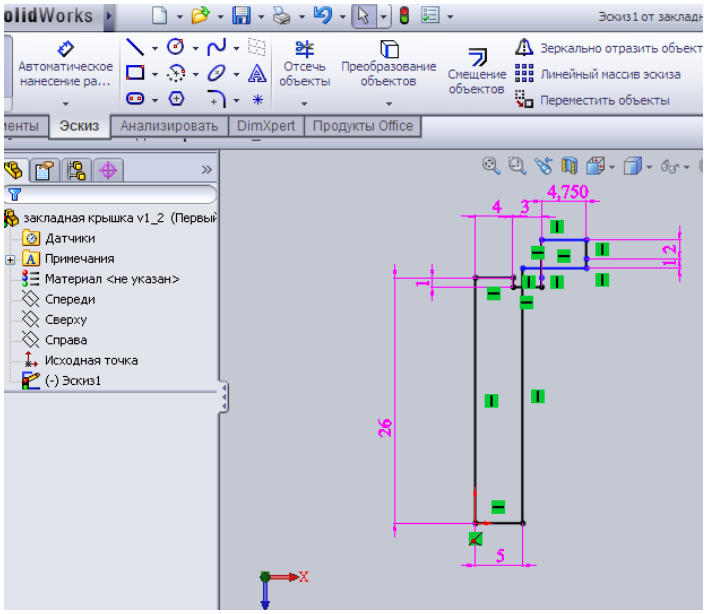

Рис. 11. Ошибка построения

Для параметризации размеров необходимо ввести зависимости размеров в таблицу уравнений SolidWorks. **Инструменты -> Уравнения** (рис. 12). Появляется диалоговое окно **«Уравнения»** (рис. 13). Нажимаем кнопку «**Добавить»**. Появляется диалоговое окно «**Добавить уравнение»** (рис. 14).

Также вызвать диалоговое окно «**Добавить уравнение»** можно дважды кликнув на размер, который хотим параметризировать, и выбрать в выпадающем списке **«Добавить уравнение»** (рис. 15).

Нужно иметь ввиду, что параметризируем ИМЕННО РАЗМЕР, А НЕ ЛИНИИ.

В диалоговом окне «**Добавить уравнение»** первым указывается зависимый размер, после знака «равно» указывается управляющий размер и арифметические действия над ним, если они требуются.

В диалоговое окно можно вводить имя размера, которое можно узнать следующим образом: кликнуть на интересующий размер Вкладка **Значение,** раздел **Первичное значение.** Также можно ввести в диалоговое окно значение размера кликнув на сам размер.

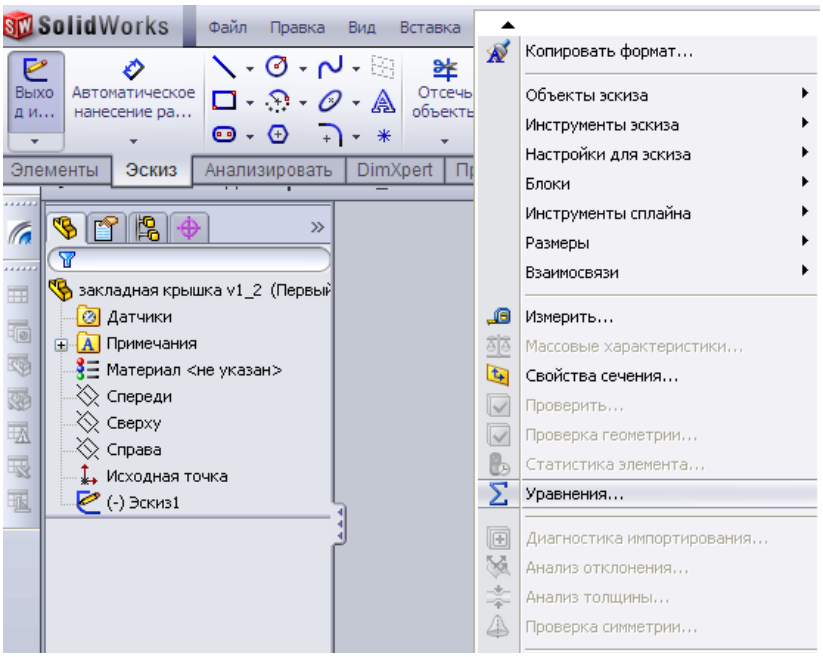

Рис. 12. Выбор уравнений

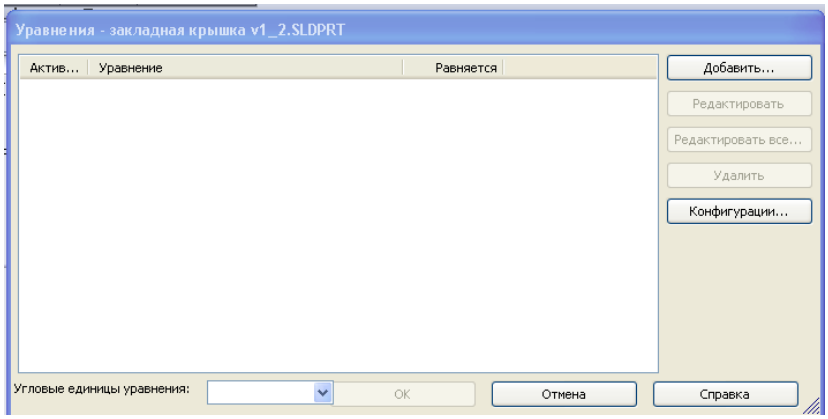

Рис. 13. Окно ввода уравнений

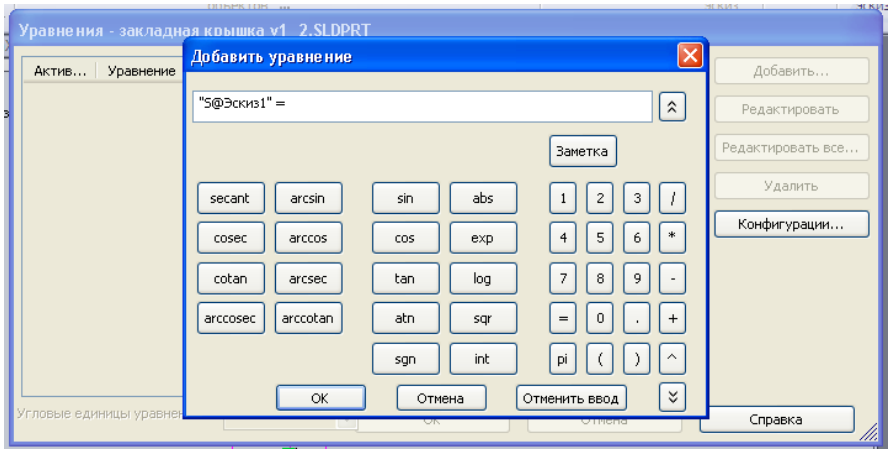

Рис. 14. Добавление уравнений

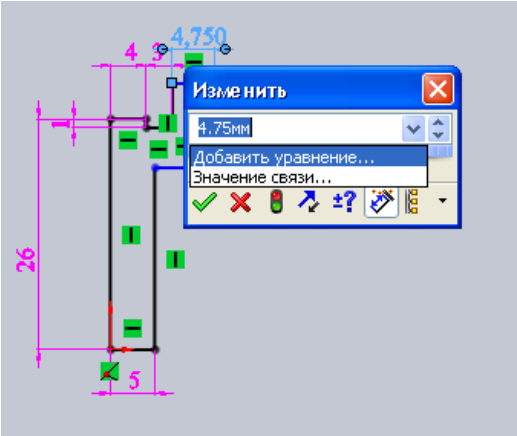

Рис. 15. Замена размера уравнением

Рассмотрим параметризацию на выше приведенном примере. Введем два дополнительных размера (рис. 16).

Сначала параметризируем размер 1. Добавим уравнение, как показано на рис. 17. Далее подставляем в уравнение управляющий размер, кликнув на него. В уравнении слева задается зависимый размер, справа - управляющий (рис. 18). В результате наблюдаем в диалоговом окне **Уравнений** появившуюся зависимость (рис. 19).

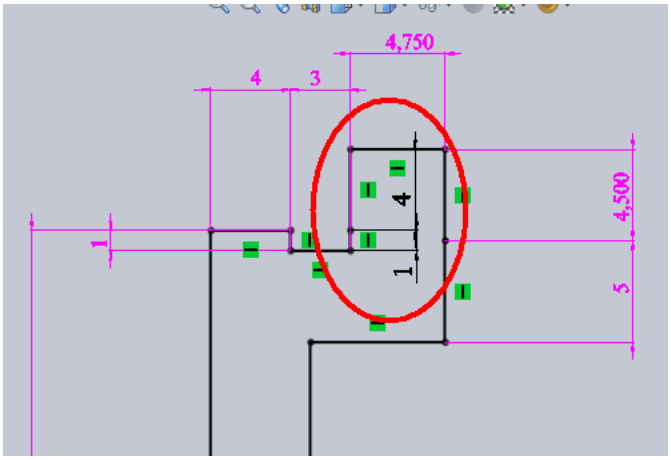

Рис. 16. Выделение дополнительных размеров

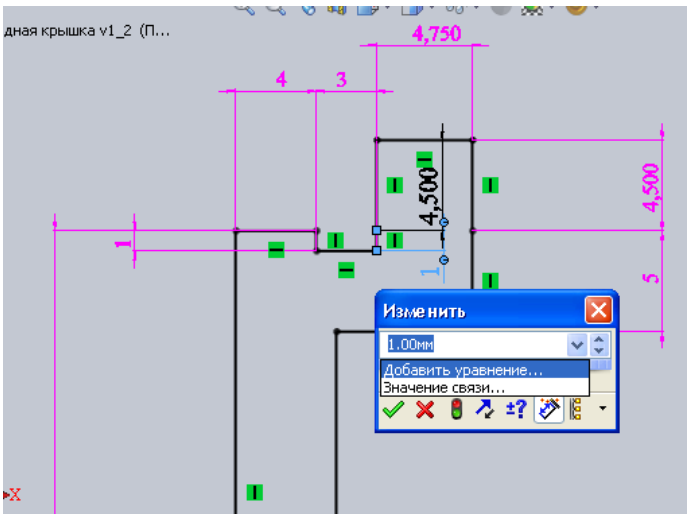

Рис. 17. Добавление уравнения

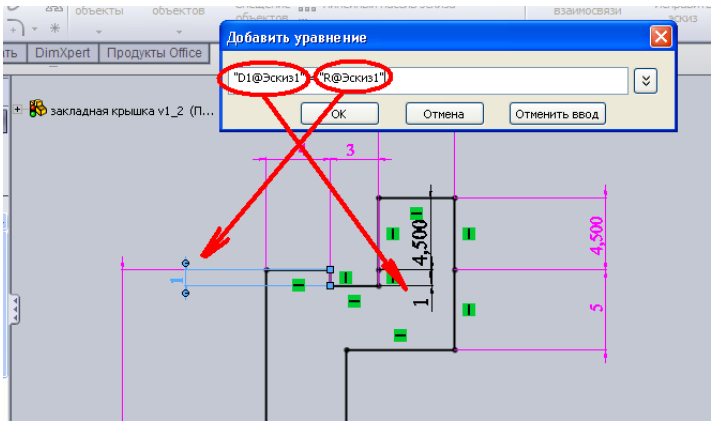

Рис. 18. Форма уравнений

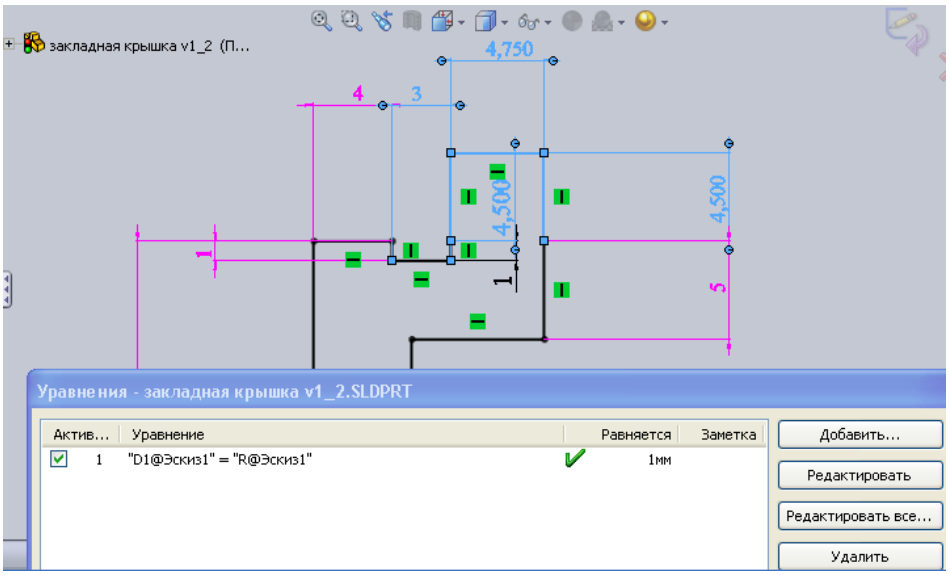

Рис. 19. Появление зависимости

То же самое делаем с размером 4. В диалоговом окне **Уравнений** нажимаем кнопку **Добавить** и вносим соответствие размеров (рис.20)**.** В результате наблюдаем обе введенные зависимости в диалоговом окне **Уравнения** (рис.21)**.** После нажатия кнопки **ОК** наблюдаем значок суммы у зависимого размера, который свидетельствует о том, что уравнение введено правильно.

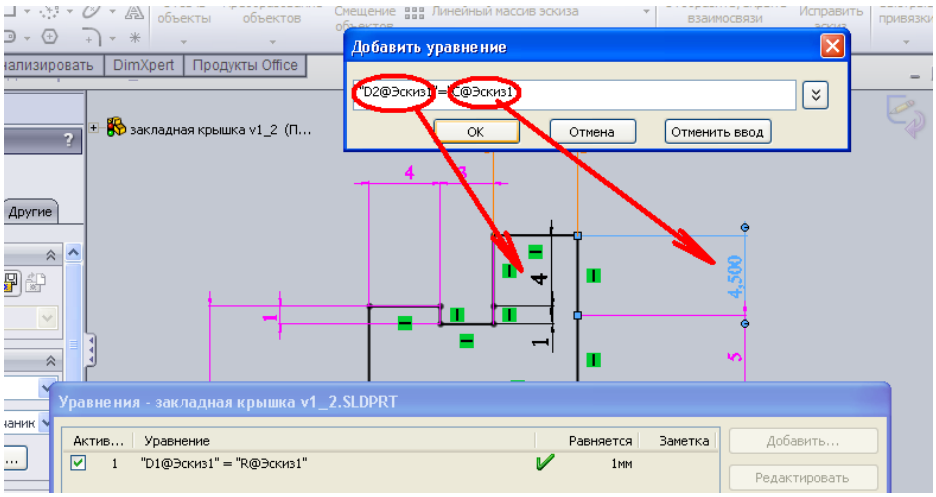

Рис. 20. Ввод нового уравнения

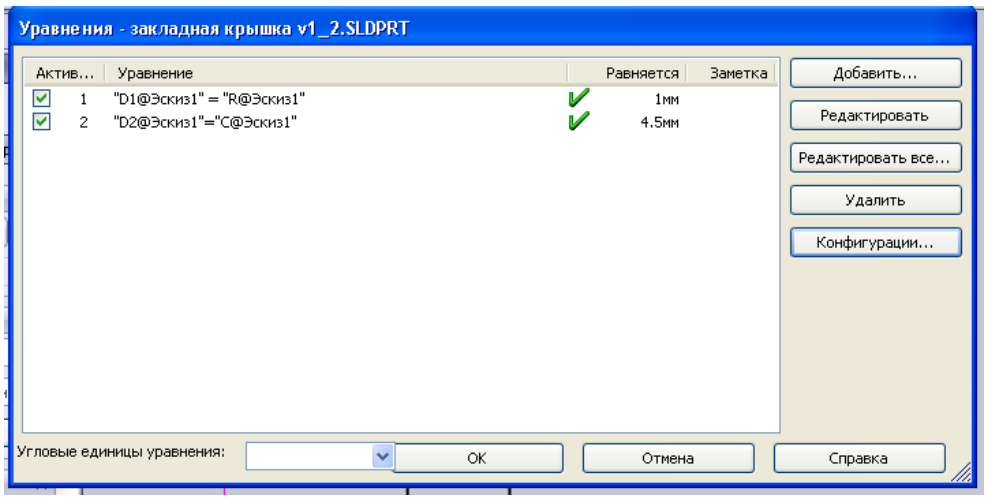

Рис. 21. Введенные зависимости

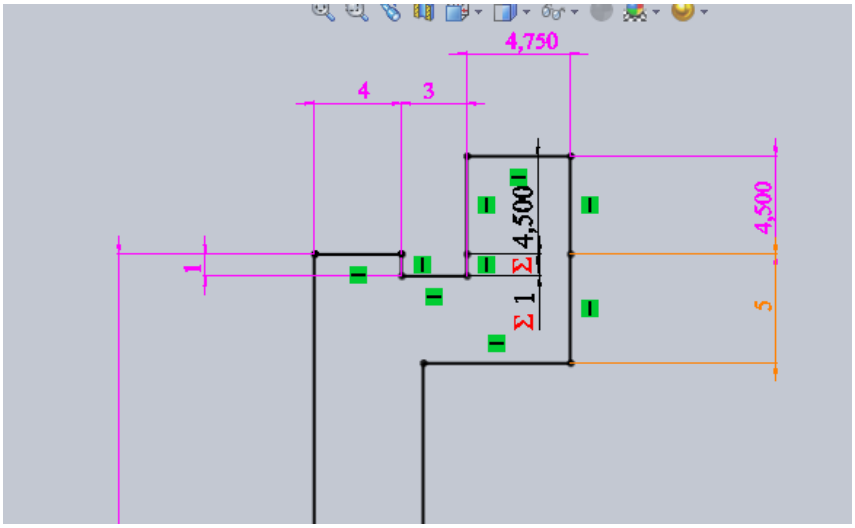

Рис. 22. Изменение размеров

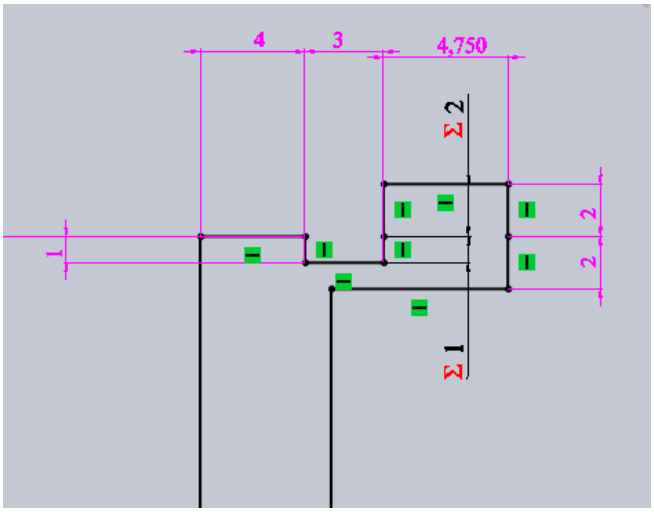

Рис. 23. Перестроение контура

Теперь, изменяя размеры 5 и 4,5 (см. рис. 22), можно заметить, что размеры правой стороны проточки меняются автоматически, как показано на рис. 23.

Закончим редактирование эскиза, нажав на кнопку **Выход из Эскиза** (рис. 24).

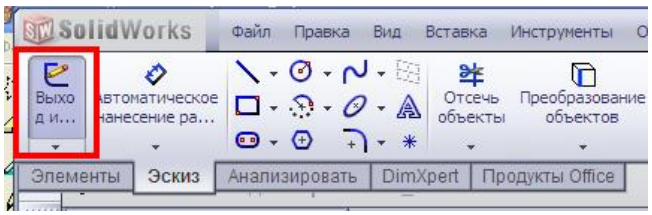

Рис. 24. Выход из эскиза

Создание 3D-модели в системе SolidWorks

Перейдем к созданию 3D-модели. Для этого необходимо вращать полученный контур вокруг оси. Воспользуемся инструментом **Повернутая бобышка/основание** на вкладке **Элементы** (Рис. 25).

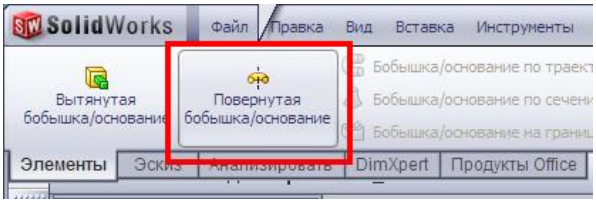

Рис. 25. Поворот контура

Далее необходимо выбрать созданный эскиз в дереве проекта (Рис. 26). После чего необходимо указать ось вращения и нажать зеленую галочку (см. рис. 27). Ось вращения указываем, кликнув на нее.

В случае осевого отверстия необходимо отредактировать эскиз, добавив в него ось вращения, отстоящую от контура на расстояние, равное половине диаметра отверстия. После чего уже строить **Повернутую бобышку** относительно построенной оси вращения.

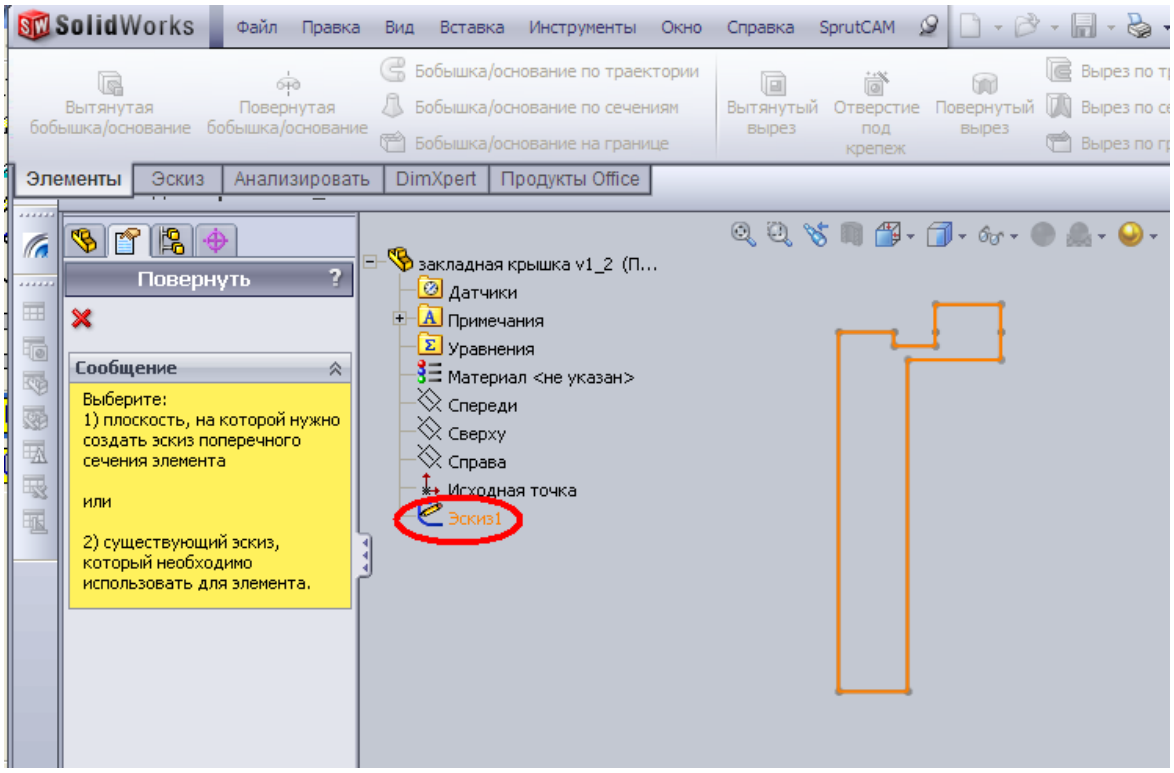

Рис.26. Выбор эскиза в дереве проекта

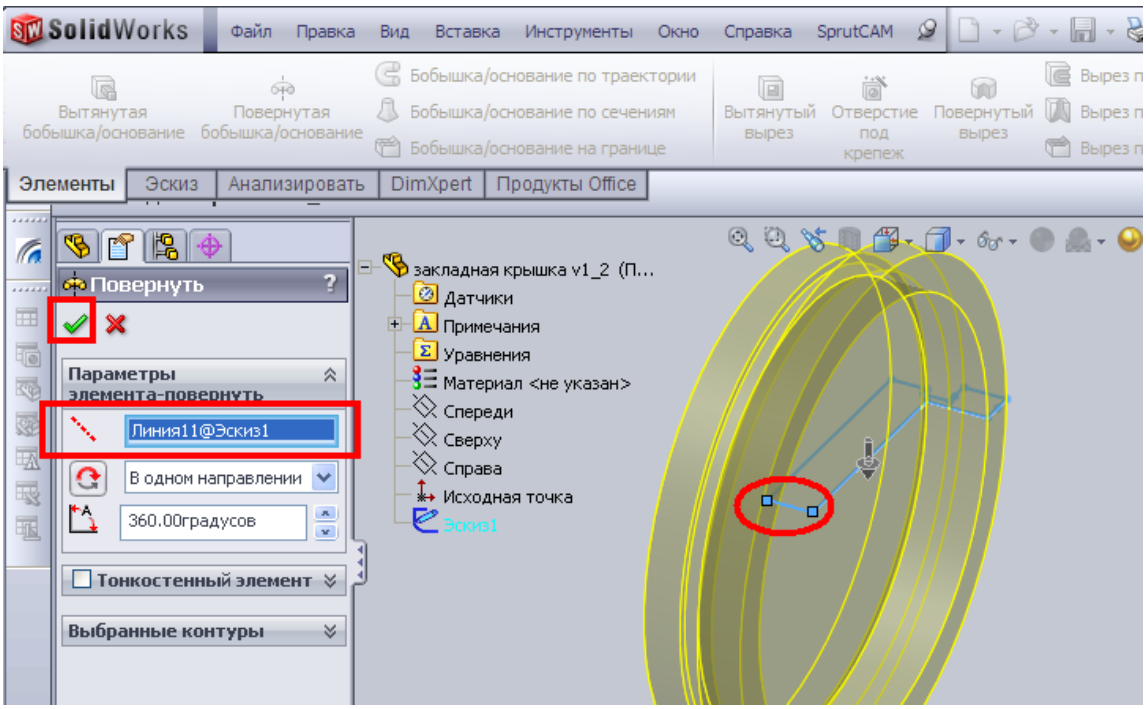

Рис. 27. Указание оси вращения

Теперь рассмотрим, каким образом строить отверстия в детали. Создадим эскиз. Вкладка **Эскиз** кнопка **Эскиз**. После чего нужно выбрать плоскую грань, на которой будет расположен эскиз, на рис.28 она подсвечена рыжим цветом. После чего автоматически появляется начальная точка в центре круга. Относительно начальной точки строим окружность, на которой будут лежать окружности отверстий. Строим окружности отверстий (рис. 29).

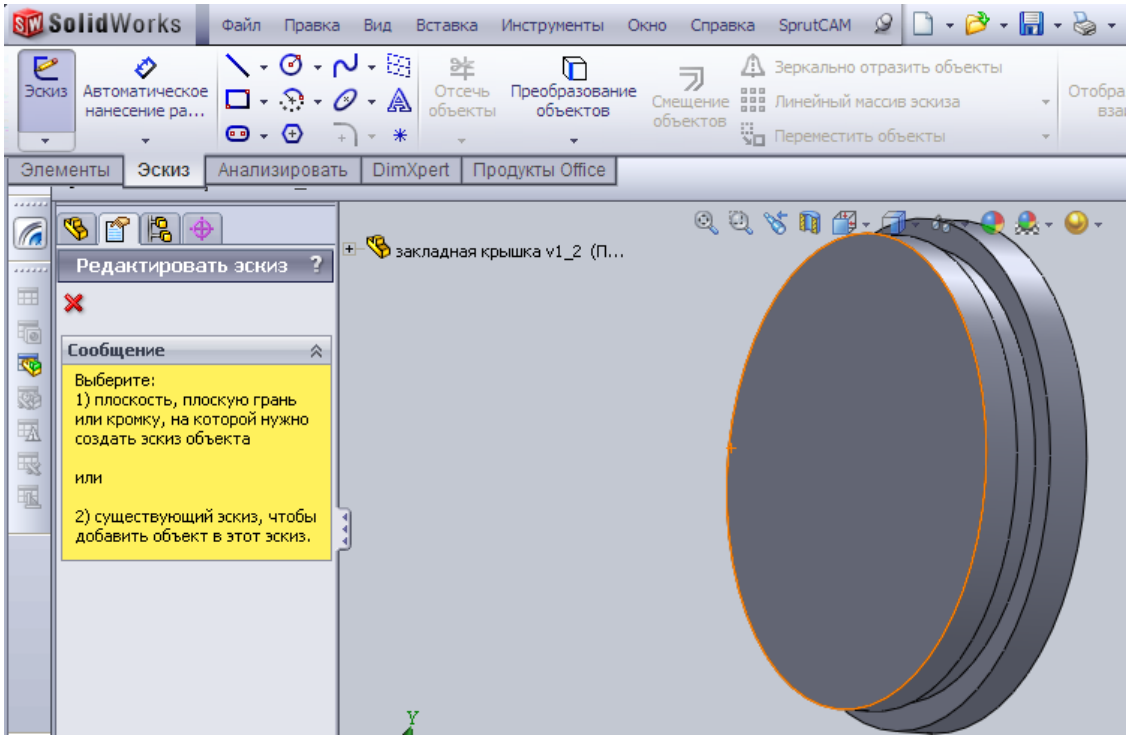

Рис. 28. Выбор грани расположения эскиза

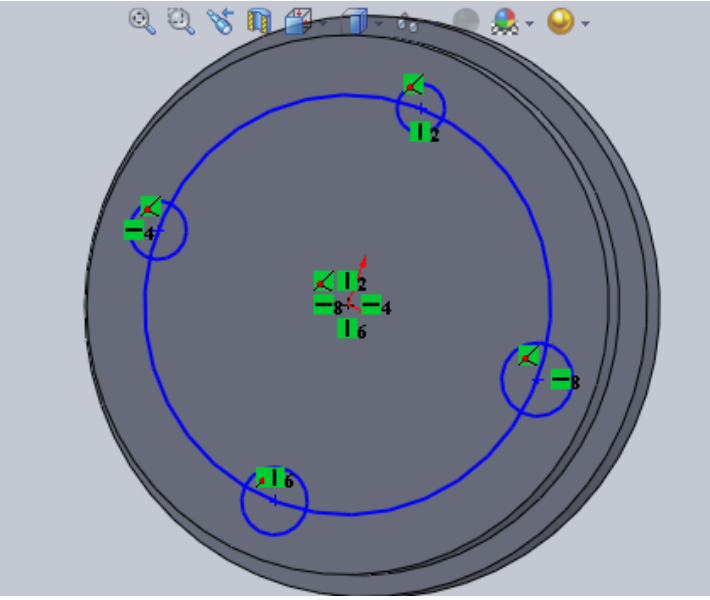

Рис. 29. Построение окружностей отверстий

Далее создадим отверстия с помощью инструмента Вытянутый **вырез** на вкладке **Элементы** (см. рис. 30).

Необходимо выделить окружности отверстий и вытянуть стрелку, которая показывает направление выреза, на расстояние, явно превышающее толщину детали (рис. 31). Далее нажать на зеленую галочку.

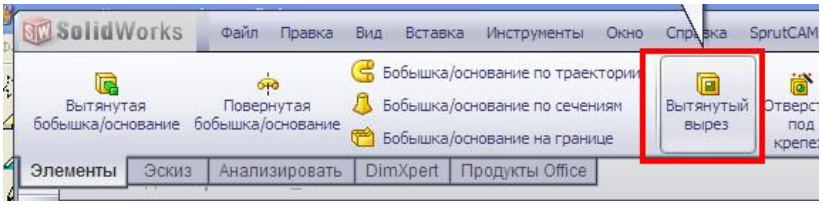

Рис. 30. Построение отверстий

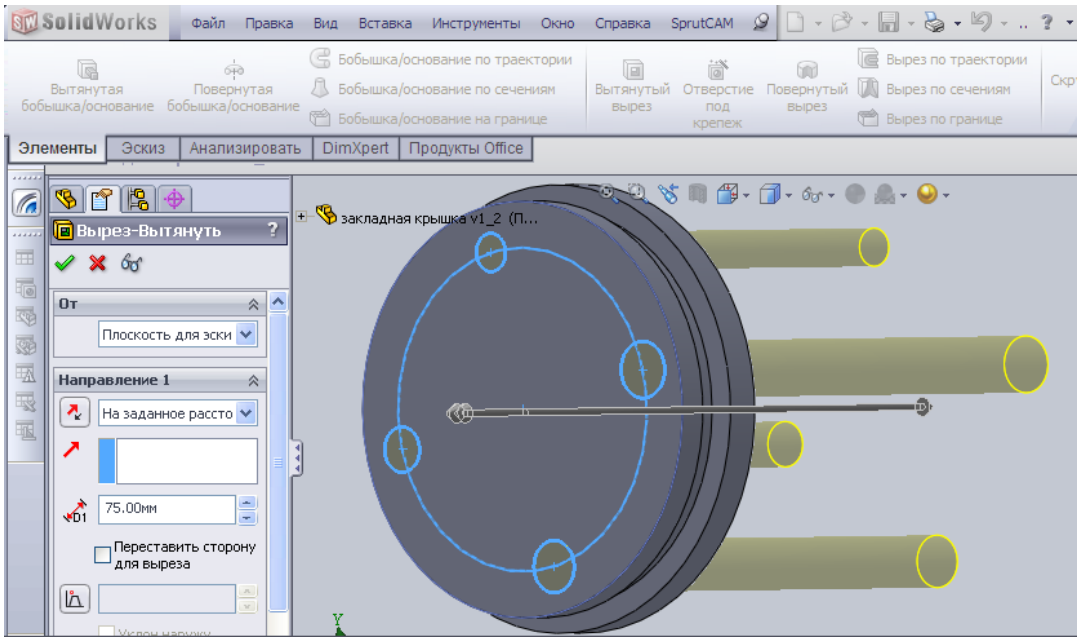

Рис. 31. Генерация модели отверстий

После того как создана 3D модель детали, необходимо создать **Таблицу параметров**. Сделаем это следующим образом: Вставка-> **Таблицы-> Таблицы параметров** (рис. 32). Выбрать источник **Авто-создать** и нажать зеленую галочку (рис. 33). Появляется интерфейс программы Excel и диалоговое окно Размеры. В данном окне выбираются те размеры, которые необходимы в таблице параметров (рис. 34). После нажатия кнопки **ОК** наблюдаем таблицу параметров в окне программы Excel, где в красном овале находится название варианта набора размеров. В красном прямоугольнике указываются размеры, которые принадлежат соответствующему набору размеров (рис.35). Чтобы закрыть таблицу параметров, кликните на свободное место.

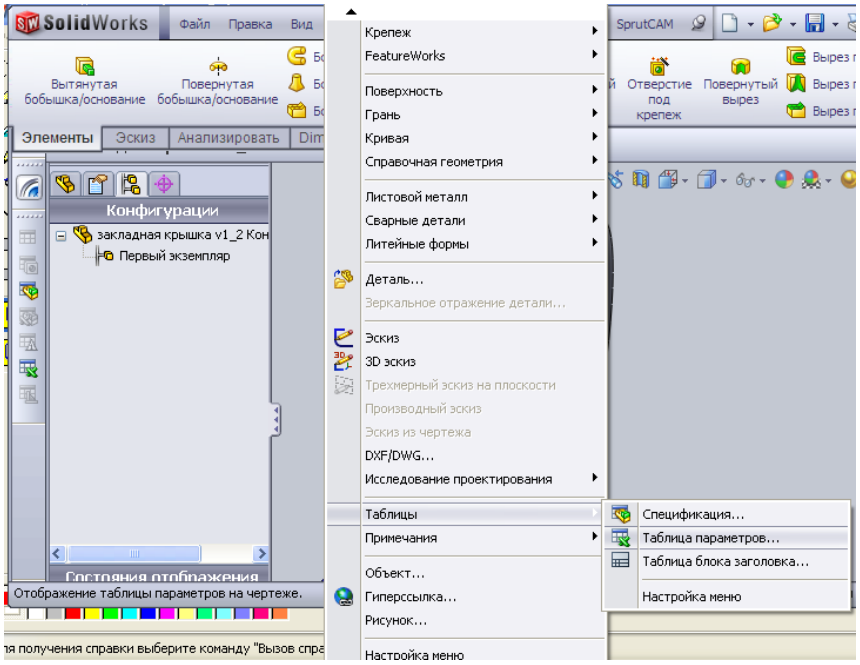

Рис. 32. Создание таблицы параметров

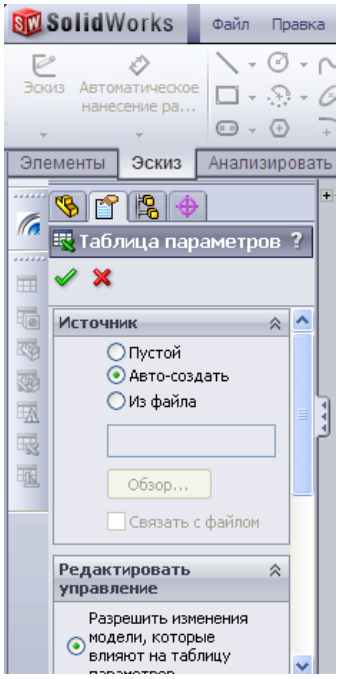

Рис. 33. Автосоздание таблицы

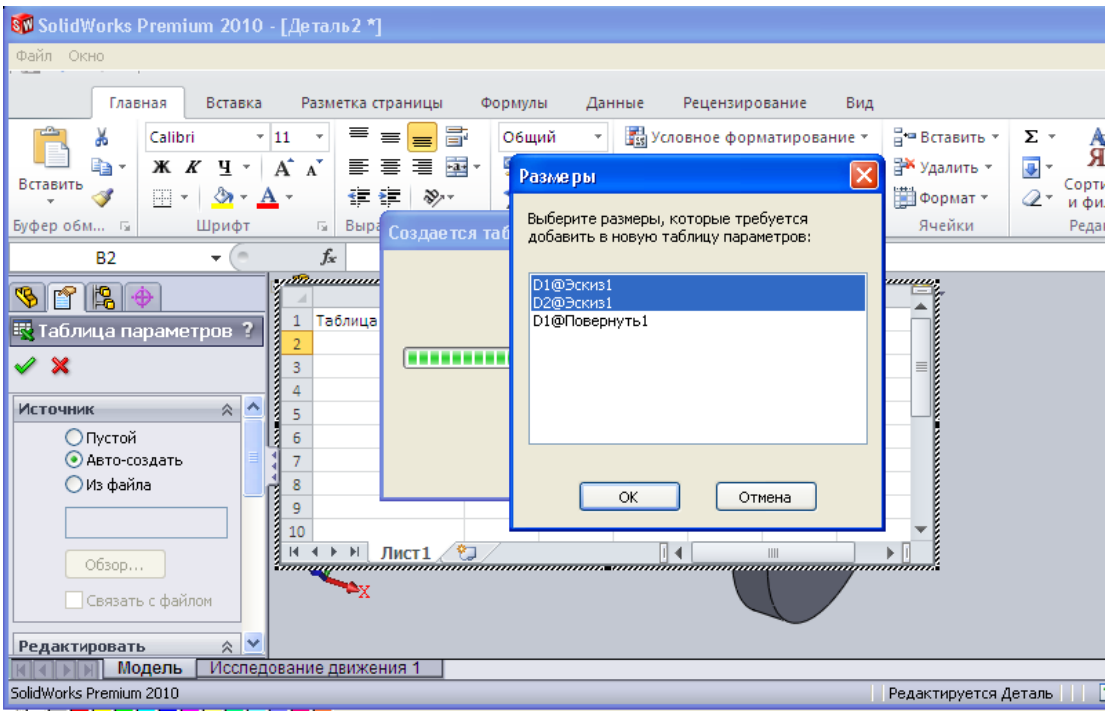

Рис. 34. Выбор размеров для таблицы параметров

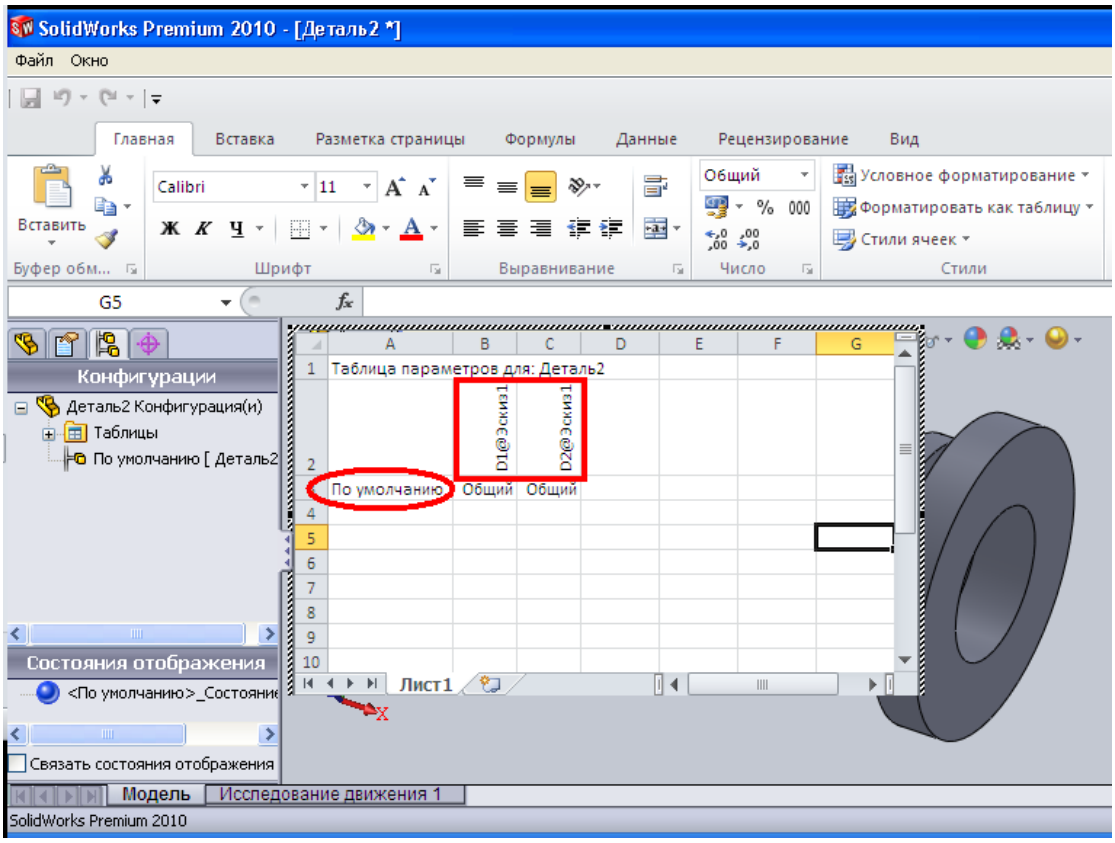

Рис. 35. Таблица параметров

Необходимо создать не менее трех наборов размеров. После этого мы можем закрыть таблицу параметров и увидеть созданные наборы размеров во вкладке **Конфигурации**. Выбирая один из наборов двойным кликом, мы наблюдаем изменение размера детали (рис. 36).

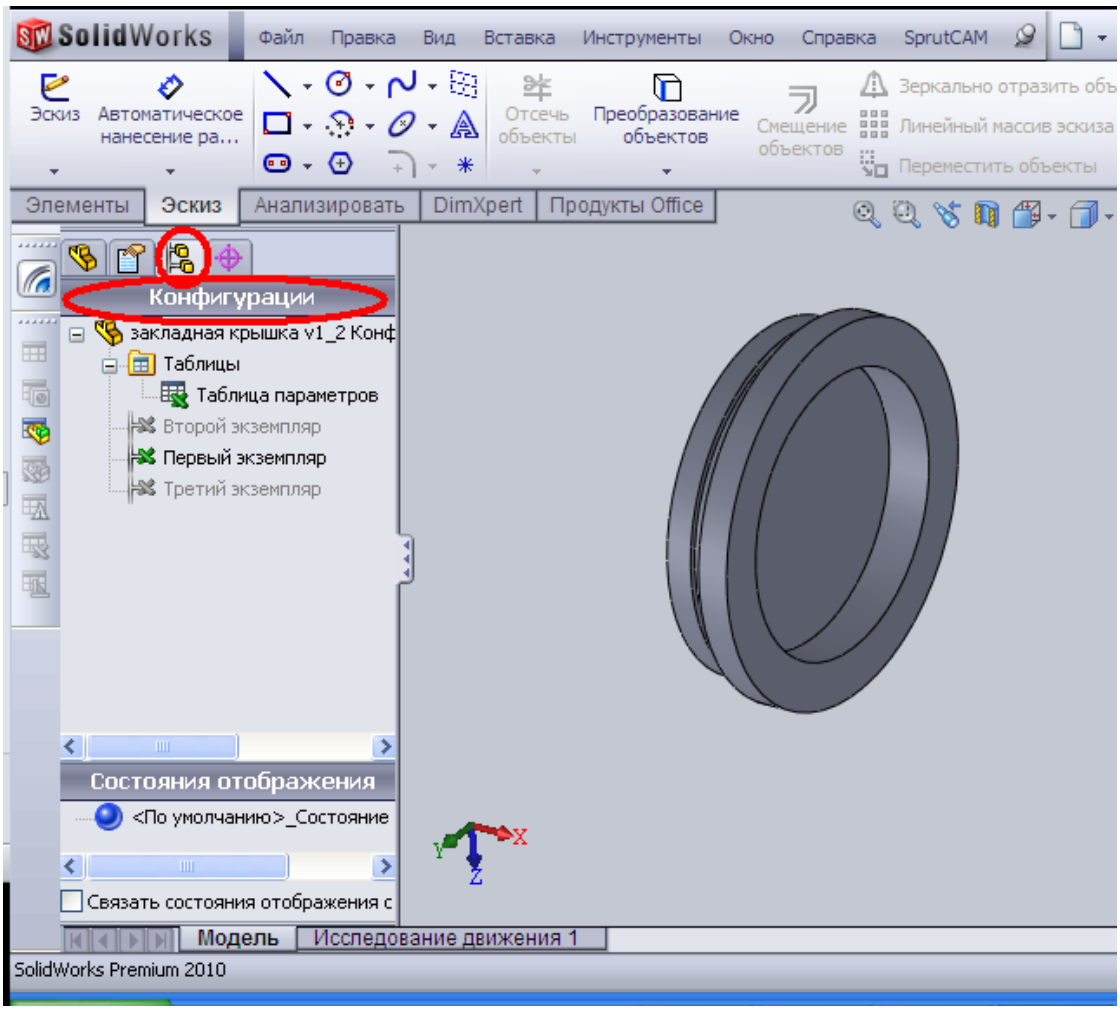

Рис. 36. Изменение размера детали

Подключение 3D-модели к базе знаний

Построенная 3D модель должна быть подключена к базе знаний посредством специализированного модуля знаний. Этот модуль обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Загружать и открывать 3D модели SolidWorks (Формат файлов *.SLDASM,*.SLDPRT)

2. Из этой модели отображать размеры и их значения (Размеры отображаются в формате: <имя размера>@<объект дерева конструирования>@<имя 3D модели>)

3. Сопоставлять размеры 3D модели переменным словаря Sprut ExPro (с помощью выпадающего списка)

4. Формировать текст подпрограммы PRT-модуля, которая изменяет размеры 3D модели в соответствии со значением переменных из базы знаний Sprut ExPro

5. Загружать эту подпрограмму в интерфейс "Механизм" модуля.

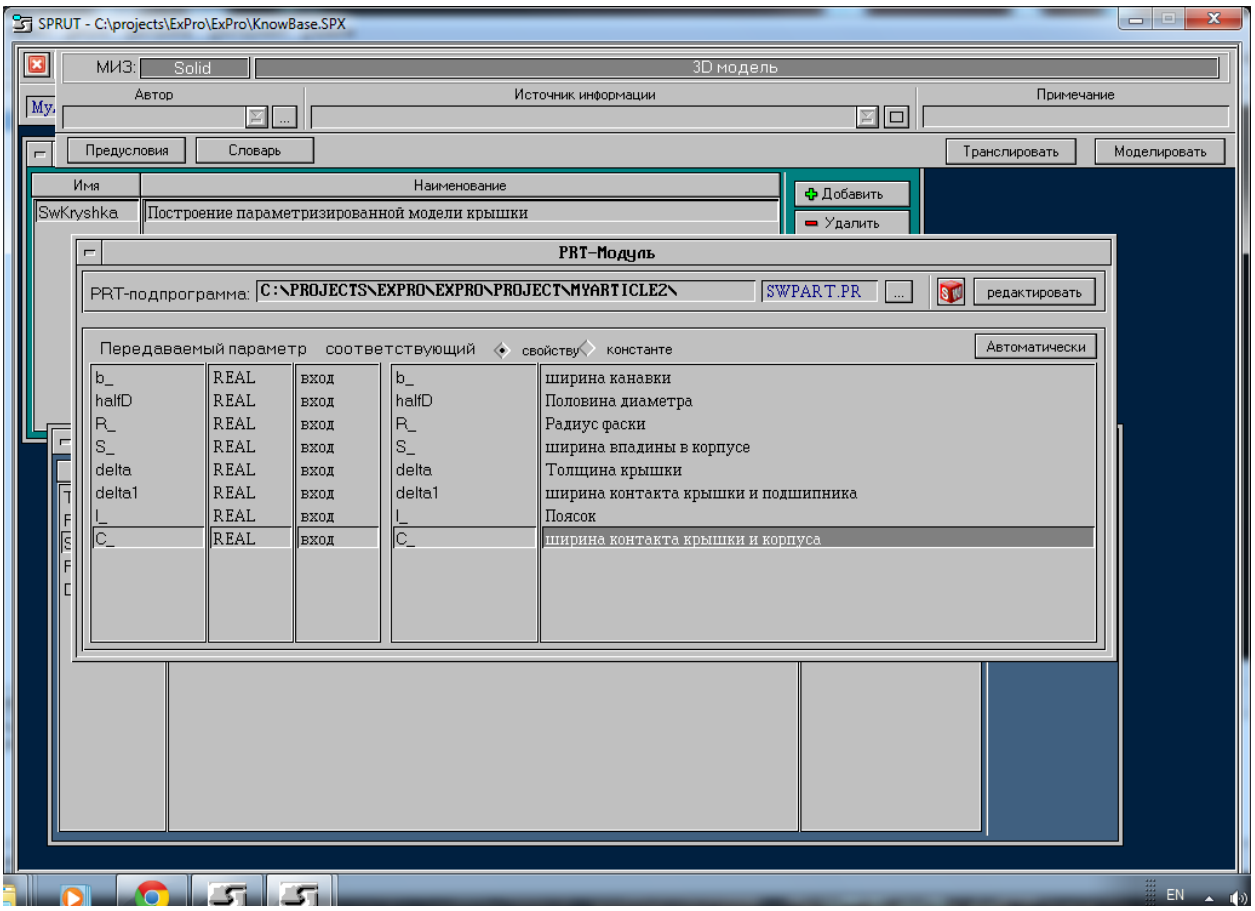

Рис. 37. Интерфейс модуля генерации 3D модели в системе Sprut ExPro

Интерфейс модуля генерации 3D модели в системе Sprut ExPro представлен на рис.37.

Заключение

Разработан метод формирования геометрических баз знаний, необходимый для создания интеллектуальных систем проектирования. Такие системы, работающие в полуавтоматическом режиме, обеспечивают наивысший уровень автоматизации типового вариантного проектирования мехатронных изделий.

Список литературы

[1]. Евгенев Г.Б. Интеллектуальные системы проектирования: учеб. пособие. 2-е изд., доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. 411 с.

[2]. Евгенев Г.Б., Гаврюшин С.С., Грошев А.В., Овсянников М.В., Шильников П.С. Основы автоматизации технологических процессов и производств: учебное пособие. В 2 т. Т. 1: Информационные модели. / Под ред. Г.Б. Евгенева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. 441с.

[3]. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие. 5-е изд., доп. М.: Машиностроение. 2004. 560 с.