

УДК 004/92

Построение сложных форм маховиков в Autodesk Inventor Professional 2011

*Кеворков С.С., студент
кафедра «Аэрокосмические системы»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Корнеева А.Г., старший преподаватель
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
moskalenko@bmstu.ru*

Введение

В процессе проектирования маховиков возникли проблемы при моделировании в компьютерной программе *Autodesk Inventor Professional 2011*. Основные проблемы связаны с тем, что маховики имеют сложную геометрическую форму и некоторые элементы формы не могут быть построены при помощи стандартных инструментов, предлагаемых программой *Autodesk Inventor 2011*. Маховики имеют определённую типизацию, которая описывается в ГОСТ 5260-75.

Типы и основные размеры маховиков по ГОСТ 5260-75

1. Маховики изготавливаются следующих типов:
 - плоский маховик с волнистым ободом;
 - плоский маховик с круглым ободом;
 - вогнутый маховик с волнистым ободом.
2. Основные размеры и параметры маховиков тира 1.
3. Маховик с овальной формой обода и спиц изготавливается по рабочим чертежам, утверждённым в установленном порядке.
4. Маховики типа 2 изготавливаются следующих исполнений:
 - А- с квадратным призматическим отверстием в ступице;
 - Б- с квадратным пирамидальным отверстием в ступице;
 - В- с цилиндрическим отверстием в ступице (для крепления на шпонках);

Г- с резьбой в ступице.

Маховики типа 3 бывают нескольких исполнений (А, Б и В).

5. Основные размеры и параметры маховиков типа 2.

6. Маховики типа 2 должны изготавливаться с прямыми спицами. Допускается изготавливать маховики типа 2 с изогнутыми спицами.

7. Основные размеры и параметры маховиков типа 3.

8. Для маховиков всех типов допускается изменять размеры: S, S1, d, d1, d2, b1 с установленным рядом размеров и рядом номинальных размеров по ГОСТ 6636-69; изменение количества спиц должно быть согласованно с заказчиком.

Пример условного обозначения маховика первого типа размерами: D=100 мм и S=9 мм:

Маховик 1-100 х 9 ГОСТ 5260-75

Далее рассмотрено проектирование в *Autodesk Inventor* маховиков первого типа (рис.1), поэтому таблицы маховиков второго и третьего типов в статье не приведены, с ними можно ознакомиться непосредственно в ГОСТ 5260-75. Размеры маховиков первого типа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Размеры маховиков Тип1

Диаметр маховика D	h1	Ступица				Спица			Ширина обода B1
		H	S	d1	d2	h2	b	Кол- во штук	
50	10	10	6;7	14	18	6	5	5	5
65				16	20	7	6		
80	12	12	7;9	18	22	10			6
100	14	14	7;9;11	22	26	11	7		7
120	16	16	9;11;14	26	30	12	8		8
140	18	18	11;14	32	36	13	9		9

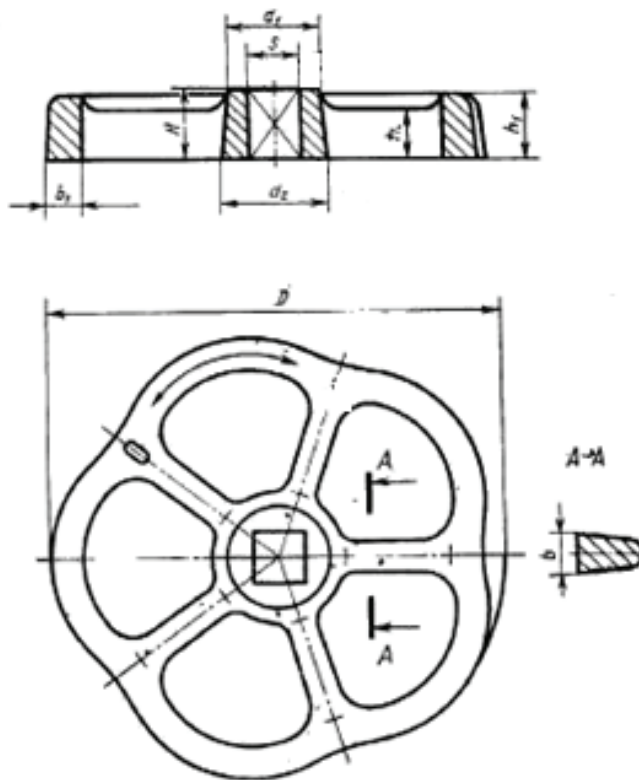


Рис. 1. Чертеж маховика Тип1

Создание модели в Autodesk Inventor Professional 2011

Для примера рассмотрим маховик с диаметром 100 мм. Данный маховик изготовлен посредством литья. Создадим модель маховика двумя способами.

Способ 1

Создаём деталь (Обычный (мм)).ipt

«Эскиз 1»

1. В плоскости «YZ» создаём «Эскиз 1» и изображаем в нём ступицу в сечении, как прямоугольную трапецию: верхнее основание $d1/2$, нижнее основание $d2/2$, высота H . Замыкаем контур и принимаем эскиз.

2. Применяем к данному эскизу процедуру «Вращение». Ось вращения «Z» (рис 2).

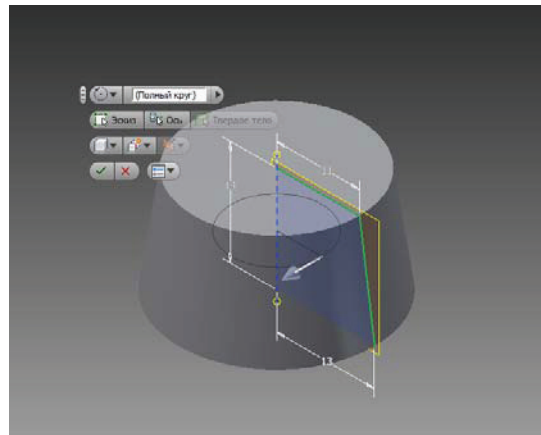


Рис. 2. «Вращение»

«Эскиз 2»

3. В плоскости нижнего основания конуса, получившегося в п.3, создаём «Эскиз 2», на котором изображаем спицы и обод. Сначала проецируем геометрию верхнего основания конуса. После чего откладываем от оси «Z» отрезок длиной $D/2$ по горизонтали. К прямой применяем инструмент «Круговой массив» (количество элементов 10, ось вращения «Z»). После чего фиксируем массив зависимостью «Фиксация».

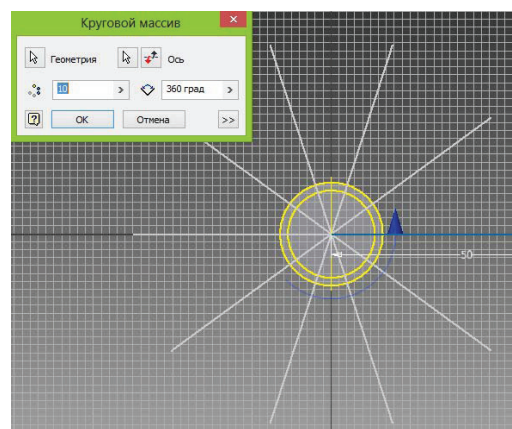


Рис. 3. «Круговой массив»

4. Заметим, что ГОСТ не регламентирует форму маховика: на чертеже (рис.1) не указаны радиусы дуг образующих внешний контур маховика. Поэтому выберем эти радиусы в соответствии с пропорциями маховика. В данном случае в качестве центров дуг приняты пересечения прямых, образующих круговой массив, и окружности, образующей нижнее основание конуса. Произвольным образом проведём две дуги, задающиеся центром

дуг сначала с прямой массива (ПМ.) лежащей на оси «Х» затем с окружностью образующей нижнее основание ступицы (НОС). У первой дуги одну из точек совместим с крайней точкой ПМ, лежащей на оси «Х», а другую с одной из ближних к ней ПМ (БПМ). Затем одну из точек второй дуги совместить с ПМ, лежащей на оси «Х». Расстояние между точками дуг, которые принадлежат оси «Х», должно быть равным b (рис 4).

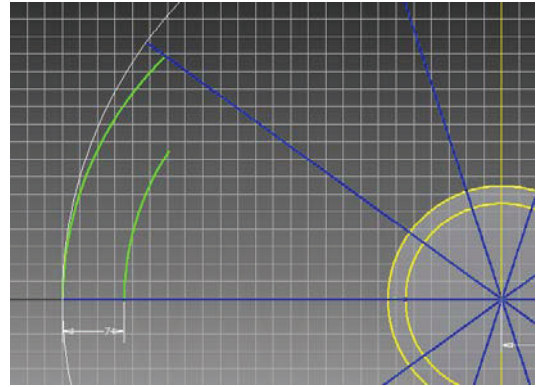


Рис. 4. «Совмещение»

5. Создаём произвольную прямую и накладываем на неё и БПМ зависимость «Параллельность». Одну из точек этой прямой совмещаем с окружностью, образующей верхнее основание ступицы (ВОС), а другую - с несовмещённой точкой второй дуги. Задаём расстояние от БПМ до прямой, равное $b/2$. Создаём «Сопряжение» между построенной прямой и второй дугой, радиус выбираем произвольно в соответствии с пропорциями маховика. Проводим дугу с центром в центре маховика от точки прямой совмещённой с ВОС до оси «Х» (рис 5).

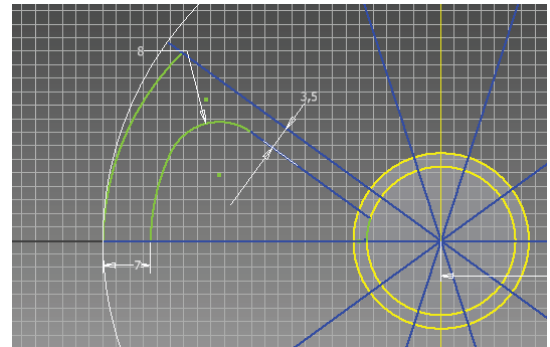


Рис.5. «Параллельность»

6. Применяем инструмент «Симметричное отображение» к прямой и трём дугам, в качестве оси симметрии выбираем ось «Х» (рис. 6).

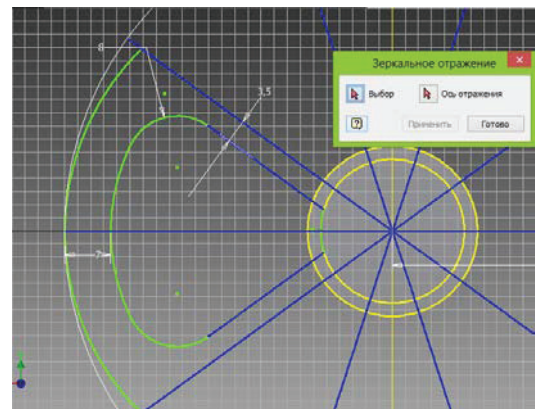


Рис. 6 «Симметричное отображение»

7. Применяем инструмент «Круговой массив» ко всем получившимся элементам включая те, которые копировали (количество элементов пять, ось вращения «Z») (рис.7).

8. Получаем контур маховика. Удаляем массив прямых, проекции оснований конуса, замыкаем внешний, и внутренние контуры принимаем эскиз (рис.8).

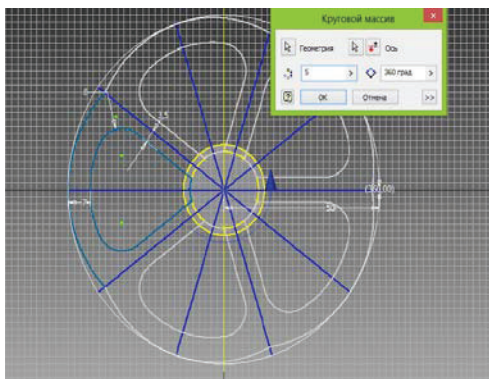


Рис. 7. «Круговой массив»

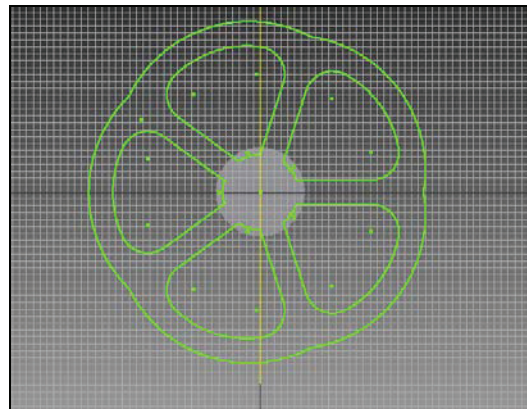


Рис. 8. Контур маховика

«Эскиз 3»

9. В плоскости «XZ» создаём «Эскиз 3» на него проецируем образующие и верхнее основание конуса ступицы, а также основание спицы. Наибольшее основание трапеции лежит в плоскости ВОС. Высота трапеции равна $h_1 - h_2$. Наклонная сторона совпадает с образующей конуса ступицы. Длина наибольшего основания равна длине основания спицы. Замыкаем контур. Принимаем эскиз (рис. 9)

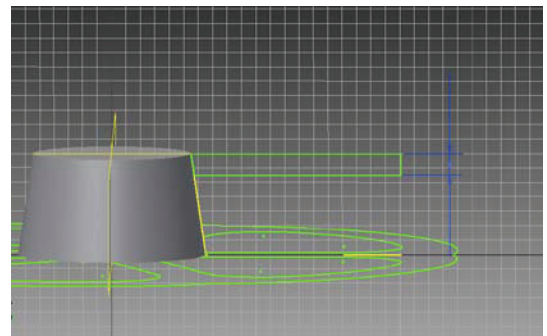


Рис. 9. «Эскиз 3»

10. К «Эскизу 2» применяется процедура «Выдавливание» (Высота выдавливания h_1) (рис.10).

11. К «Эскизу 3» применяется процедура «Вращение» (Вычитание, ось вращения «Z»)(рис.11).

На чертеже маховика (рис.1) задана геометрическая форма сечения спицы, размеры которой отсутствуют. Поэтому в данном случае размеры задаются произвольно. Для создания необходимой геометрической формы необходимо к верхним граням спиц применить процедуру «Фаска» (задаётся двумя размерами, одним из этих размеров является h_2 , второй выбирается произвольно, но в промежутке от

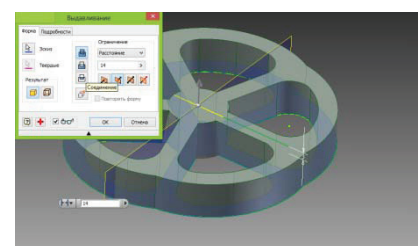


Рис. 10. «Выдавливание»

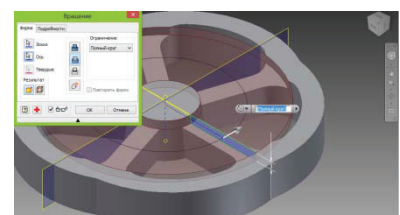


Рис. 11. «Вращение»

b/2 до b)(рис.12). К получившимся верхним граням спиц применяем процедуру «Сопряжение» (радиус сопряжения равен разности $b/2$ и второго размера фаски) (рис.12).

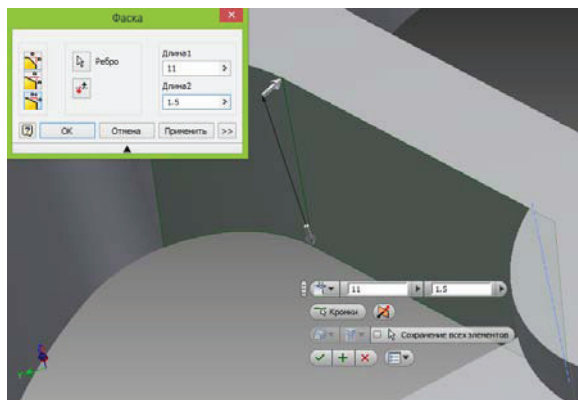


Рис. 12. «Фаска»

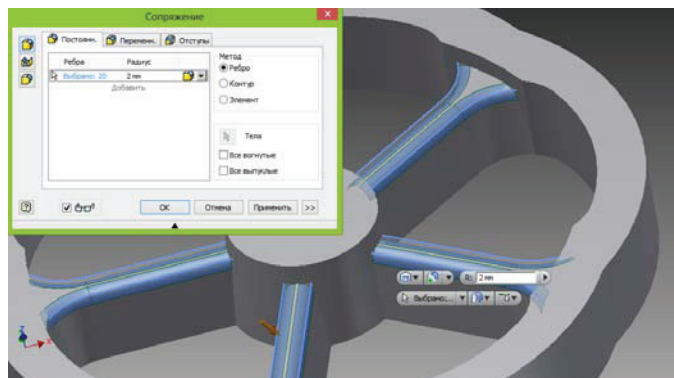


Рис. 13. «Сопряжение»

13. Обод в сечении имеет форму прямоугольной трапеции, поэтому к внешней грани маховика применяем процедуру «Фаска» (задаётся двумя размерами, одним из этих размеров является $h1$, второй выбирается произвольно в соответствии с пропорциями маховика). Многие радиусы сопряжений не указаны, поэтому проставляются произвольно в соответствии с формой и размерами маховика. Например: радиусы сопряжений спиц и ступицы равны $H-h2$, а спиц и обода $h1-h2$. Остальные радиусы на данной модели взяты произвольно. Все действия производятся при помощи операции «Сопряжение».

«Эскиз 4

14. Создаём «Эскиз 4» в плоскости ВОС. Проделываем отверстие в ступице. Задаём необходимую геометрию. Замыкаем контур и . принимаем эскиз. Применяем к полученному эскизу процедуру «Выдавливание» (На всю высоту ступицы). Получившийся маховик показан на рис.14.

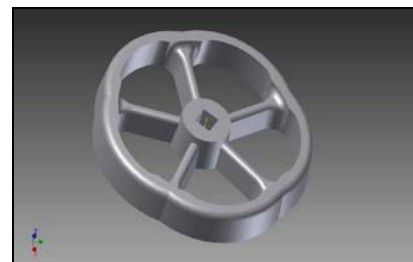
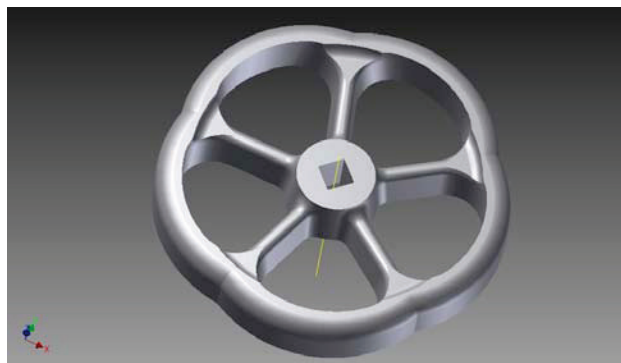


Рис. 14. Изображение маховика по способу 1



Изображение маховика по способу 1

Способ 2

1. Повторяем операции из пунктов 1,2,3 и 4 из первого способа.

2. Проведём только дугу большого радиуса из пункта 5, затем применим к ней инструменты «Симметричное отображение» и «Круговой массив» аналогично тому, как это сделано в пункте 7. Получаем контур маховика. Удаляем массив прямых, проекции оснований конуса, замыкаем контур, принимаем эскиз (рис.15).

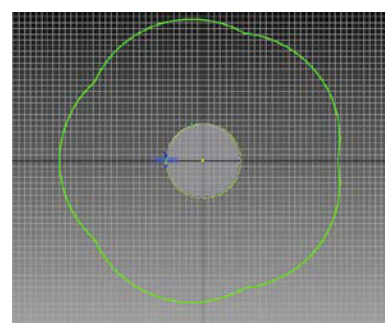


Рис. 15. Эскиз маховика

3. Сечение обода представляет собой прямоугольную трапецию. В плоскости «YZ» создаём «Эскиз 3» и изображаем в нём обод в сечении, как прямоугольную трапецию: верхнее основание произвольно, нижнее основание b_1 , высота h_1 . Нижнее основание трапеции лежит в плоскости НОС. Замыкаем контур и принимаем эскиз (рис.16).

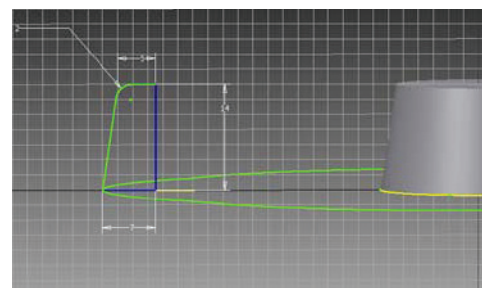


Рис. 16. Сечение обода

4. Параллельно плоскости «YZ» на расстоянии больше $d_2/2$ но меньше $D-b_1$ создаём «Рабочую плоскость», в которой создаём «Эскиз 4» и изображаем в нём сечение спицы, показанное на чертеже 1. Замыкаем контур. Принимаем эскиз (рис.17).

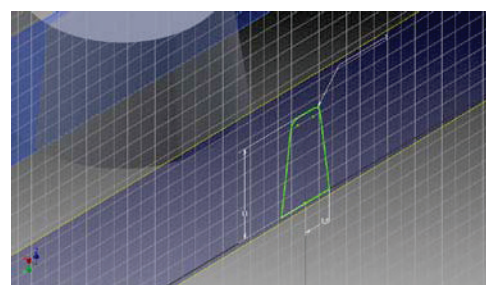


Рис. 17. «Рабочая плоскость»

5. Применяем процедуру «Сдвиг». В качестве эскиза выбираем «Эскиз 3», а в качестве траектории кривую, полученную в пункте 2 (рис. 18).

6. Применяем процедуру «Выдавливание» к «Эскиз 4» (Выдавливание «Между» боковой поверхностью ступицы и наружной боковой поверхностью обода) (рис. 19).

7. Применяем инструмент «Круговой массив» к получившейся спице (В качестве элемента выбираем спицу, ось вращения «Z», количество элементов пять) (рис. 20).

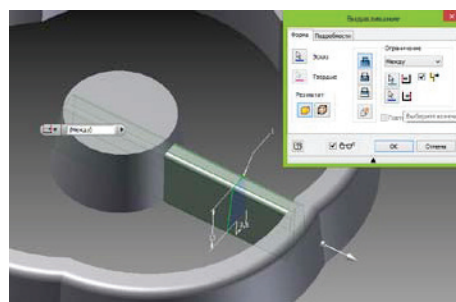


Рис. 18. «Сдвиг»

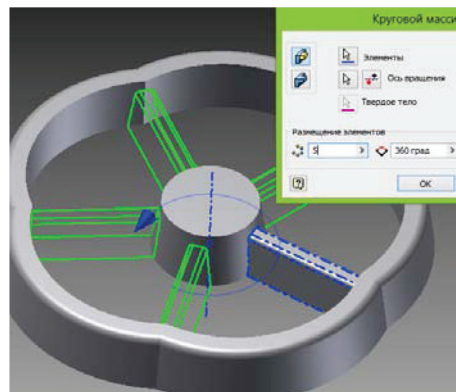


Рис. 20. «Круговой массив»

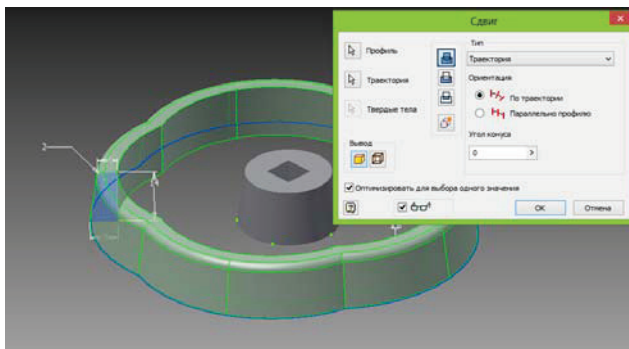
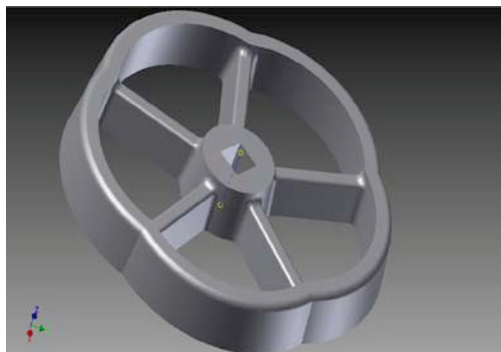


Рис. 19. «Выдавливание»

8. Многие радиусы сопряжений не указаны, поэтому проставляются произвольно в соответствии с формой и размерами маховика. Например: радиусы сопряжений спиц и ступицы равны $H-h_2$, а спиц и обода h_1-h_2 . Остальные радиусы на данной модели взяты произвольно. Все действия производятся при помощи операции «Сопряжение».

9. Повторяем операции из пункта 10 первого способа.

Вместо «Эскиз 4» создаём «Эскиз 5».



Изображение маховика по способу 2

Выводы

Предложенные методы построения выгодно отличаются от ранее использованных в других программах и могут применяться для построения твердотельных моделей любых других деталей сложных форм. При этом отпадает необходимость в трудоемких операциях создания и построения сложных геометрических тел.

Порядок создания твердотельных моделей позволит упростить создание чертежей деталей сложных форм.

Полученные результаты позволят студентам успешнее выполнять учебные задания, помогут в будущей профессиональной конструкторской работе, в освоении новых программ.

Список литературы

1. Орлов П.И. Основы конструирования Москва “Машиностроение”, 1972, С.38-40
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя Москва “Машиностроение”, 1979, С.617-620
3. Способы решения некоторых задач курса “Начертательная геометрия” деп.№380-86 от 16.04.86 1986, выпуск 8 /Корнеева А.Г. [и др.] С.1-20
4. ГОСТ 5260-75 Маховики чугунные для трубопроводной арматуры Москва 1986, с.8
5. ГОСТ 31.0101.01-89 Детали управления. Маховички, рукоятки вращающиеся, ручки, кнопки. Общие технические условия Москва 1989, с.5
6. ГОСТ 14741-69 Рукоятки штурвальные. Конструкция Москва 1969, с.7