

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Л.А. ЧЕМПИНСКИЙ, Н.Д. ПРОНИЧЕВ

**ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ
АВИАЦИОННОГО РЕДУКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
3D-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ БАЗ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Учебное пособие

САМАРА
Издательство СГАУ
2010

УДК 681.3; 744(075)

Рецензент: к.т.н, доцент. Иващенко В.И.

Чемпинский Л.А., Проничев Н.Д.

Формирование моделей цифровой модели авиационного редуктора с использованием 3D-параметрических баз типовых деталей: учебное пособие / Чемпинский Л.А., Проничев Н.Д. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та., 2010. – 63 с.: 76 ил.

ISBN

Рассмотрена принципиальная схема использования параметрических баз данных типовых деталей авиационного редуктора, реализованная в среде ADEM. Изложена концепция создания и использования параметрических моделей применительно к деталям аэрокосмической техники. Приведен практический пример использования программы ADEM для создания объемной сборки авиационного редуктора.

Учебное пособие предназначены для студентов направления 16 01 00 и должны использоваться при выполнении лабораторной работы.

УДК 681.3; 744(075)

ISBN

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

1. Исходные данные для моделирования	6
2. Разработка параметрической модели детали типа «вал-шестерня»	7
3. Создание параметрического контура зуба эвольвентного профиля.....	19
4. Разработка параметрической модели детали типа «стакан»	26
5. Сборка редуктора.....	35
5.1. Сборка входного вала	35
5.2 Сборка промежуточного вала.....	45
5.3 Сборка планетарной ступени	49
5.4 Сборка выходного вала	54
5.5 Позиционирование входного и промежуточного валов	57
5.6 Позиционирование промежуточного вала и планетарной ступени....	59
5.7 Позиционирование планетарной ступени и выходного вала	61

Цель работы – освоение методики создания параметрических геометрических моделей типовых деталей машин и баз данных таких моделей в среде CAD/CAM/CAPP системы ADEM v.8.1 и получение практического опыта использования параметрических баз данных для создания объемной модели авиационного редуктора.

Введение

Идея разработки первых САПР в машиностроении заключалась в ликвидации рутинного труда проектировщика. Известно, что в то время доля рутинной работы, связанная с необходимостью выпуска технической документации вручную (конструктор чертил карандашом на кульмане, технолог тушью заполнял формы всевозможных карт) превышала 80%.

С появлением первых САПР доля рутинного труда проектировщика увеличилась. Например, конструктор кроме необходимости создать эскиз, должен был уметь составлять, редактировать, отлаживать программы вычерчивания плоских контуров на графопостроителе.

В новое время, с появлением персональных компьютеров и САПР, функционирующих в интерактивном режиме, появилась новая задача. Теперь конструктору, в частности для выпуска необходимой документации, необходимо предварительно создать 3D модель проектируемой конструкции. Процесс построения 3D модели изделия (в номинальных размерах, не говоря уже о необходимости редактирования ее поверхностей, например, на середину поля допуска для изготовления по ней деталей) порой занимает не меньше времени, чем традиционное вычерчивание вручную.

Ответ на вопрос: «Как сделать, чтобы конструктору не приходилось много чертить, а технологу – писать?» - в использовании параметрических геометрических моделей, по крайней мере, типовых деталей. Суть параметрического геометрического моделирования состоит в возможности автоматического изменения геометрии модели

в зависимости от изменения пользователем величины значений, определяющих ее геометрических параметров.

Такой подход позволяет не только значительно снизить долю рутинного труда проектировщика, но нацелить его на реализацию не менее важных задач, связанных с необходимостью назначения технических требований на изготовление, сборку, доводку спроектированных изделий.

Существенные достоинства параметрического моделирования состоят в обеспечении возможностей:

- резкого снижения трудоемкости объемного и плоского геометрического моделирования изделий и их деталей, за счет выбора из базы данных параметрической модели с нужной конфигурацией и изменению ее размеров до требуемых значений;

- реализации актуальной задачи перерасчета геометрических параметров детали на середину поля допуска для изготовления ее на оборудовании с ЧПУ;

- параметрического технологического проектирования, когда элементы проектируемого технологического процесса (операционные размеры и эскизы, модель технологической оснастки, управляющая программа) привязаны к параметрической модели объекта проектирования, и имеется возможность автоматического и/или автоматизированного их изменения в соответствии с изменением геометрии параметрической модели объекта;

- сквозного проектирования.

1. Анализ конструкции деталей группы;
2. Формирование комплексного (типового) представителя группы деталей;
3. Построение исходных (плоских) контуров для создания объемной модели;
4. Простановка размеров (координация поверхностей);
5. Построение параметрической модели комплексного представителя;
6. Построение объемной модели с помощью выполнения операций над контурами;
7. Создание электронной таблицы и внесение в нее информации из конструкторского чертежа детали;
8. Написание алгоритма расчета параметрических размеров с использованием данных чертежа, оформление таблицы расчета;
9. Подключение таблицы значений параметрических размеров к параметрической модели, запись параметрического фрагмента.

2. Разработка параметрической модели детали типа «вал-шестерня»

1. Валы-шестерни представляют собой детали типа тел вращения. Конструкция рассматриваемых деталей представляет собой комбинацию гладких цилиндрических шеек, фланцев, шлицевых элементов, резьбы, отверстий, зубчатых венцов, канавок, проточек, пазов и других элементов. Валы-шестерни являются среднегабаритными деталями длиной 200-250 мм и диаметром зубчатого венца 100-150 мм (значения модуля m лежат в пределах 3...6 мм). Все детали являются облегченными (полыми).

Представители рассматриваемой группы изображены на Рис. 2

базы А и Б, поскольку они определяют положение вала в узле, а также создают ось вала. Поэтому к геометрическим характеристикам и взаимному расположению рассматриваемых поверхностей предъявляются высокие технические требования:

- точность выполнения размера: в пределах 6 качества точности (с допуском $\sim 0,016$ мм),
- точность формы: допуск цилиндричности $0,004 \dots 0,005$ мм,
- точность взаимного расположения: допуск соосности: $0,016 \dots 0,02$ мм;
- требования к качеству: шероховатость $Ra\ 0,8$.

Вспомогательными конструкторскими базами являются торцы заплечиков для установки внутренних колец подшипников; к ним предъявляются высокие требования по расположению:

- допуск торцевого биения относительно базового пояска не более $0,01$ мм,
- шероховатость $Ra\ 1,6$.

Рабочими поверхностями вала-шестерни являются поверхности зубьев зубчатого венца и шлицевого соединения, по которому устанавливается зубчатое колесо. Значения модулей зубьев лежат в пределах от 2,5 до 6, количество зубьев $20 \dots 30$. Требуемая точность зубчатого венца 7-B, допуск радиального биения делительной окружности венца относительно конструкторских баз составляет $0,04$ мм, требуемая толщина цементационного слоя $h_d = 0,4 \dots 0,8$ мм. Шероховатость рабочих поверхностей зубьев $Ra\ 0,8$. Допуск радиального биения делительной окружности зубьев шлиц относительно конструкторских баз равен $0,02$ мм, количество зубьев $20 \dots 25$, значения модулей 1,5 и 2 мм.

Свободные поверхности (наружные и внутренние цилиндрические и торцы) выполняются с точностью, соответствующей 12 качеству точности, с шероховатостью $Ra\ 6,3$ мкм.

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or hub, showing dimensions and tolerances. The drawing includes a central section with a large rectangular cutout and two smaller rectangular cutouts on either side. The part is shown in a cross-sectional view with hatching indicating the material. Dimensions are given in millimeters (mm) and include tolerances (e.g., ± 0.02 , ± 0.04 , ± 0.01). The drawing also includes a table of dimensions and tolerances at the top right.

Symbol	Value	Unit
$\pm$	0.02	mm
$\pm$	0.04	mm
$\pm$	0.01	mm

Key dimensions and tolerances shown in the drawing:

- Top surface tolerance: ± 0.02 mm
- Left side surface tolerance: ± 0.04 mm
- Right side surface tolerance: ± 0.01 mm
- Central cutout width: ± 0.04 mm
- Central cutout height: ± 0.01 mm
- Left side cutout width: ± 0.02 mm
- Left side cutout height: ± 0.02 mm
- Right side cutout width: ± 0.02 mm
- Right side cutout height: ± 0.02 mm
- Overall length: ± 0.02 mm
- Overall width: ± 0.02 mm
- Overall height: ± 0.02 mm

3. Основным исходным контуром является профиль заготовки типового представителя. Он представляет собой комбинацию элементарных поверхностей – цилиндрических и конических – посадочных поясков под внутренние кольца подшипников, участков под шлицы, участка для образования зубчатого венца, канавок, фасок (Рис.4)

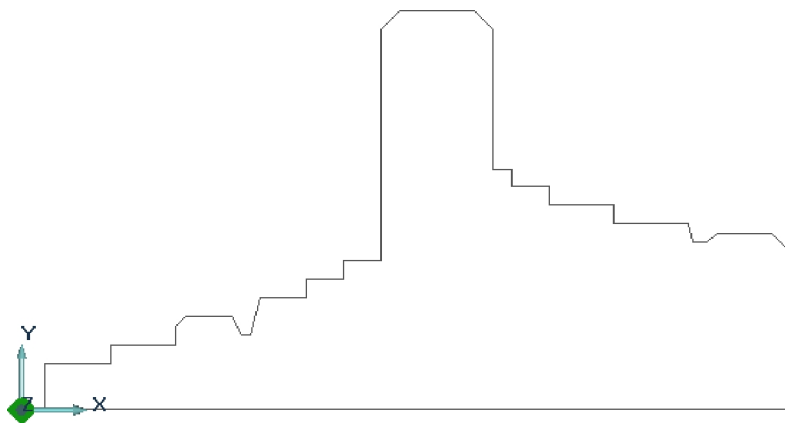


Рис.4. Контур заготовки

4. Для организации расчета параметрических размеров обозначим и нанесем на эскиз размеры контура заготовки (Рис. 5)

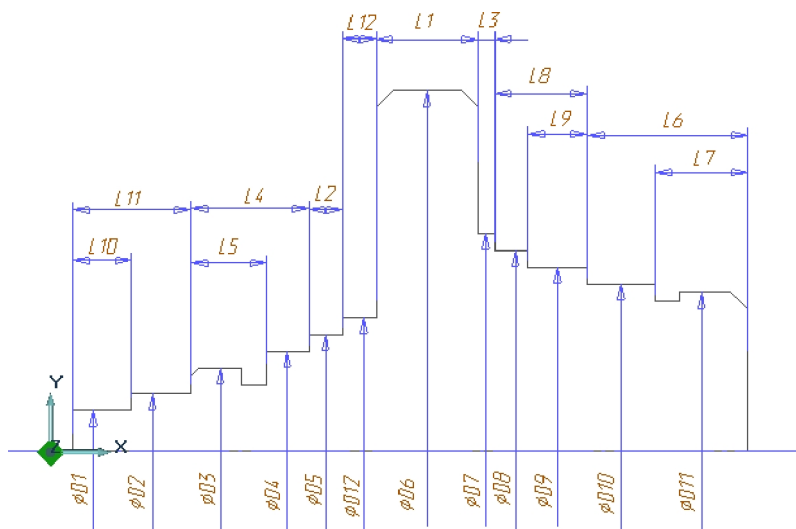


Рис.5. Обозначение поверхностей заготовки

На следующей стадии необходимо координировать каждую элементарную поверхность в двух направлениях (Рис.6). В CAD модуле ADEM это делается автоматически с помощью функции «Автомат размеров». При этом в качестве точки привязки выбираем начало абсолютной системы координат.

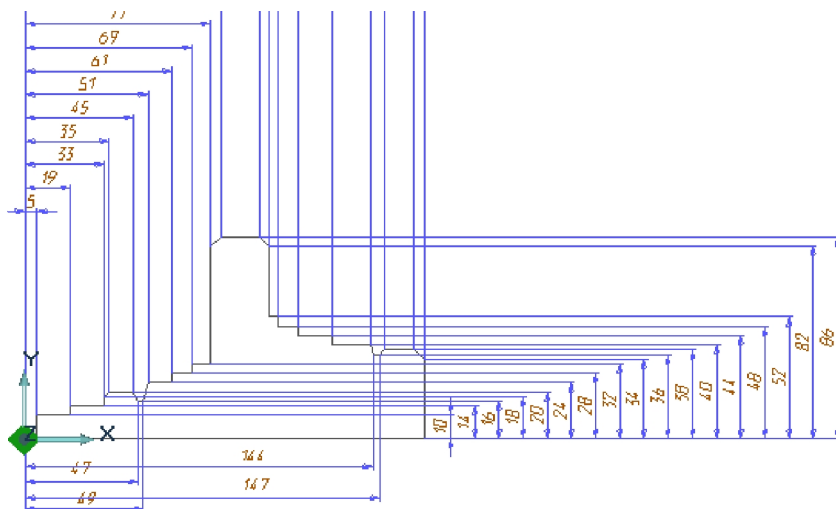


Рис.6. Образмеривание контура

5. Теперь последовательно осуществим параметризацию размеров. Для этого в главном меню выберем: «Параметризация», «Создание/изменение плоской прм». На запрос системы «Выберите размер» укажем нужный размер. После того, как подсветится первый конец размерной линии и появится запрос системы «Выберите 2D узлы», выбираем те узлы, которые должны быть связаны с первым концом размерной линии (узлы соответствующей элементарной поверхности). Когда они подсветятся красным цветом, для завершения выбора нажимаем Esc. При этом возле размерной линии появится номер параметрического размера. Для несимметричного изменения размера относительно первого конца размерной линии нажмите среднюю кнопку мыши или Esc на клавиатуре после того, как

подсветится конец размерной линии. Все размеры нашего контура изменяются несимметрично – положение начала координат неизменно.

Пункт 5 повторяем столько раз, сколько размеров имеет контур. В результате все размеры станут параметрическими и получают свой номер (Рис.7):

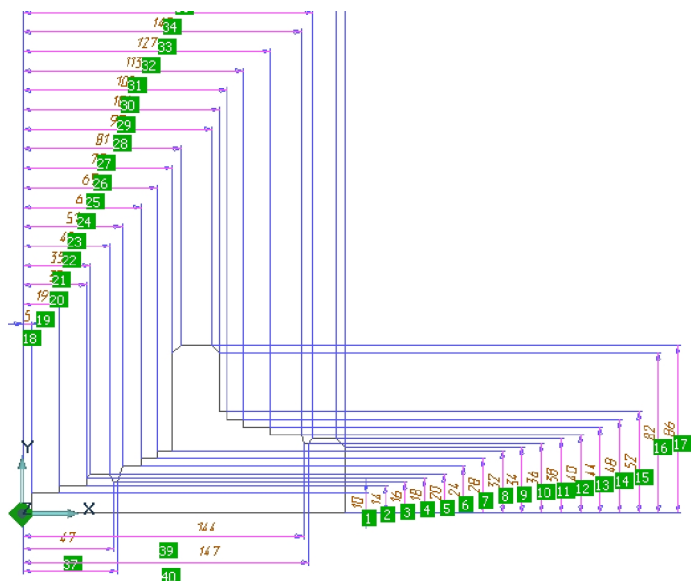


Рис.7. Результат параметризации контура заготовки

6. С помощью функции «Вращение» панели «3D объекты» создаем объемную модель заготовки вала и сохраняем ее как файл «заготовка.adm».

7. Подготовим таблицу, которая будет подключаться к объемной модели, и, согласно числовым значениям в которой, будет меняться ее геометрия. Такая таблица подготавливается в книге Microsoft Excel. Эта книга должна состоять из 4 листов.

Первый лист представляет собой табличную форму (Рис. 8), в ячейки которой заносится информация из конструкторского чертежа детали, согласно выбранной схеме простановки конструкторских размеров (Рис.9-1 и 9-2)).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Зубчатый венец						* - В зав. от серии												
2		<i>m</i>	<i>z</i>	<i>b</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>h</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>Lo1</i>	<i>Lp1</i>	<i>Lo2</i>	<i>Lp2</i>	<i>Dp1</i>	<i>Dp2</i>	<i>c</i>	<i>Df</i>	<i>c2</i>	<i>Df2</i>
3	1	3	30	66	45	45	3	15	96	36	16	36	16	42	42	2,5	39,7	2,5	39,7
4	2	6	20	65	50	50	4	15	105	38	18	38	18	48	48	2,5	45,7	2,5	45,7
5	3	3	28	77	55	55	4	8	96	38,5	12,5	38,5	12,5	52	52	2,5	49,7	2,5	49,7
6	4	3	30	60	45	45	4	15	90	37	18	35,5	16	42	42	2,5	39,7	2,5	39,7
7																			

Рис.8. Форма внесения данных в ячейки первого листа

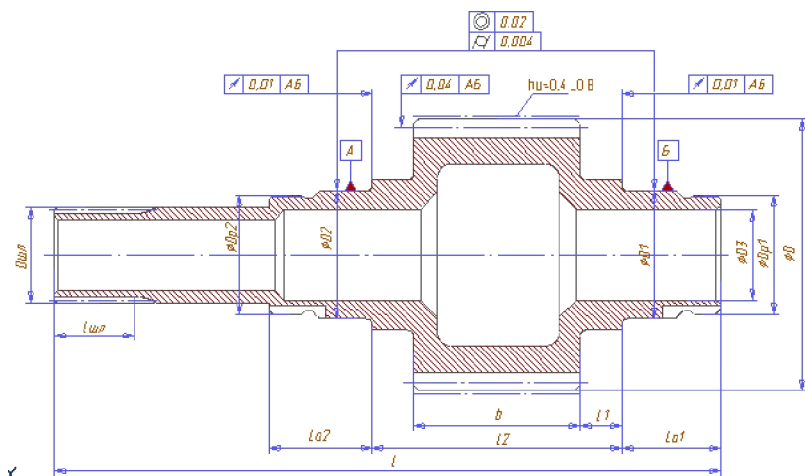


Рис.9-2. Схема входного вала редуктора

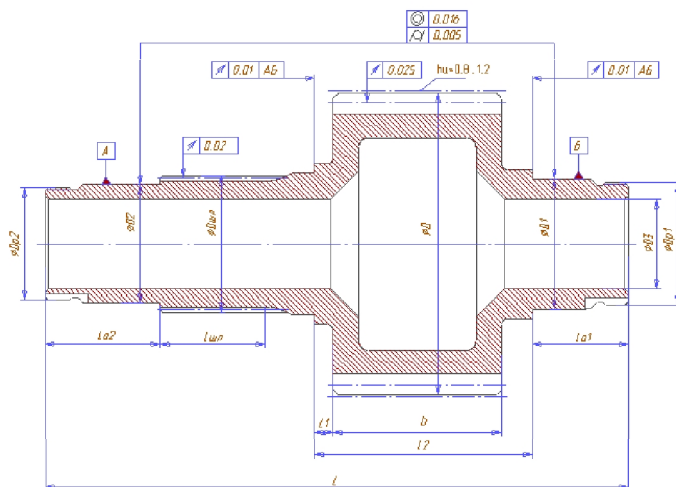


Рис.9-2. Схема промежуточного вала редуктора

Основные параметры заготовки:

m , z , b – модуль, количество зубьев и ширина зубчатого венца;

D_1 , D_2 – посадочные диаметры под подшипники;

L_{P1} , L_{P2} , D_{P1} , D_{P2} - длины и диаметры участков под резьбу;

$L_{шл}$, $D_{шл}$ – длина и диаметр шлицевого соединения;

Если в конструкторском чертеже детали отсутствует какой-либо элемент, задаваемый одним из параметров, то данному параметру должно быть присвоено значение 0.

В ячейках 2-го листа (Рис.10) содержатся значения параметров контура (см. Рис. 5), вычисляемые с помощью данных 1 листа:

A2		Лист11У3*(Лист11У3-1,4)															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	D1	D2	D3	D4	D5	D12	D6	D10	D11	D9	D8	D7	f1	f2	c		
2	29.2	34	42	45	51	51	100	45	42	45	45	51	1.5	4			
3	36.9	41	48	50	58	58	136	50	48	50	50	58	1.5	4			
4	39.2	44	52	55	63	63	94	55	52	55	55	63	1.5	4			
5	29.2	34	42	45	53	53	100	45	42	45	45	53	1.5	4			
6	29.2	34	42	45	51	51	100	45	42	45	45	51	1.5	4			
7	36.9	41	48	50	58	58	136	50	48	50	50	58	1.5	4			
8	39.2	44	52	55	63	63	94	55	52	55	55	63	1.5	4			
9	29.2	34	42	45	53	53	100	45	42	45	45	53	1.5	4			

Рис. 10. Форма внесения данных в ячейки второго листа

В ячейках 3-го листа содержатся значения параметрических размеров, которые вносятся в таблицу, привязанную к геометрической модели. Эти значения рассчитываются процессором MS Excel с использованием данных, содержащихся во 2-м листе.

Размеры канавок для выхода резца при нарезании резьбы определяются автоматически из таблицы, размещенной на 4-м листе, в зависимости от диаметра резьбы.

8. Запишем объемную параметрическую модель заготовки вала в архив фрагментов (заготовка.cat) (Рис.11)

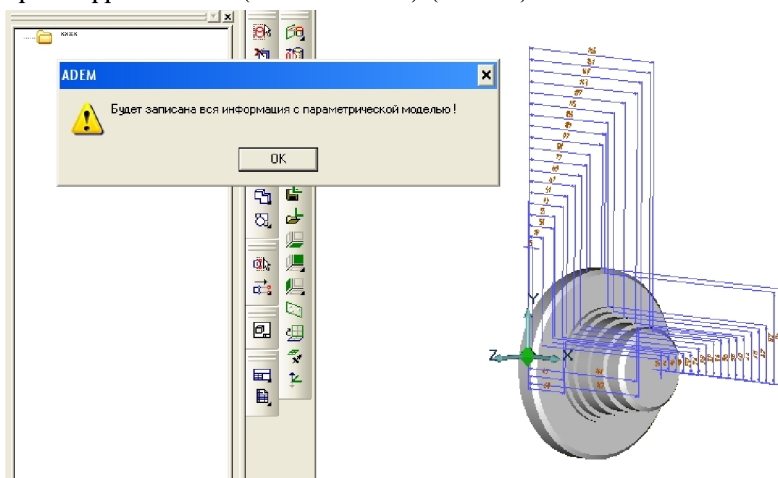


Рис.11. Запись параметрической модели

Подключим к ней таблицу значений параметрических размеров (Рис. 12, 13, 14,15)

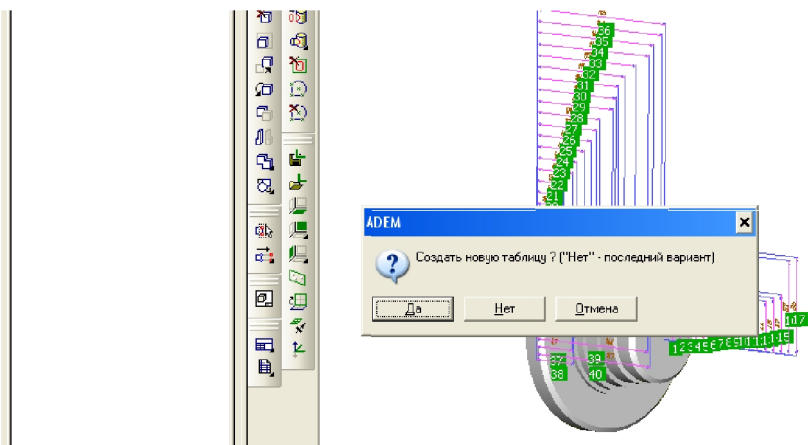


Рис. 12. Подключение таблицы к параметрической модели

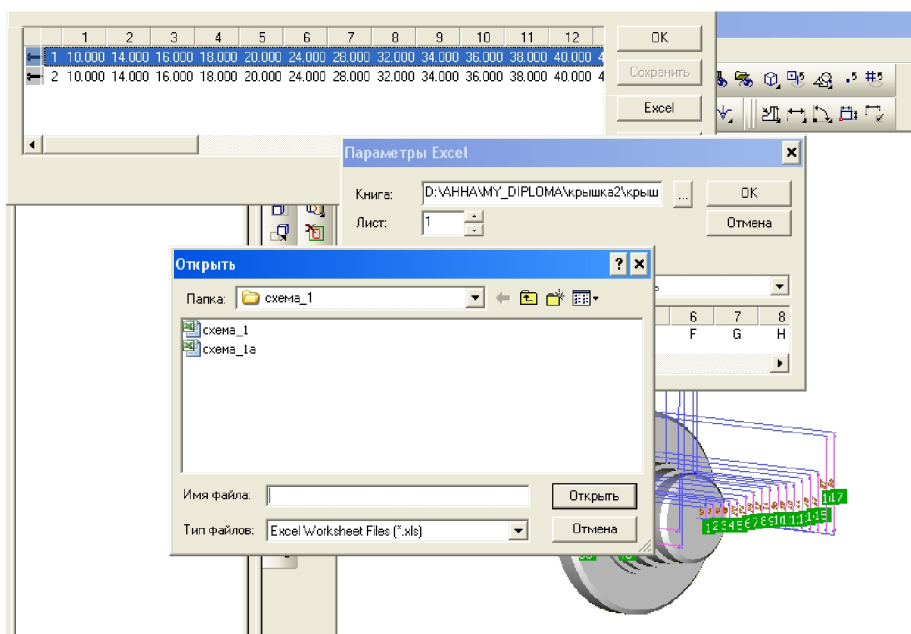


Рис.13. Выбор табличного файла со значениями параметрических размеров

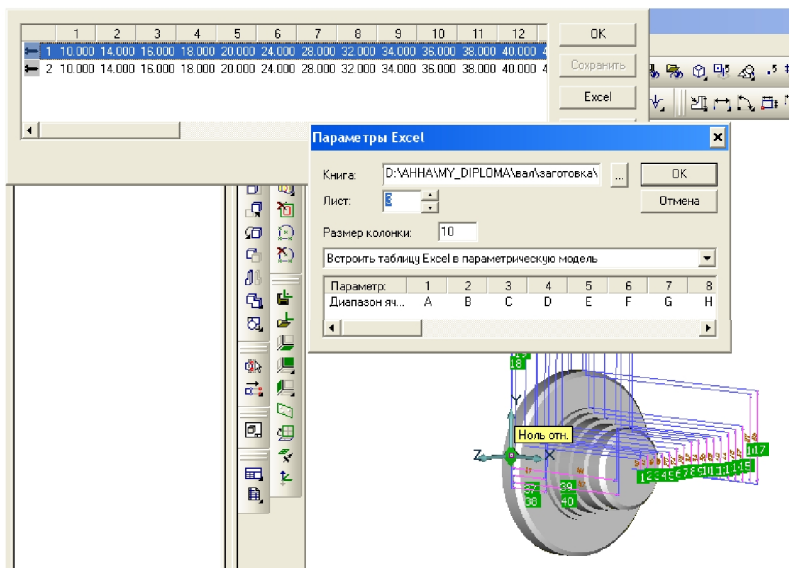


Рис.14. Указание номера подключаемого листа книги

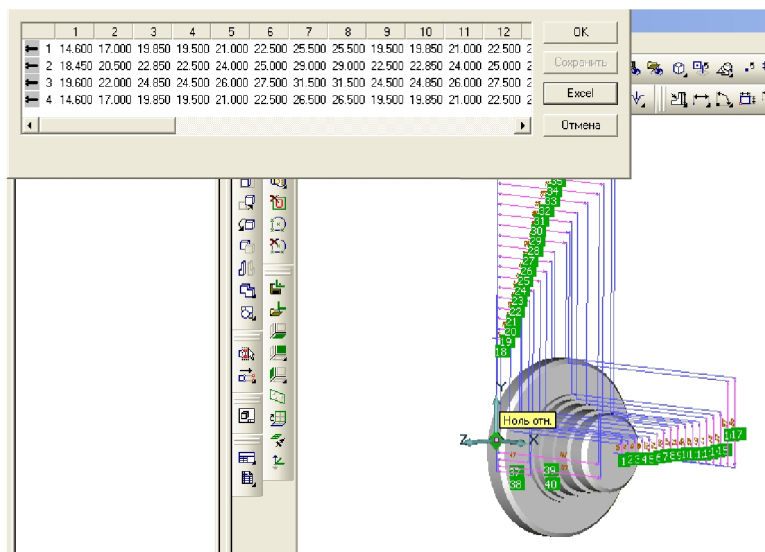


Рис.15. Параметрическая модель с таблицей значений параметрических размеров

В результате теперь, чтобы получить объемную модель заготовки, нужно выполнить «Чтение фрагмента», указав нужный фрагмент (заготовка.cat) и строку в таблице значений, соответствующую нужному варианту заготовки. При выборе различных строк модель перестраивается в соответствии со значениями параметрических размеров, содержащихся в ней (Рис.16).

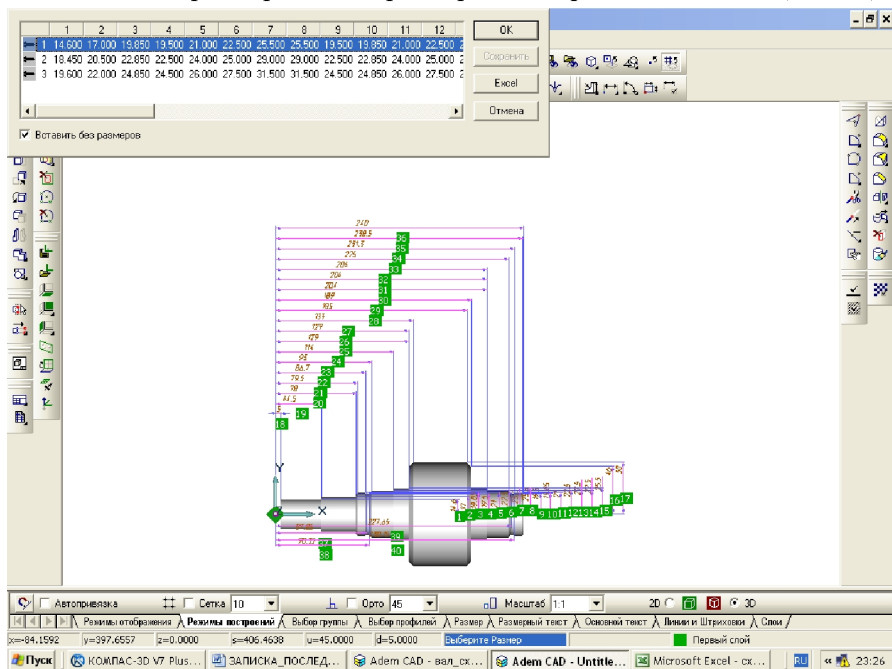


Рис.16. Получение модели заготовки с помощью параметрической модели

3. Создание параметрического контура зуба эвольвентного профиля

Для того, чтобы из модели заготовки вала получить модель вала-шестерни с зубчатым венцом с произвольными значениями заданных параметров (модуль m , количество зубьев z), необходимо построить параметрический контур зубчатого венца эвольвентного профиля. Контур зубчатого венца можно построить, имея профиль одного зуба, с использованием операции «Угловое копирование» на угол равный

360°/z. Следовательно, задача сводится к построению параметрической модели контура одного зуба эвольвентного профиля.

Исходный геометрический объект – параметризованная ломаная линия (в виде отрезка), состоящая из 22 точек (Рис.17), положение каждой из которых координируется 2 размерами, относительно начала координат.

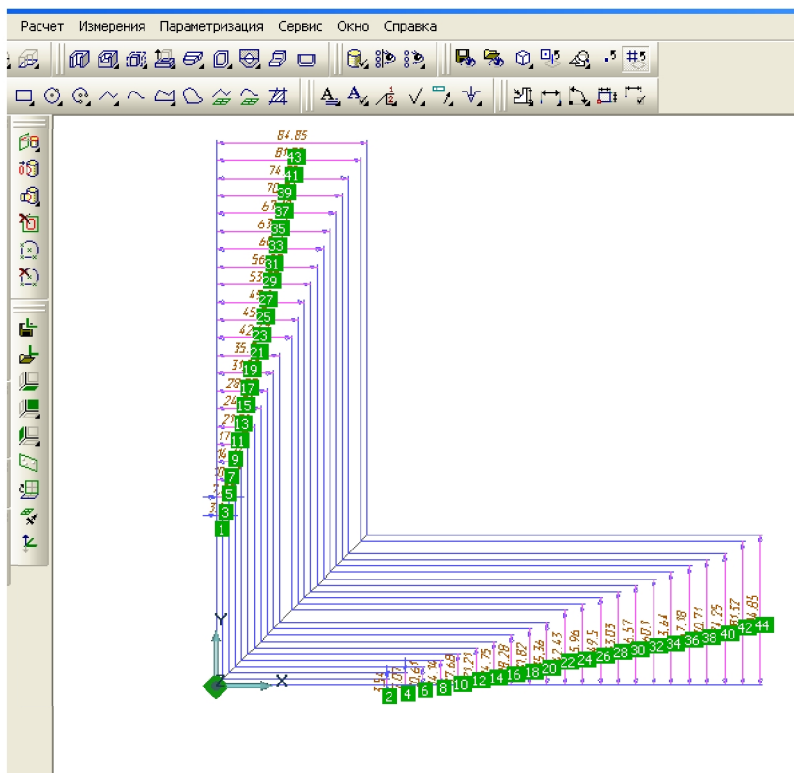


Рис.17. Исходная ломаная для построения контура зуба эвольвентного профиля

Из этих точек построим контур зуба (Рис.18).

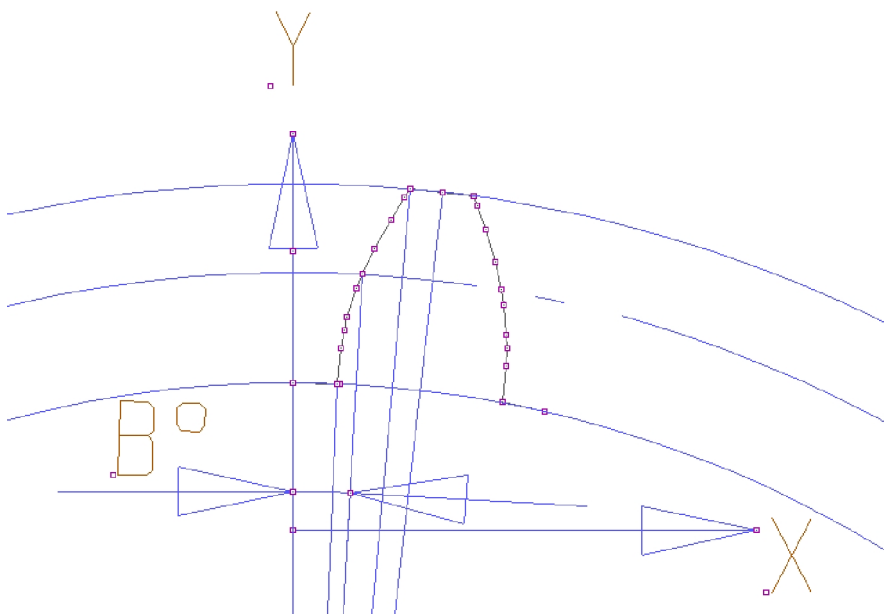


Рис.18. Контур зуба

Исходными данными тут являются:

m - модуль;

z - число зубьев;

α - угол зацепления.

Выведем формулы для каждой из 22 точек (табл.1).

Таблица 1-Расчет координат точек контура

№ точ- ки	Координата X	Координата Y
1	0	$D_f/2$
2	$0,5D_f \sin(\beta - \text{inv}\alpha)$	$0,5D_f \cos(\beta - \text{inv}\alpha)$
3	$0,5 \cdot D_b \cdot \sin(\beta - \text{inv}\alpha)$, если $D_f < D_b$; x_2 – если $D_f \geq D_b$;	$0,5 \cdot D_b \cdot \cos(\beta - \text{inv}\alpha)$, если $D_f < D_b$; y_2 – если $D_f \geq D_b$;
4, 5, 6, 7	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \sin(\beta - \text{inv}\alpha + \text{inv}\alpha_i)$, если $D_f < D_b/\cos(\alpha_i)$;	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \cos(\beta - \text{inv}\alpha + \text{inv}\alpha_i)$, если $D_f < D_b/\cos(\alpha_i)$;

	x_2 – если $D_f > D_b/\cos(\alpha_i)$;	y_2 – если $D_f > D_b/\cos(\alpha_i)$;
8, 9, 10	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \sin(\beta - \text{inv}\alpha + \text{inv}\alpha_i)$, если $D_a > D_b/\cos(\alpha_i)$; x_{11} – если $D_a < D_b/\cos(\alpha_i)$;	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \cos(\beta - \text{inv}\alpha + \text{inv}\alpha_i)$, если $D_a > D_b/\cos(\alpha_i)$; y_{11} – если $D_a < D_b/\cos(\alpha_i)$;
11	$0,5D_a \cdot \sin(\beta - \text{inv}\alpha + \text{inv}\alpha_a)$	$0,5D_a \cdot \cos(\beta - \text{inv}\alpha + \text{inv}\alpha_a)$
12	$0,5D_a \cdot \sin(3\beta + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_a)$	$0,5D_a \cdot \cos(3\beta + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_a)$
13 - 15	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \sin(3\beta + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_i)$, если $D_a > D_b/\cos(\alpha_i)$; x_{12} – если $D_a < D_b/\cos(\alpha_i)$;	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \cos(3\beta + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_i)$, если $D_a > D_b/\cos(\alpha_i)$; y_{12} – если $D_a < D_b/\cos(\alpha_i)$;
16 – 19	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \sin(3\beta + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_i)$, если $D_f < D_b/\cos(\alpha_i)$; x_{21} – если $D_f < D_b/\cos(\alpha_i)$;	$0,5(D_b/\cos\alpha_i) \cdot \cos(3\beta + \text{inv}\alpha - \text{inv}\alpha_i)$, если $D_f < D_b/\cos(\alpha_i)$; y_{21} – если $D_f < D_b/\cos(\alpha_i)$;
20	$0,5 \cdot D_b \cdot \sin(3\beta + 2\text{inv}\alpha)$, если $D_f < D_b$; x_{21} – если $D_f > D_b$;	$0,5 \cdot D_b \cdot \sin(3\beta + 2\text{inv}\alpha)$, если $D_f < D_b$; y_{21} – если $D_f > D_b$;
21	$0,5D_f \cdot \sin(3\beta + \text{inv}\alpha)$	$0,5D_f \cdot \cos(3\beta + \text{inv}\alpha)$
22	$0,5 \cdot D_b \cdot \sin 4\beta$	$0,5 \cdot D_b \cdot \sin 4\beta$

В формулах α_i – угол, задающий положение текущей точки относительно прямой, проходящей через точку (на основной окружности) и центр зубчатого венца.

Значения α_i , определенные в зависимости от значений модуля (m) приведены в табл. 2.

Таблица 2. Значения α_i

Значение Z	№ точек профиля						
	4,18	5,17	6,16	7,15	8,14	9,13	10,12
20-40	10	13	18	20	23	26	28
41-60	12	15	18	20	21	23	25
61-80	14	16	18	20	21	22	23
81-100	15,5	17,5	19	20	20,5	21	22

Формулы таблицы 1 заносятся в ячейки 2-го листа (Рис.19), окончательные значения координат точек контура содержатся в ячейках 3-го листа (Рис.20).

Microsoft Excel - профиль1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Справка

Введите формулу

ИТО

А B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

Рис.19. Расчет координат точек контура

Microsoft Excel - профиль1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Справка

Введите формулу

AR1

А B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

Для того чтобы построить контур зубчатого венца, используя созданный параметрический фрагмент, необходимо вызвать этот фрагмент, выбрать значения m и z , а затем, используя угловое копирование, создать контур венца (Рис.21).

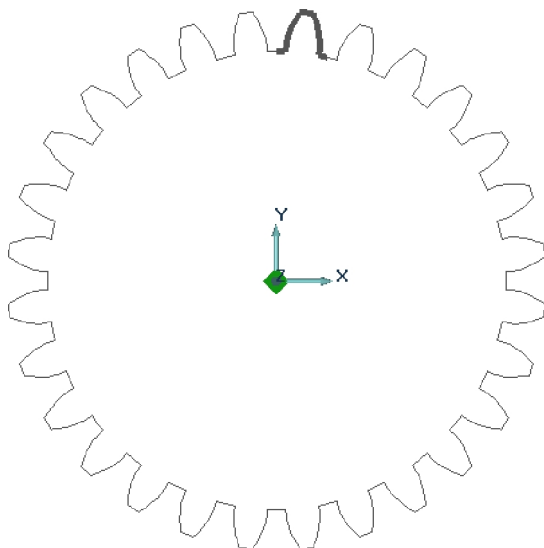


Рис. 21. Создание контура зубчатого венца копированием

Создание зубчатого венца на заготовке вала осуществляется при помощи функции «Извлечение тела» (Рис.22).

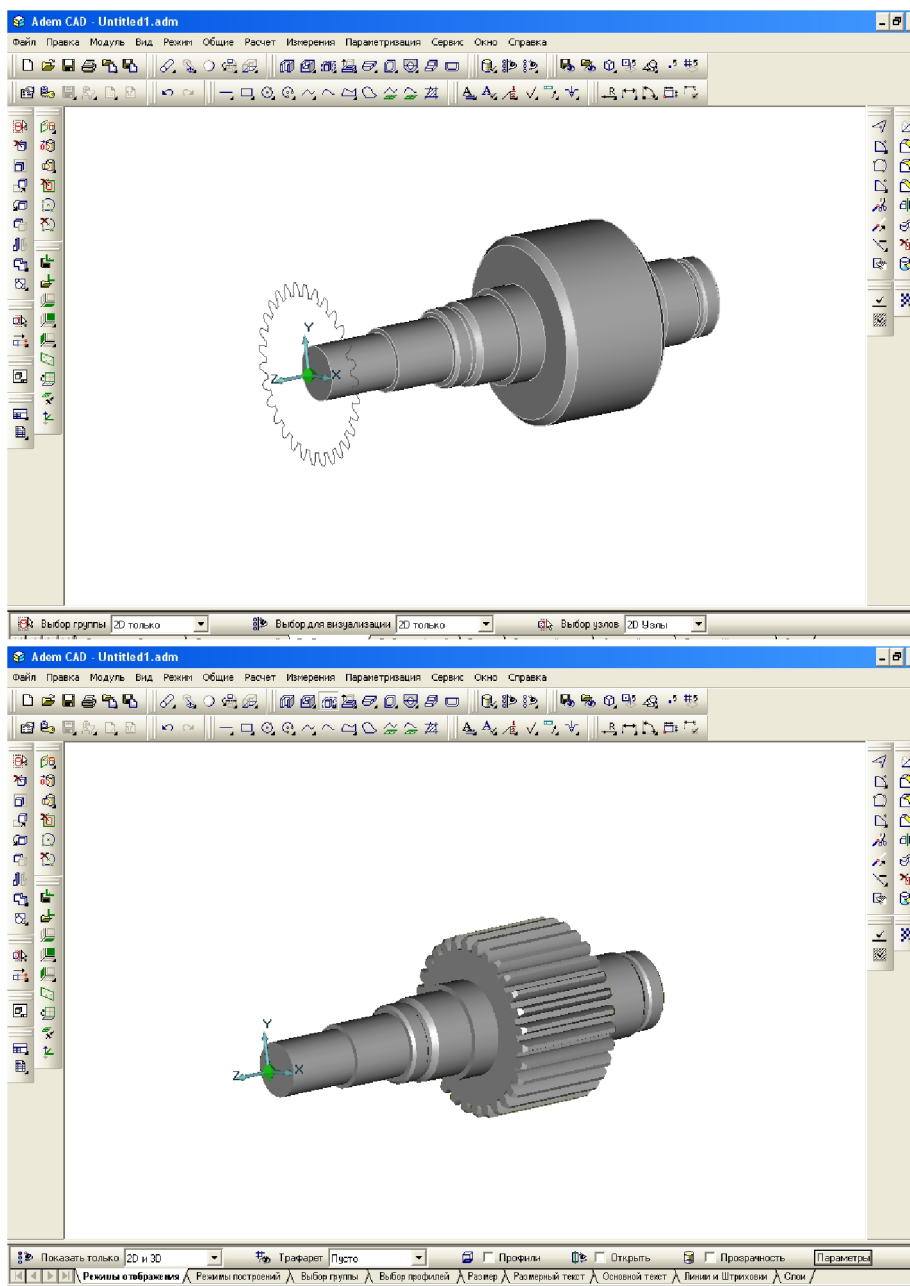


Рис.22. Построение объемной модели вала с зубчатым венцом

Затем последовательно создаются параметрические фрагменты шлицов, внутренней полости вала, а также пазов. Результат представлен на рис.23.

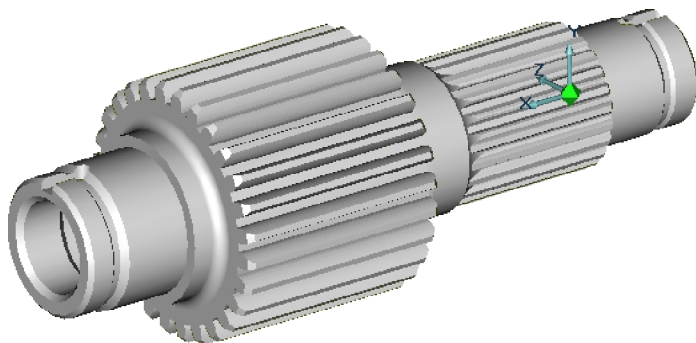


Рис.23. Модель вала - шестерни

4. Разработка параметрической модели детали типа «стакан»

1. Стаканы подшипников предназначены для более точной ориентации подшипника в корпусных деталях, а так же передачи усилий от подшипника на корпус. Кроме того, необходимость установки стакана объясняется действием циклических нагрузок от неуравновешенных вращающихся масс, передаваемых посредством подшипника на корпус, а также низкой износостойкостью материалов корпусных деталей. Как правило, стаканы подшипников работают при благоприятных температурных режимах и умеренных осевых и радиальных нагрузках.

По основным конструктивным признакам и функциональному назначению стаканы относятся к классу деталей типа втулок (Рис. 24)

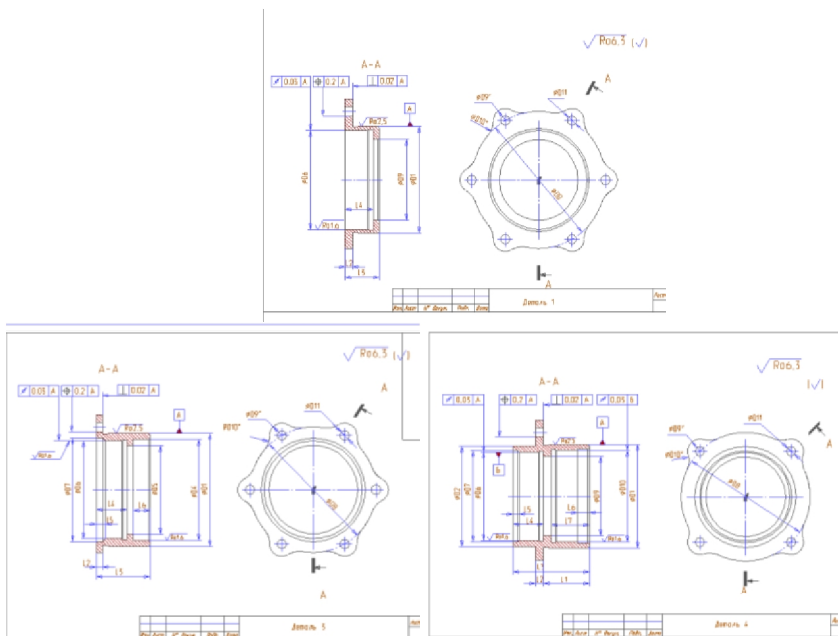


Рис.24. Стаканы подшипников

В конструкции рассматриваемых стаканов подшипников можно выделить два элемента: фланец для крепления стакана к корпусной детали и собственно корпус стакана. Фланец представляет собой плоскую поверхность сложной формы. Во фланце предусмотрены отверстия под шпильки или болты. Диаметр отверстий 6 – 8 мм. Корпус стакана представляет собой тело вращения. Наружная поверхность корпуса является базовой, по ней детали устанавливаются в корпус. Внутренние цилиндрические поверхности - рабочие поверхности, в них устанавливаются кольца подшипников. Эти поверхности имеют канавки для выхода шлифовального круга. Значения диаметров этих поверхностей лежат в пределах от 60 до 70 мм. Высота буртов 4 мм. Требования по точности и шероховатости поверхностей у всех деталей схожи. Конструкция деталей сформирована цилиндрическими и плоскими поверхностями. Все

поверхности являются простыми, доступными и достаточно протяженными. Чертеж типового представителя показан на Рис.25.

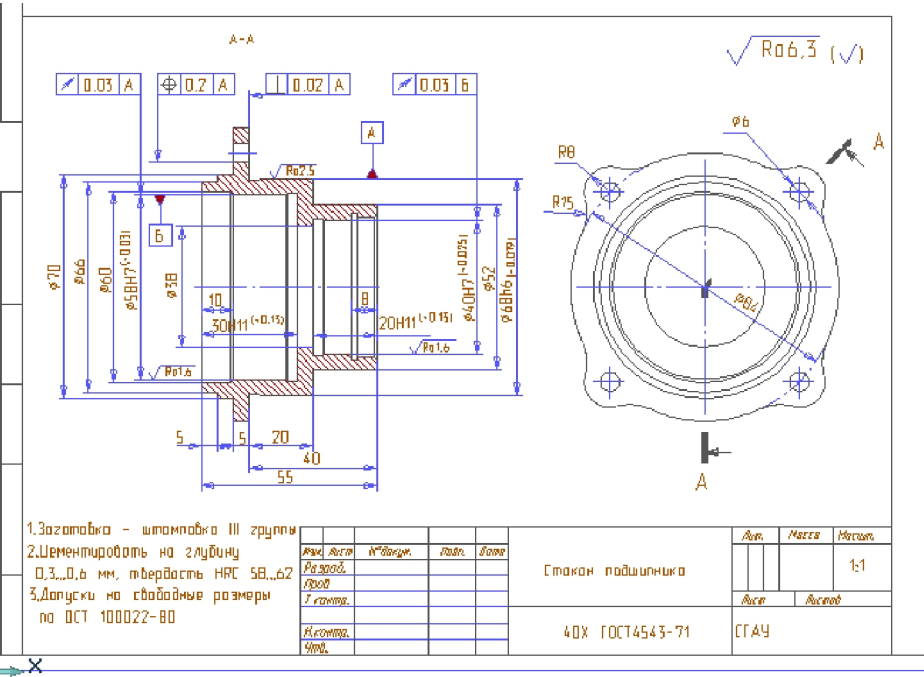


Рис. 25. Типовой представитель класса «стаканы подшипников»

2. Исходными контурами для построения объемной параметрической модели являются контур корпуса стакана (контур вращения) и контур фланца (контур смещения).

Контур корпуса стакана с обозначениями поверхностей представлен на Рис.26. Контур фланца – на Рис. 27.

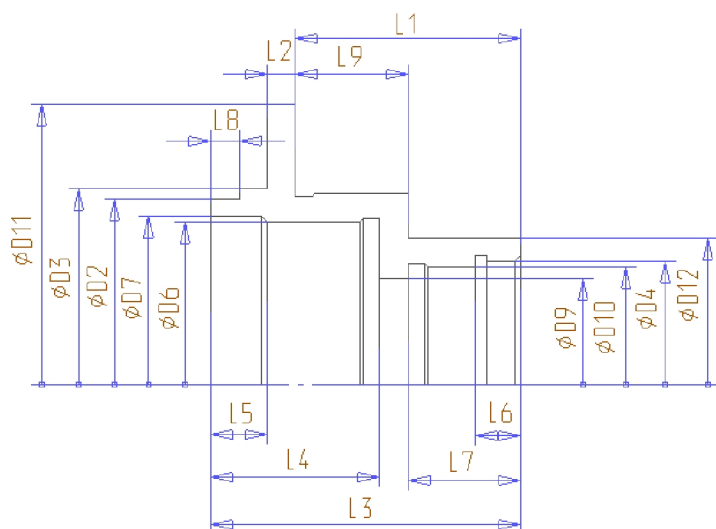


Рис.26. Контур корпуса стакана и его параметры

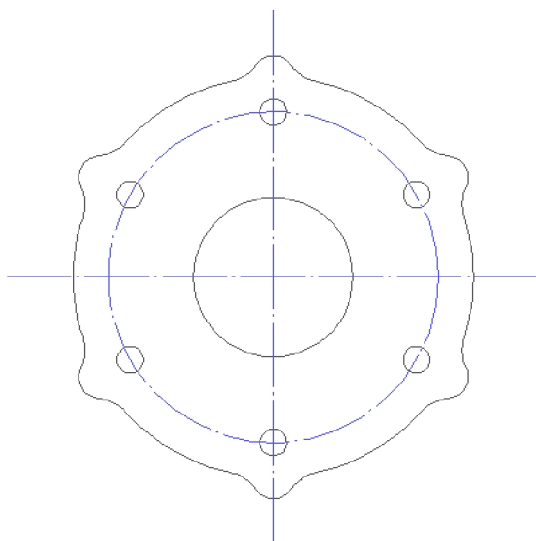


Рис.27. Контур фланца

3. Теперь координируем каждую элементарную поверхность в двух направлениях (Рис.28). Это делается автоматически с помощью функции «Автомат размеров». При этом в качестве точки привязки выбираем начало абсолютной системы координат. В результате получаем 2 «образмеренных» контура, расположенных в перпендикулярных плоскостях.

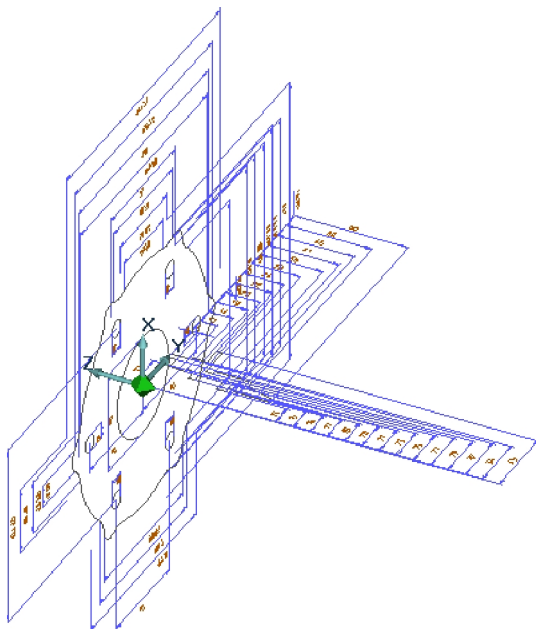


Рис.28. Простановка размеров

4. Следующий этап – создание параметрических размеров и построение объемной модели стакана. Объемная модель строится путем вращения контура корпуса и смещения контура фланца (Рис.29).

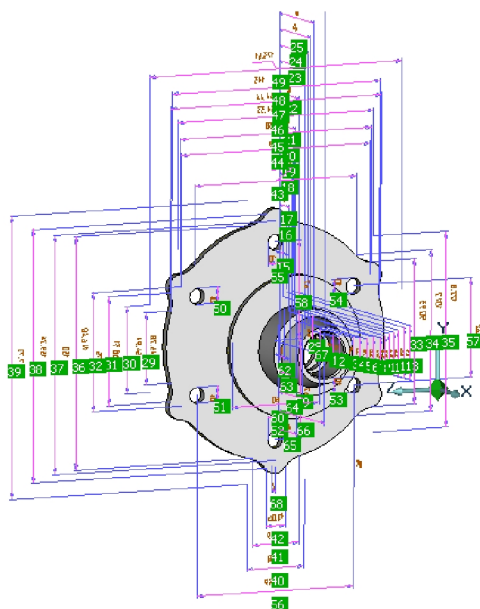


Рис.29. Объемная модель стакана

5. Подготовим таблицу, которая будет подключаться к объемной модели, и, согласно значениям величин в ячейках которой, должна будет меняться геометрия модели стакана. Книга Microsoft Excel должна состоять из 3-х листов.

Первый лист представляет собой табличную форму (Рис.30), в ячейки которой заносится информация из конструкторского чертежа детали (или классификационной таблицы деталей данного типа).

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка																			Введите вопрос...									
U5 f82 Анал Сут 12 Ж К У 100% 12 Ж К У 100% 12 Ж К У 100%																			12 Ж К У 100% 12 Ж К У 100% 12 Ж К У 100%									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T								
1	№ детали	D1	D2	L8	D4	D7	D6	D9	D10	D3	D12	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L9	D13								
2	типовой	68	66	5	44	60	58	38	42	70	52	40	4	55	30	10	8	20	20	46								
3	предоставитель	1	70	70	0	53	67	63	53	53	70	70	25	5	30	26	1	0	0	25	53							
4		2	78	80	0	70	74	72	64	70	80	78	25	5	34	10	1	7	20	25	72							
5		3	74	74	0	64	66	64	58	58	74	74	30	4	34	24	8	5	5	30	64							
6		4	68	68	16	62	60	58	52	80	66	68	30	4	50	20	5	8	25	30	62							
7		5	68	68	0	40	64	62	40	40	68	46	26	4	30	16	1	14	14	19	46							
8																												
9																												

Рис.30. Табличная форма внесения данных с чертежей деталей

В ячейках 2-го листа (Рис.31) содержатся значения параметров контуров (см. Рис. 26, 27), вычисляемых с помощью данных 1-го листа:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	hпрот	hпрот	D1	D2	D3	D4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11
2	3	0,5	68	66	70	44	43	58	60	52	38	42	
3	3	0,5	70	70	70	53	53	63	67	68	53	53	
4	3	0,5	70	80	80	70	71	72	74	76	64	70	
5	3	0,5	74	74	74	64	58	64	66	72	58	58	
6	3	0,5	68	66	66	62	61	58	60	66	52	60	
7	3	0,5	68	68	68	40	40	62	64	46	40	40	

Рис.31. Таблица значений параметров контура

В ячейках 3-го листа содержатся значения параметрических размеров, которые вносятся в таблицу, привязанную к геометрической модели. Эти значения рассчитываются процессором MS Excel с использованием данных, содержащихся во 2-м листе.

6. Теперь следует подключить таблицу 3-го листа к параметризованной объемной модели типового представителя, записать ее в файл фрагмента (стакан.cat) и на этом создание параметрической модели стакана можно считать завершенным. Для получения объемной модели любой детали типа «стакан» нужно вызвать фрагмент на открытие, выбрать строку в таблице, соответствующую нужной детали. При этом можно наблюдать, как перестраивается модель при выборе различных строк таблицы (Рис.32).

Если есть необходимость изменить значения только нескольких размеров, можно воспользоваться функцией «Изменение размеров ПРМ». Указав нужный размер, введя его новое значение, получим перестроение элемента, связанного с этим размером.

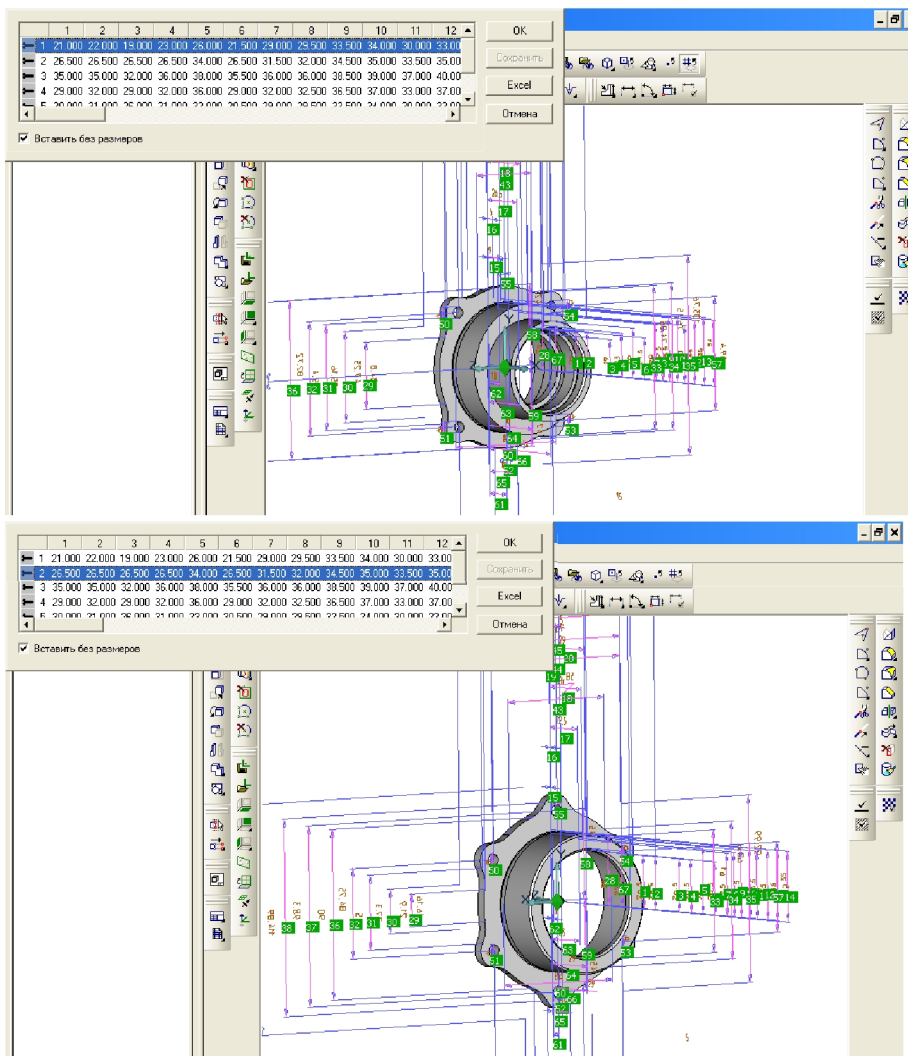


Рис. 32. Иллюстрация перестройки модели стакана

Помимо моделей валов и стаканов были созданы параметрические модели зубчатых колес и крышек. Все действия по их созданию аналогичны действиям, приведенным выше. Объемные

модели деталей, полученные с помощью параметрического моделирования, изображены на Рис. 33 и 34.

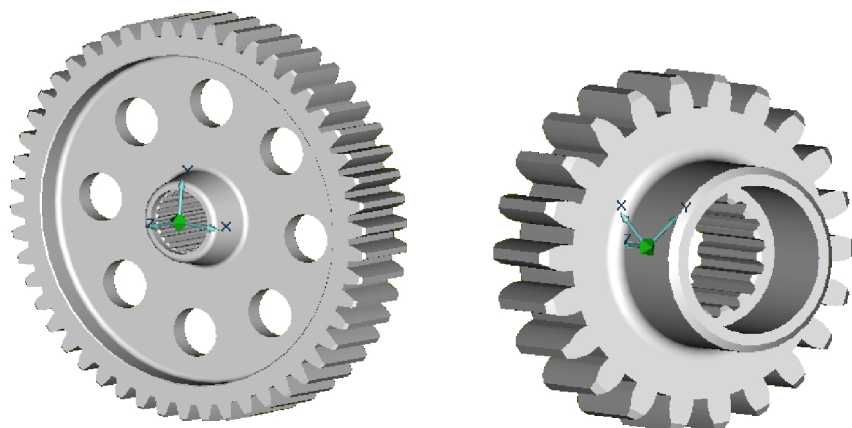


Рис.33. Модели зубчатых колес, полученные с помощью объемного параметрического моделирования

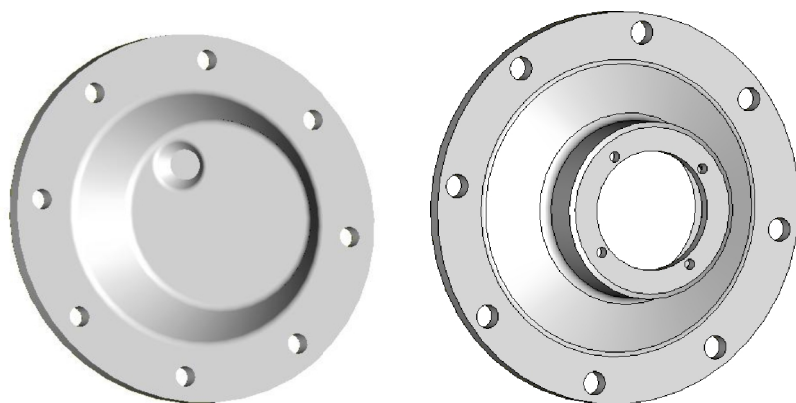


Рис.34. Модели крышек, полученные с помощью объемного параметрического моделирования

5. Сборка редуктора

Объемное моделирование сборки главного редуктора вертолета производим на основе созданных ранее в системе CAD/CAM/CAPP Adem v.8.1 параметрических моделей типовых деталей. Сборку производим в модуле AdemAssembly.

Последовательно собираем входящие в сборку редуктора сборочные единицы - входной, промежуточный и выходной валы:

-последовательно на каждом из валов устанавливаем подшипники, стопорные шайбы, прорезные гайки, стаканы, крышки и детали крепежа (шпильки, шайбы, гайки).

5.1. Сборка входного вала

1.С помощью указанных на Рис. 35 кнопок открываем файл, содержащий 3D модель входного вала.

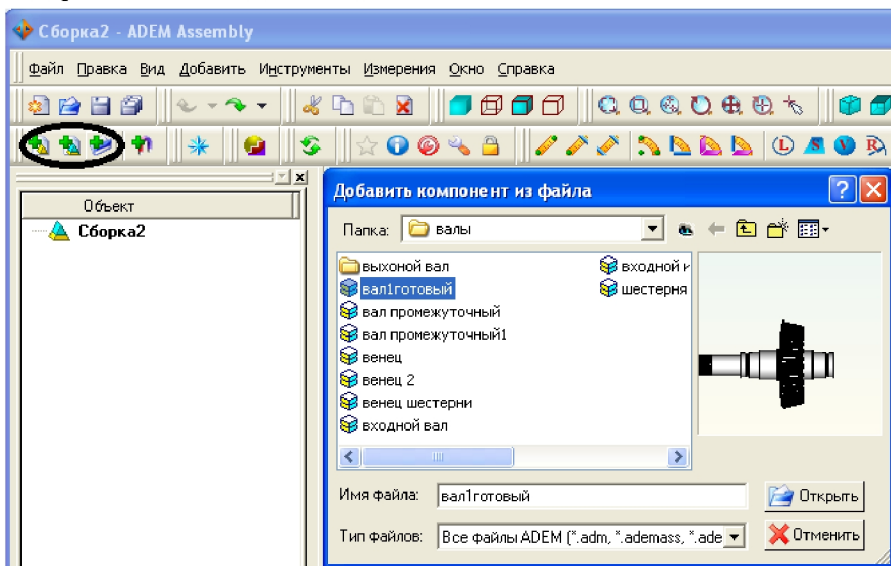


Рис.35. Добавление 3D модели входного вала

2.Чтобы привязать модель к началу координат, вводим $x=0$, $y=0$, $z=0$ на нижней панели экрана и нажимаем «Ввод» (Рис.36)

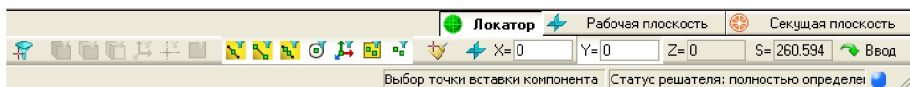


Рис. 36. Привязка модели входного вала к началу координат

3. Производим вставку модели, нажав на «галочку» (Рис. 37).

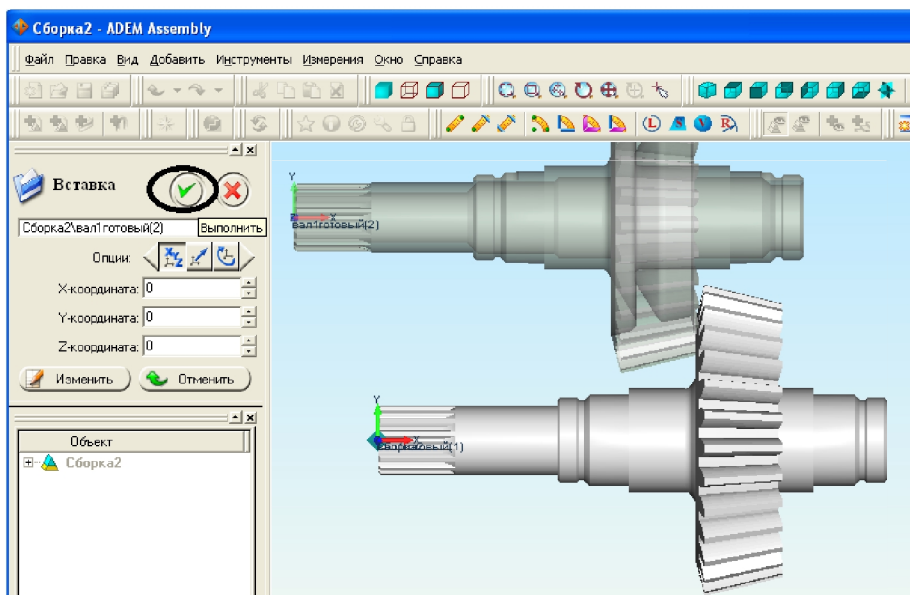


Рис.37. Вставка модели

4. Вызываем первый подшипник входного вала и помещаем на свободное поле чертежа (Рис. 38).

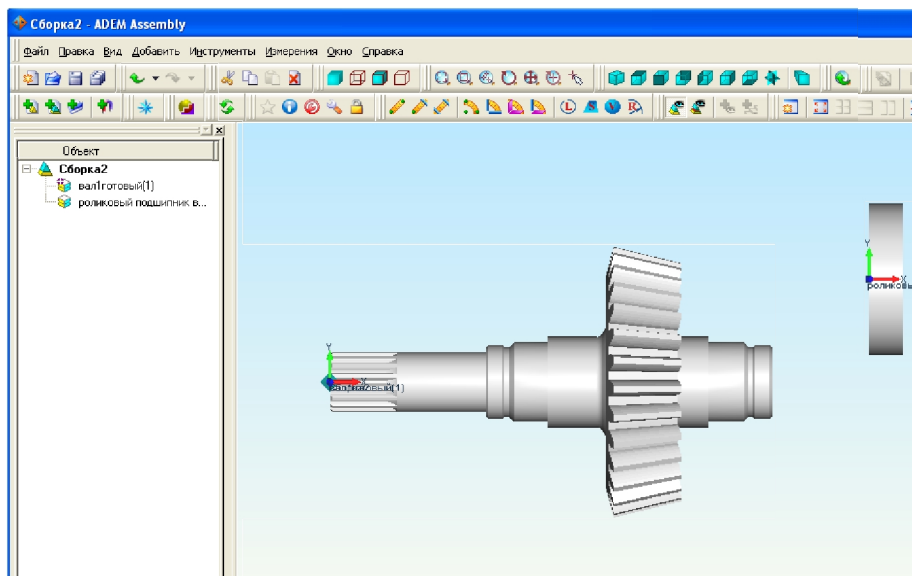


Рис. 38. Добавление модели подшипника

5. С помощью кнопки на панели инструментов «Добавить связь»  устанавливаем связь «Соосность», на моделях вала и подшипника выделяем любые две окружности, центры которых должны совпадать и нажимаем кнопку «Применить» (Рис. 39).

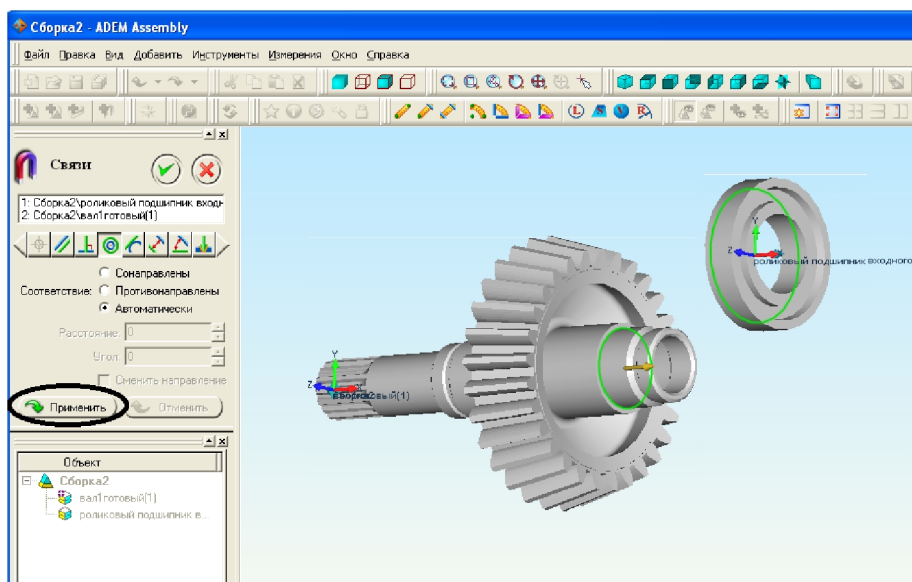


Рис.39. – Установление связи «Соосность»

6. Устанавливаем связь «Совпадение». Для этого выделяем те поверхности, которые необходимо совместить, и нажимаем кнопку «Применить». Когда все необходимые операции сделаны, нажимаем красный крест (Рис. 40).

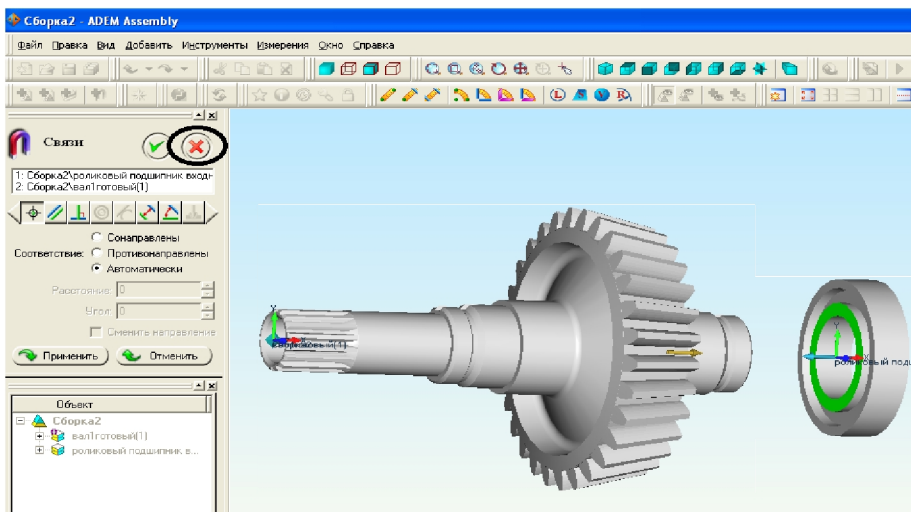


Рис.40. Установление связи «Совпадение»

7. Вызываем второй подшипник и устанавливаем на вал так же, как и первый (рис. 41).

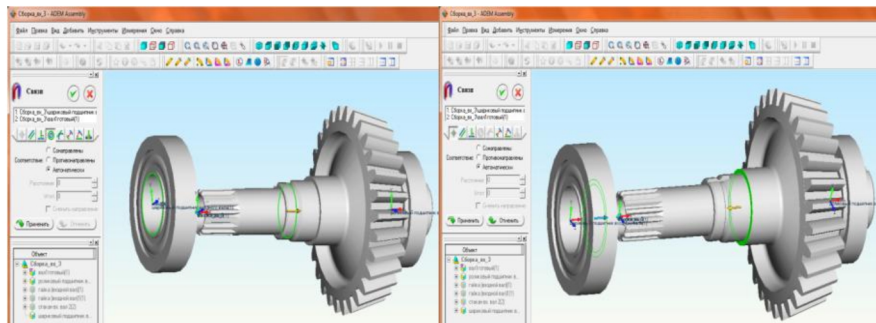


Рис. 41. Установка второго подшипника

Примечание:

1. Для сокращения времени можно вызвать сразу две (и более) детали (если они одинаковые), нажав два раза левой кнопкой мыши в двух местах на рабочем поле экрана.
2. При установлении связи «Соосность» может установиться связь так, что нужный элемент наложится на вал, и его не будет видно;

в таком случае, отмените действие и выберите на валу другую окружность для определения соосности.

Для лучшей наглядности изменим цвет подшипников: правой кнопкой мыши на командной панели по очереди нажимаем на изображение каждого подшипника, выбираем «Свойства» (Рис. 42), снимаем галочку «цвет из ADEM» и выбираем любой цвет (Рис. 43).

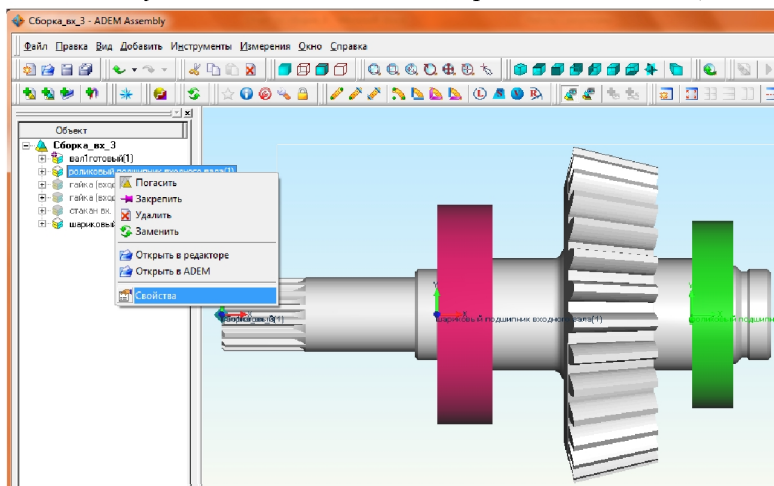


Рис. 42. – Смена цвета подшипников

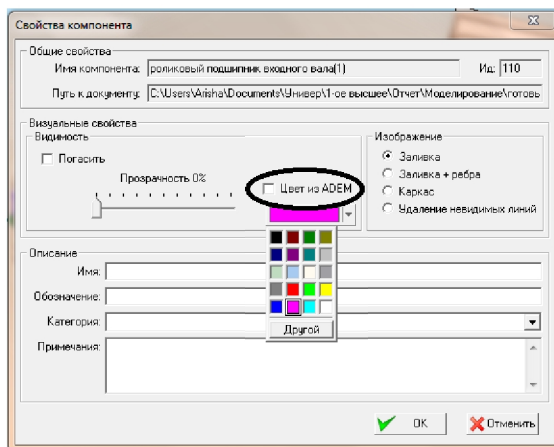


Рис. 43. – Панель «Свойства компонента»

8. Аналогично установим шайбы, гайки так, как показано на Рис. 44, стаканы (Рис. 45) и крышки (Рис. 46).

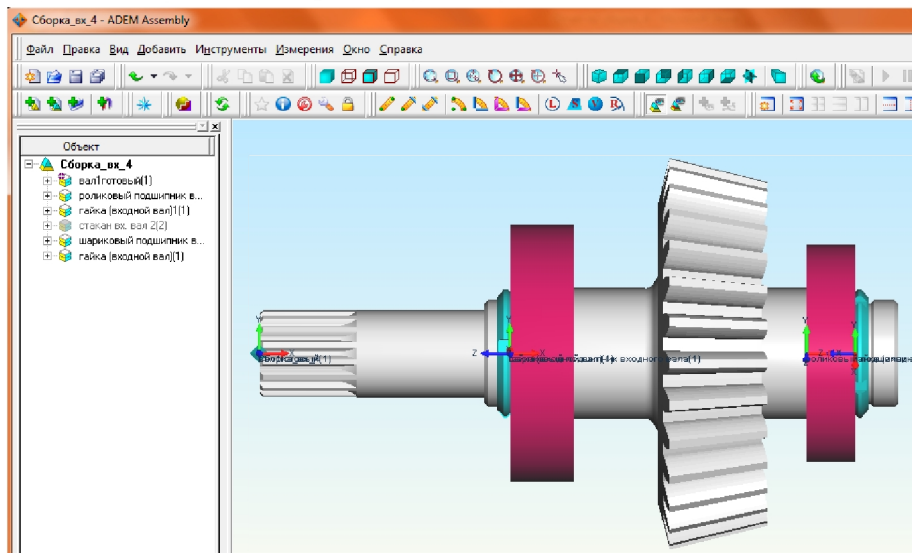


Рис.44. Установка шайб и гаек на входной вал

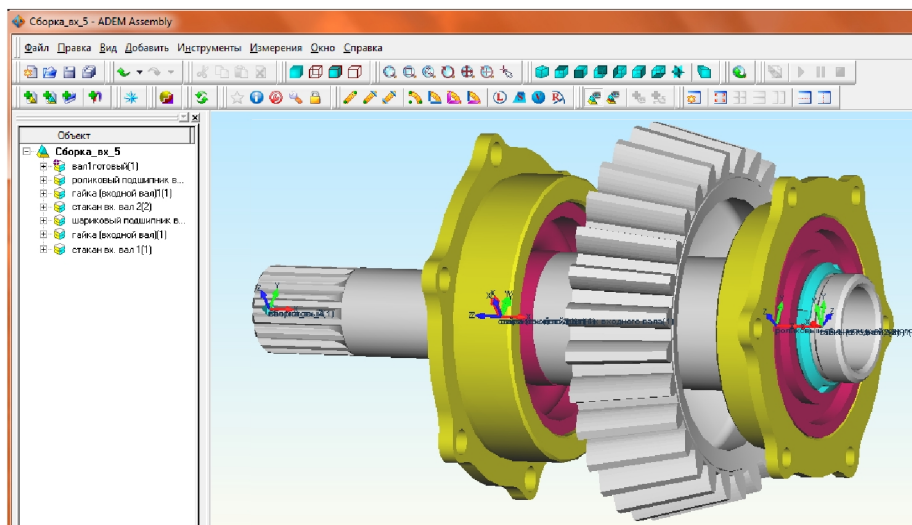


Рис.45. Установка стаканов на входной вал

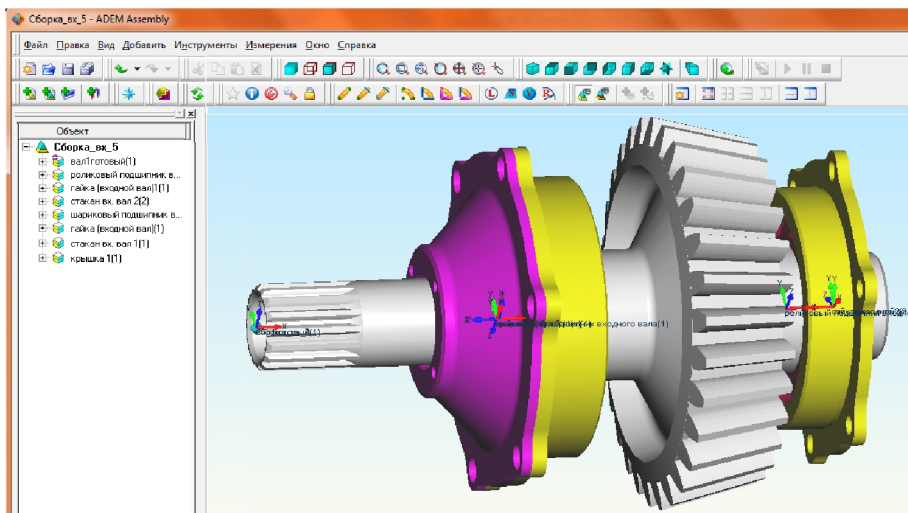


Рис. 46. Установка крышки на входной вал

ПРИМЕЧАНИЕ: чтобы повернуть деталь на 180 градусов используйте при обеспечении соосности опции «Соноправлены» или «Противонаправлены».

9. Установим болты (Рис. 47). Для этого вызываем болт и устанавливаем необходимое количество (в данном случае 6) на свободном поле экрана. Используя функцию «Добавить связь», установим «Соосность» и «Совпадение».

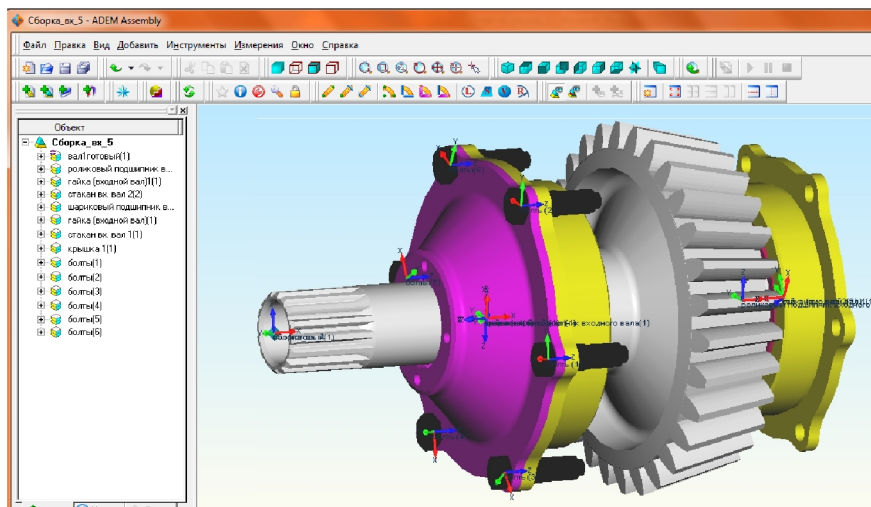


Рис.47. Установка болтов

Если передача коническая (как в данном случае), то необходимо повернуть входной вал так, чтобы он составлял с промежуточным валом нужный угол (в данном случае 135°).

10. В новом окне откроем данную сборку (предварительно ее сохранив), и с помощью кнопки «Перемещение компонента»  повернем наш вал на угол 135° относительно оси z. Установим данные, как показано на Рис. 48.

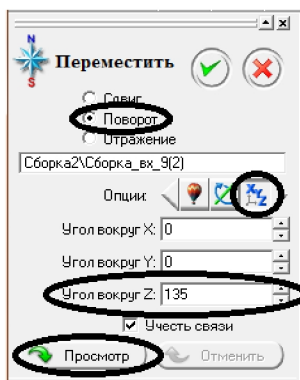


Рис.48. Панель «Перемещение компонента»

11. Укажем наш вал и нажмем «Просмотр». Получившаяся сборка показана на Рис. 49.

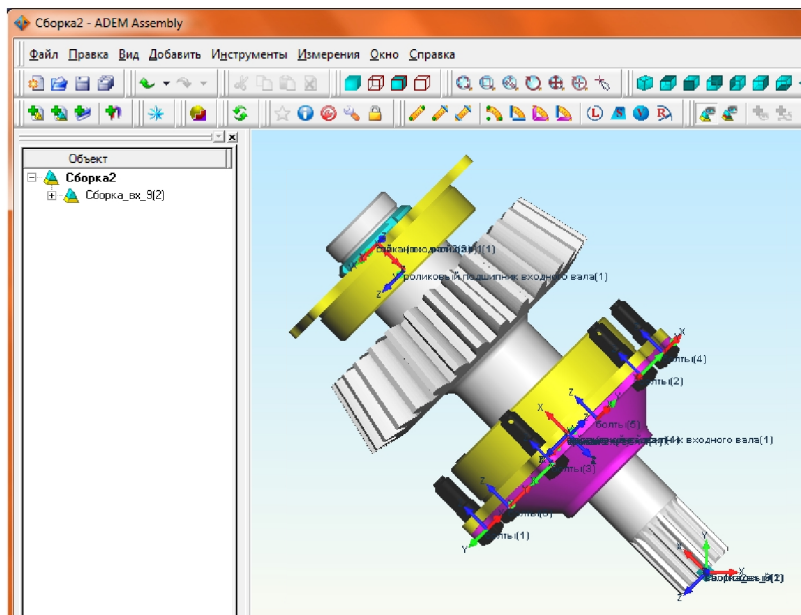


Рис. 49. Входной вал в сборе

ПРИМЕЧАНИЕ: если на командной панели рядом с названием сборки стоит значок закрепления, то для того чтобы вал повернуть, необходимо этот значок снять. Для этого правой кнопкой мыши нажмем на название сборки и выберем «Освободить» (Рис. 50).

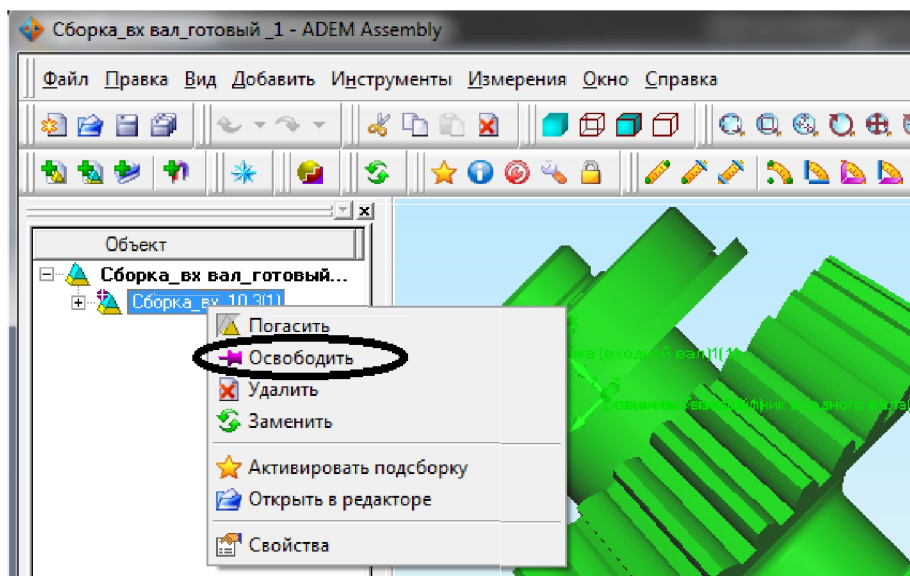


Рис. 50. Раскрепление модели

12. Модель готовой сборки вала сохраним как «Входной вал».

5.2 Сборка промежуточного вала

Промежуточный вал собирается так же, как и входной. Установим подшипники (Рис. 51), шайбы, гайки (Рис. 52), стаканы (Рис. 53), крышку (Рис.54) и болты (Рис. 55).

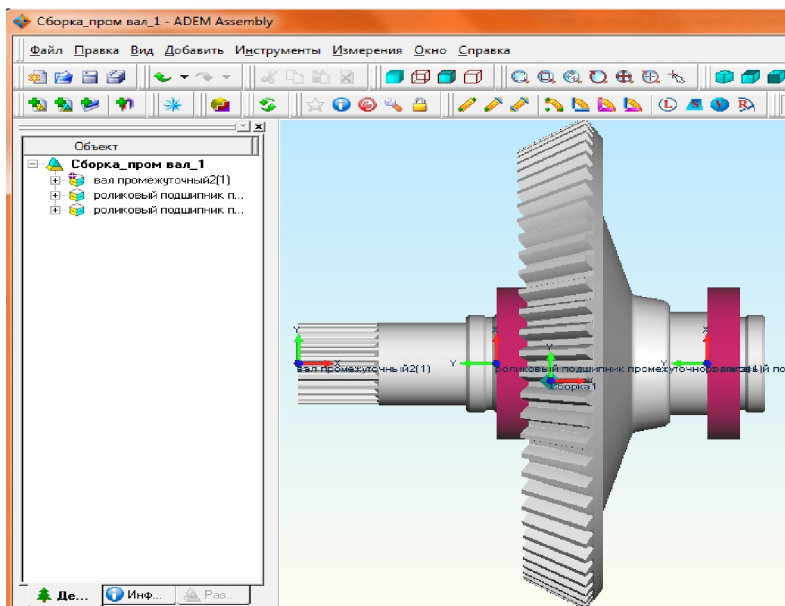


Рис. 51. Установка подшипников на промежуточный вал

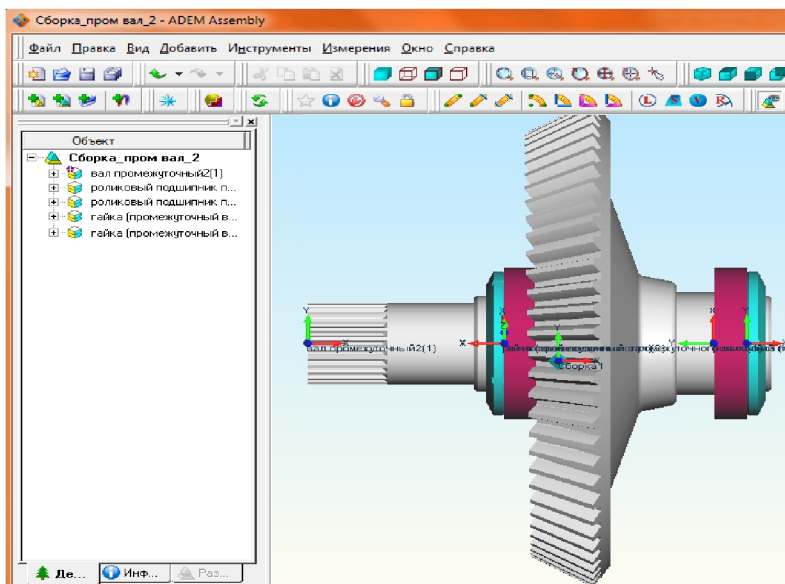


Рис. 52. Установка шайб и гаек на промежуточный вал

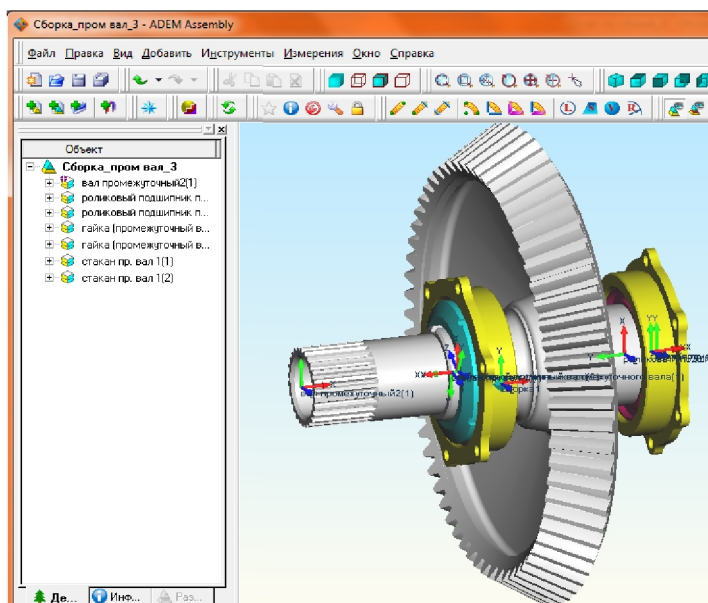


Рис.53. Установка стаканов на промежуточный вал

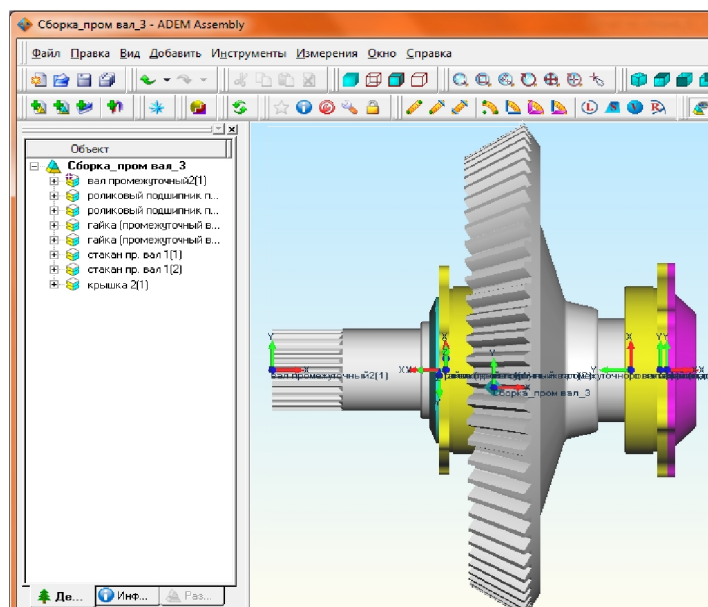


Рис. 54. Установка крышки на промежуточный вал

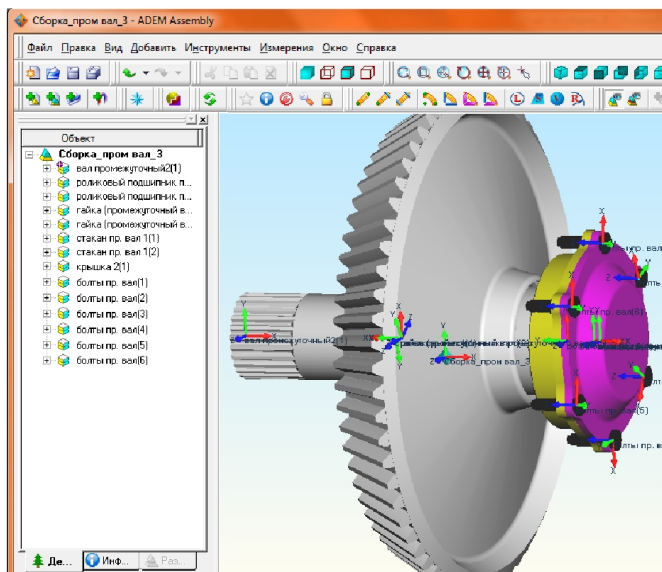


Рис. 55. Установка болтов

Далее установим кольца, с помощью которых удерживается центральное колесо планетарной ступени от осевого смещения (Рис. 56).

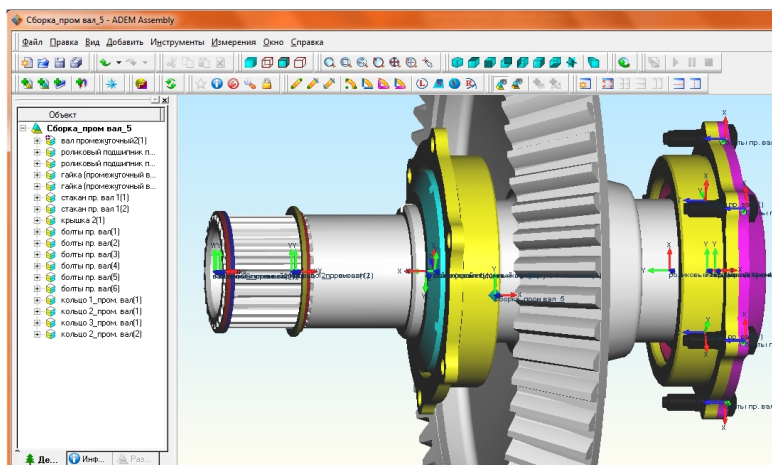


Рис. 56. Установка колец

Готовую сборку сохраним как «Промежуточный вал».

5.3 Сборка планетарной ступени

1. В новом окне вызовем модель сателлита и 2-х подшипников. Сателлит привязываем к началу координат, подшипники помещаем на свободное поле.

Для установки подшипников с помощью кнопки «Добавить связь» используем опцию «На расстоянии» (Рис. 57). Выделяем две линии, между которыми указываем расстояние (в данном случае это окружности), и укажем расстояние (в данном случае это 0, так как нам нужно совместить эти окружности).

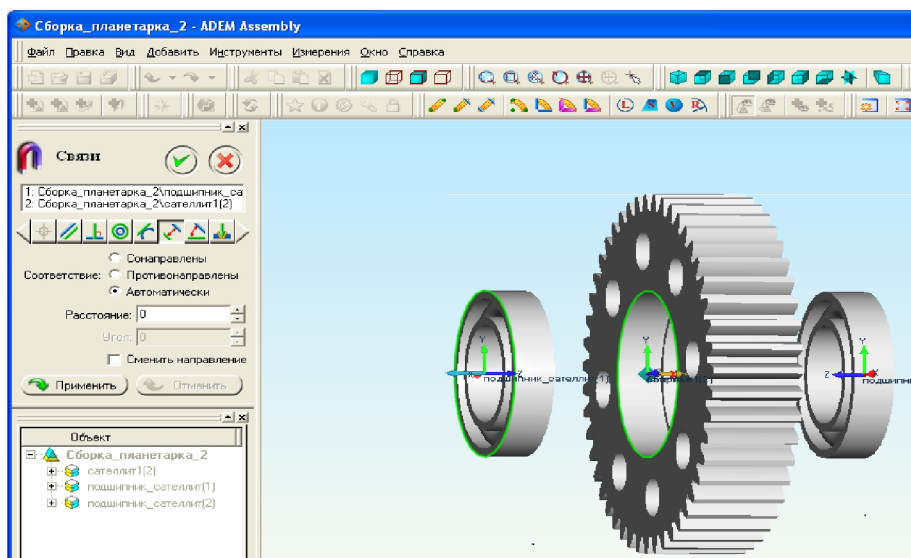


Рис. 57. Позиционирование подшипников и сателлита

Созданную сборку сохраним как «Сборка 1» (Рис. 58).

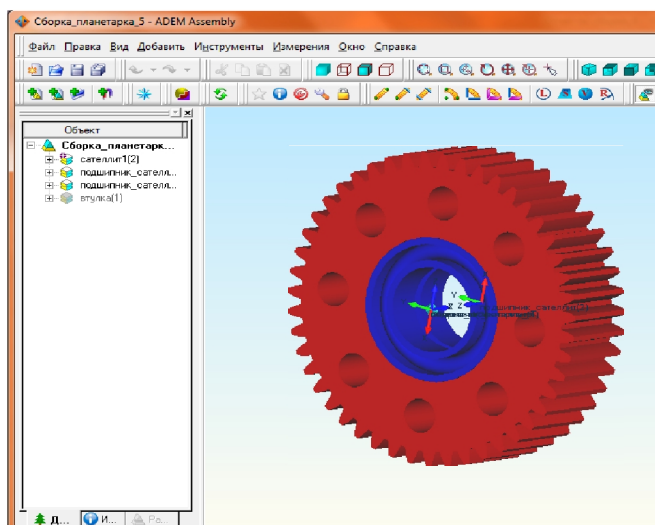


Рис.58. Сателлит в сборе

2. В новом окне вызовем модель большого кольца и установим ее в начало координат. Затем вызовем модель кольца и присоединим ее к модели большого кольца с помощью функции «Добавить связь» (Рис. 59).

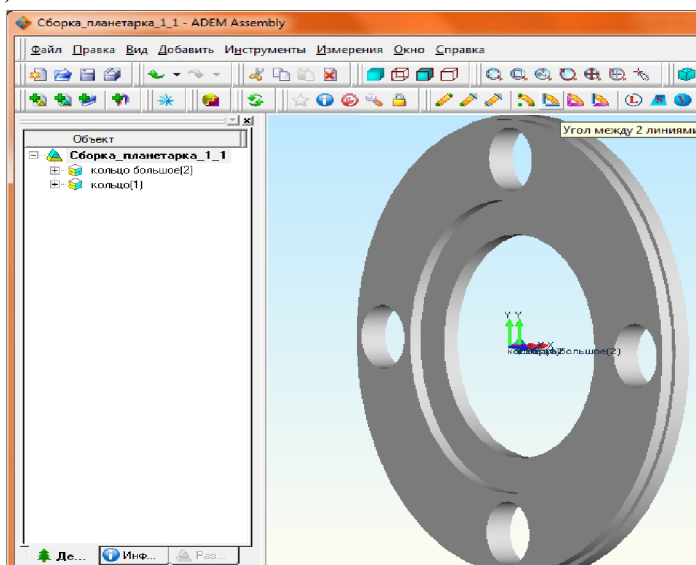


Рис. 59. Кольцо и большое кольцо

3. Вызовем модели втулки (4 штуки) и установим их на свободное поле. Затем с помощью функции «Добавить связь» («Соосность», «Совпадение») установим их на соответствующие места (Рис. 60).

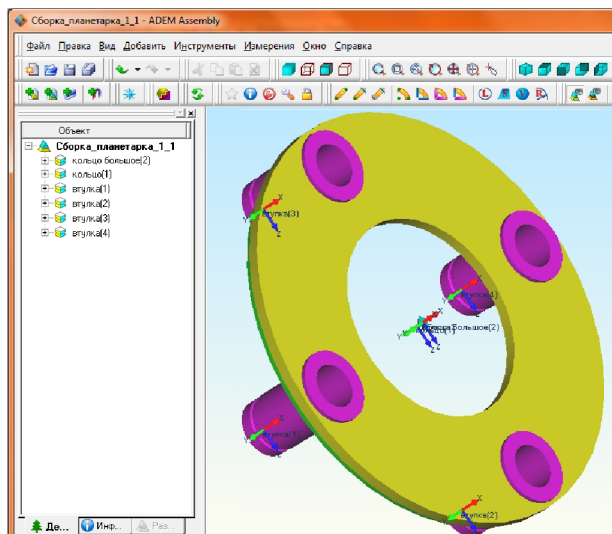


Рис. 60. Установка втулок

4. Вызовем файл «Сборка 1» (4 штуки) и установим сателлиты в сборе на втулки (Рис. 61)

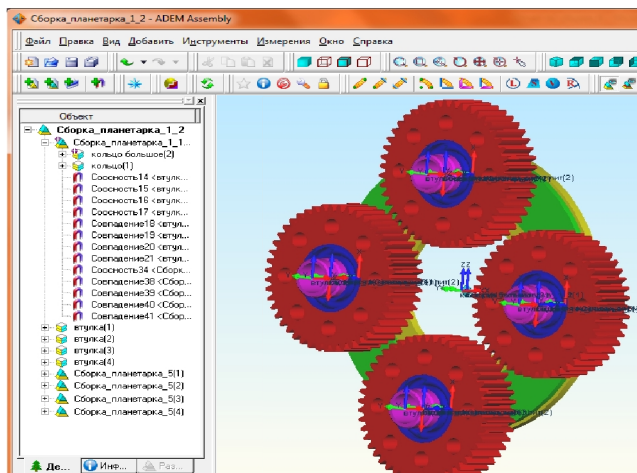


Рис. 61. Установка сателлитов

5. Вызовем модель центрального колеса и установим ее в начало координат. Далее с помощью функции «Добавить связь» устанавливаем опцию «На расстоянии». Выделим две линии, между которыми указывается расстояние (это могут быть окружности, плоскости и т.д.), и указываем расстояние. В данном случае установим расстояние между левым краем сателлитов и левым краем

центрального колеса, равное $t = \frac{b_c - b_{\text{ц}}}{2}$, где b_c – ширина сателлита, $b_{\text{ц}}$ – ширина центрального колеса (если необходимо, используем опции «Сонаправлены» или «Противонаправлены»).

Если зубья центрального колеса и сателлитов не входят в зацепление, то с помощью кнопки «Перемещение компонента»  (рис. 62) повернем «Сборку 1» относительно центрального колеса. По запросу «Указать ось вращения» укажем любую окружность в «Сборке 1», затем, удерживая левой кнопкой мыши эту сборку, поворачиваем ее так, чтобы совместить зубья (Рис. 63).

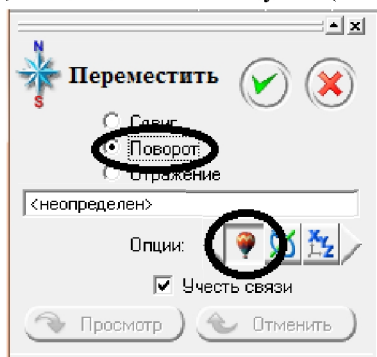


Рис. 62. Панель «Перемещение компонента»

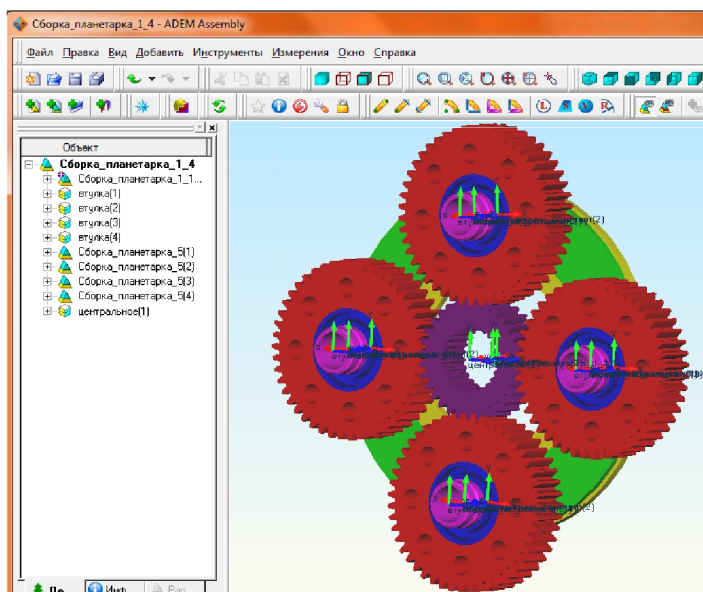


Рис. 63. Установка центрального колеса

6. Вызовем модель еще одного кольца и установим ее на место (Рис. 64).

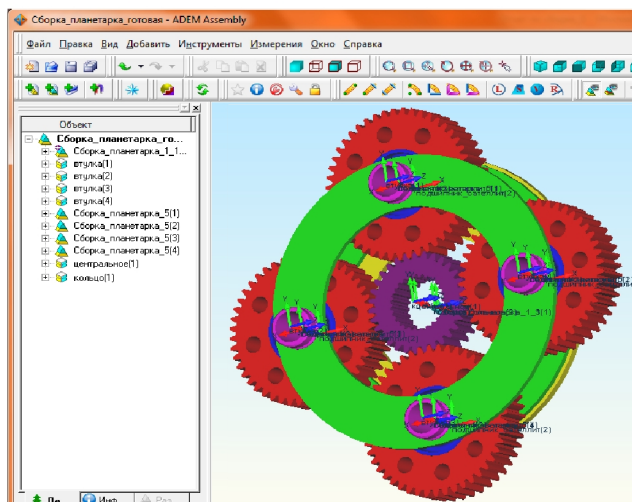


Рис. 64. Установка кольца

7. Вызовем модель неподвижного колеса и установим ее в начале координат. Зная ширину сателлитов и неподвижного колеса, с помощью функции «Добавить связь», используя связь «На расстоянии», установим расстояние между левым краем сателлита и левым краем неподвижного колеса, равное $t_1 = \frac{b_c - b_k}{2}$, где b_c – ширина сателлита, b_k – ширина неподвижного колеса (если необходимо, устанавливаем «Сонаправлены» или «Противонаправлены») (рис. 65).

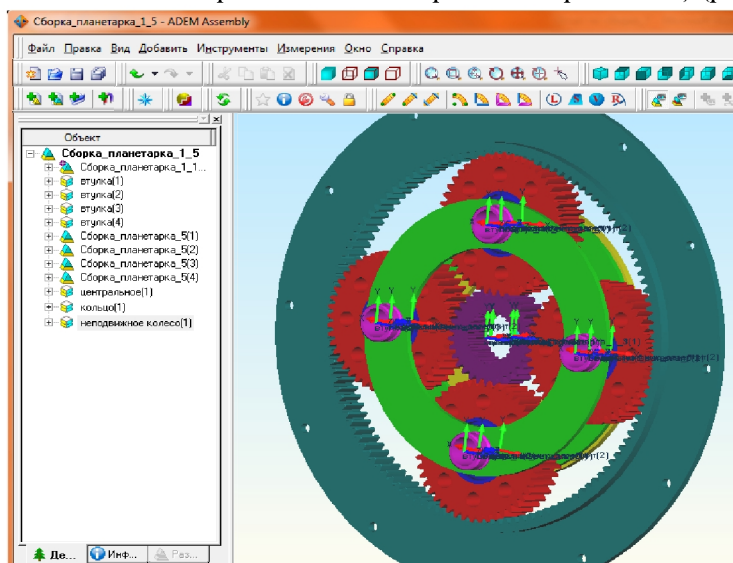


Рис. 65. Планетарная ступень в сборе

8. Готовую сборку сохраним как «Планетарная ступень».

5.4 Сборка выходного вала

Выходной вал собираем так же, как и входной. На модель выходного вала последовательно установим модели проставки и подшипников (Рис. 66), шайбы и гайки (Рис. 67), стаканов (Рис. 68), крышки (Рис. 69) и болтов (Рис. 70).

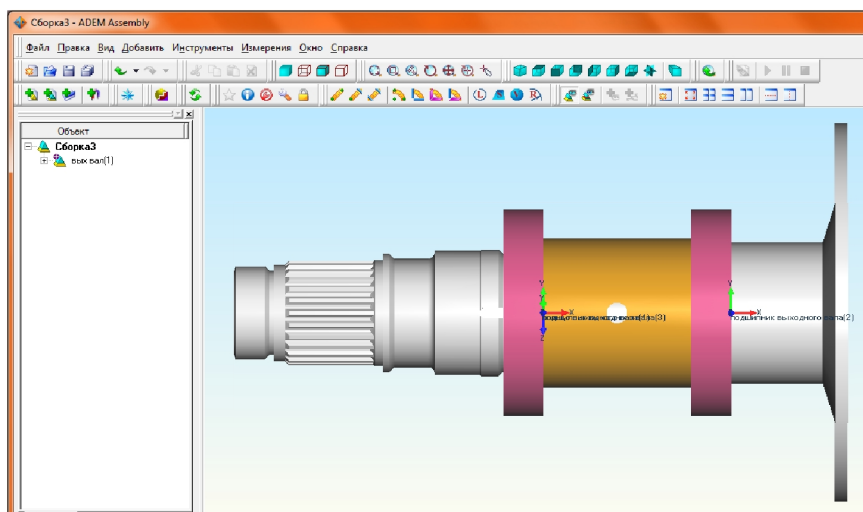


Рис. 66. Установка проставки и подшипников на выходной вал

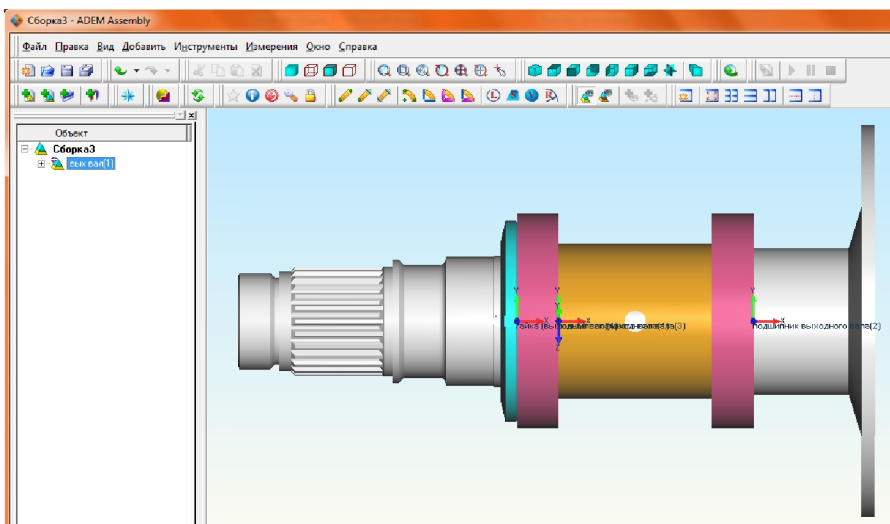


Рис. 67. Установка шайбы и гайки на выходной вал

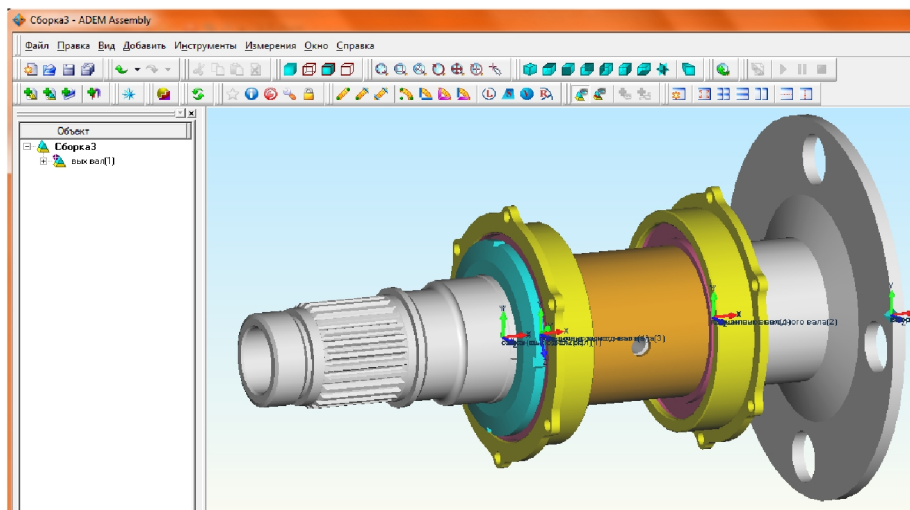


Рис. 68. Установка стаканов

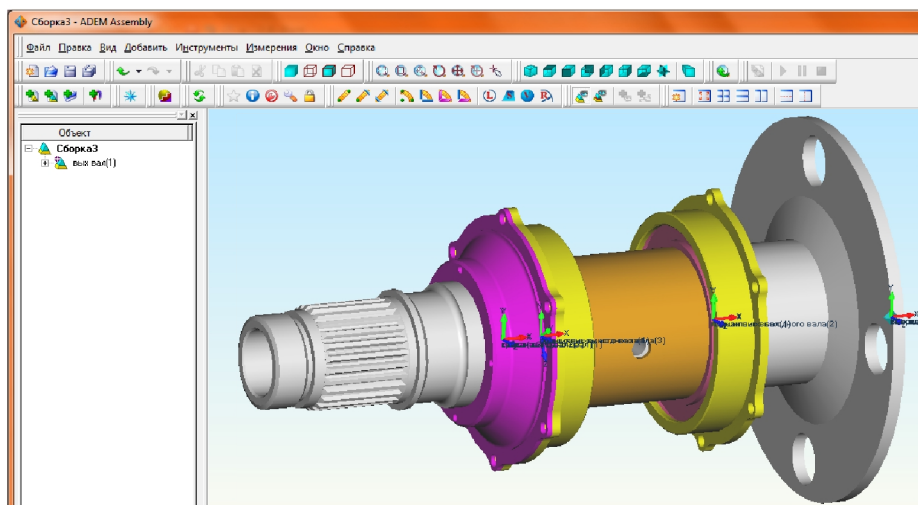


Рис. 69. Установка крышки

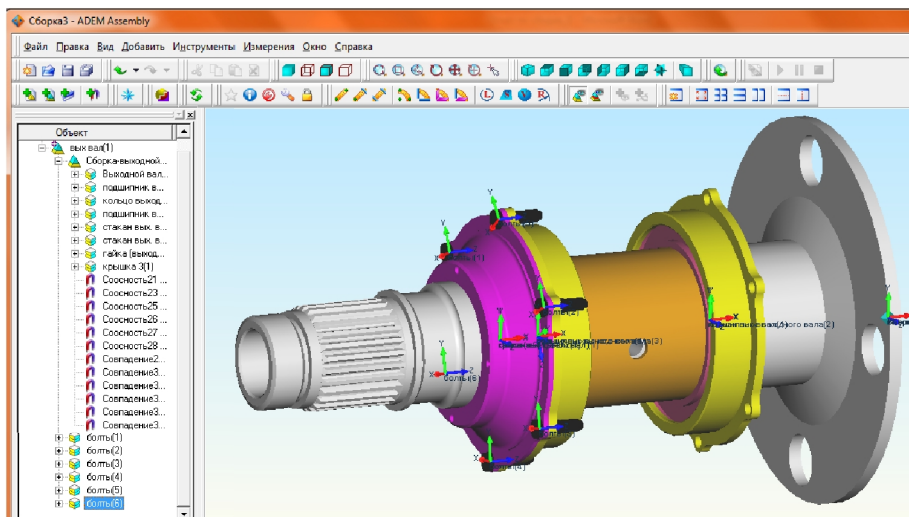


Рис. 70. Установка болтов

Готовую модель выходного вала в сборе сохраним как «Выходной вал».

5.5 Позиционирование входного и промежуточного валов

В новом окне откроем модель промежуточного вала в сборе и установим ее в начало координат. Затем добавим модель входного вала в сборе и установим ее на свободное поле. С помощью функции «Перемещение компонента» совмещаем зубья зубчатых колес (Рис. 71, 72).

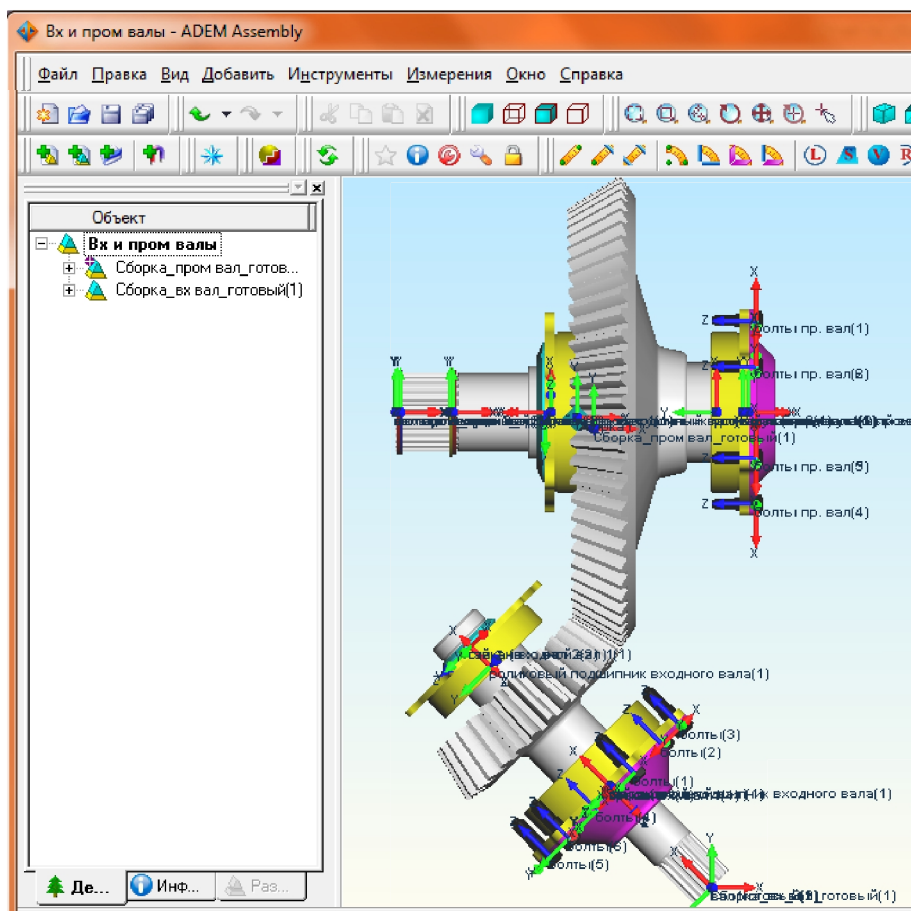


Рис. 71. Соединение входного и промежуточного валов

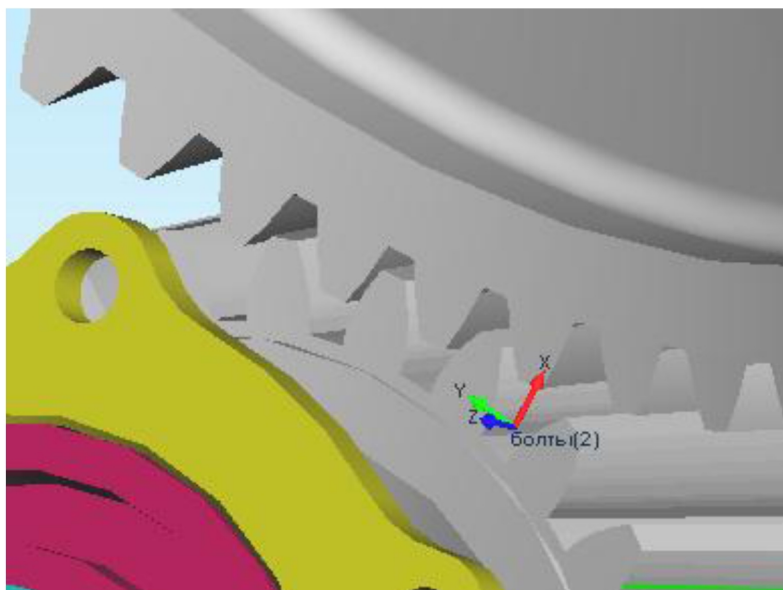


Рис. 72. Совмещение зубьев зубчатых колес

5.6 Позиционирование промежуточного вала и планетарной ступени

Откроем модели сборки входного, промежуточного валов и планетарной ступени. С помощью функции «Добавить связь» установим планетарную ступень на место.

Чтобы убедиться в том, что шлицы вошли в зацепление, в «Окне проекта» (слева от поля экрана) выделим модели колец, которые находятся на промежуточном валу, последовательно нажимая правой кнопкой мыши на названия каждого из них, и погасим их изображения, нажимая кнопку «Погасить» (Рис. 73).

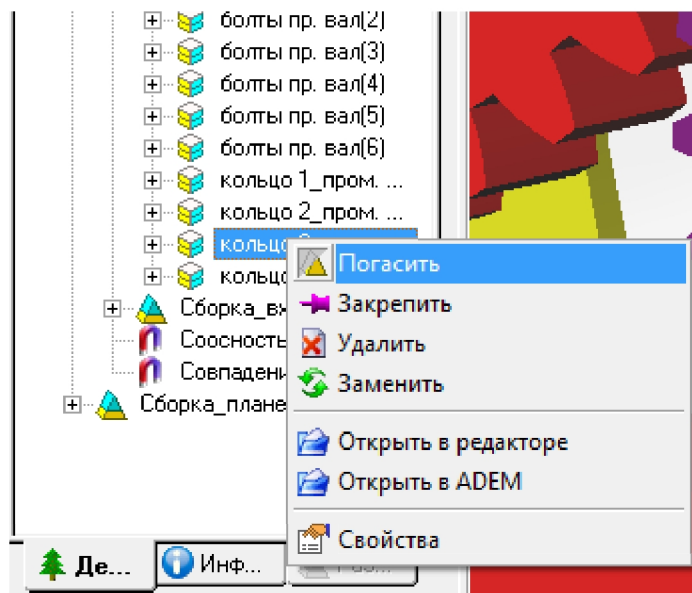


Рис. 73. Погашение изображения элемента

Если шлицы не вошли в зацепление, повернем модель планетарной ступени относительно промежуточного вала с помощью функции «Перемещение компонента». После этого вернем изображения колец, выбрав их изображения правой кнопкой мыши и нажав кнопку «Показать» (Рис. 74).

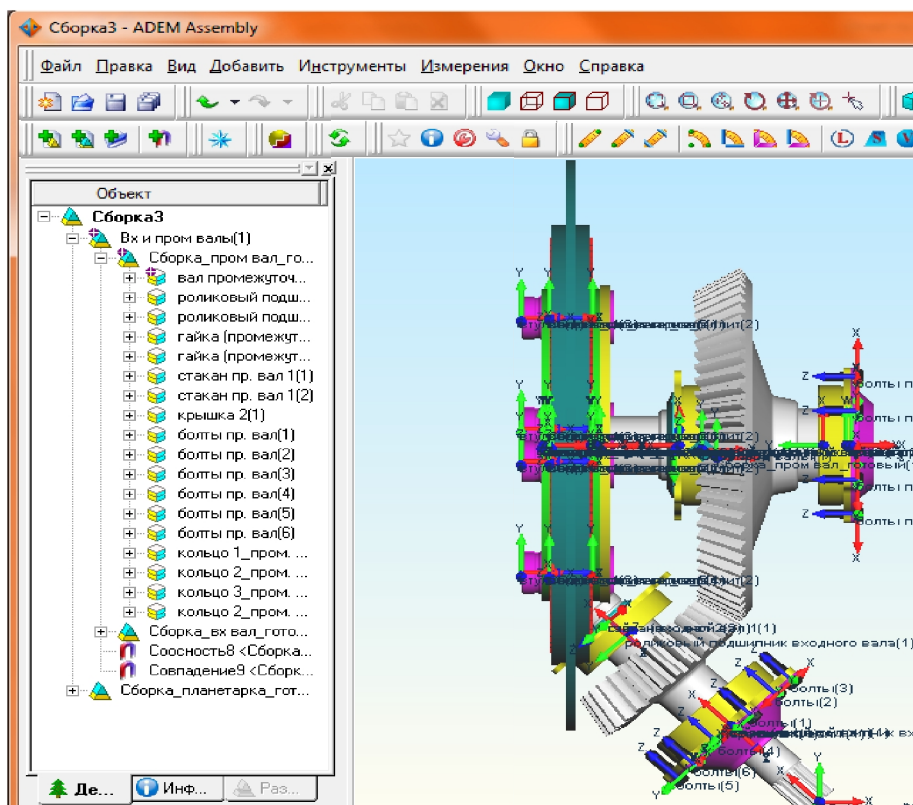


Рис.74. Позиционирование промежуточного вала и планетарной ступени

5.7 Позиционирование планетарной ступени и выходного вала

Откроем уже имеющуюся сборку и сборку выходного вала. Используя функцию «Добавить связь», присоединяем выходной вал к планетарной ступени (Рис. 75).

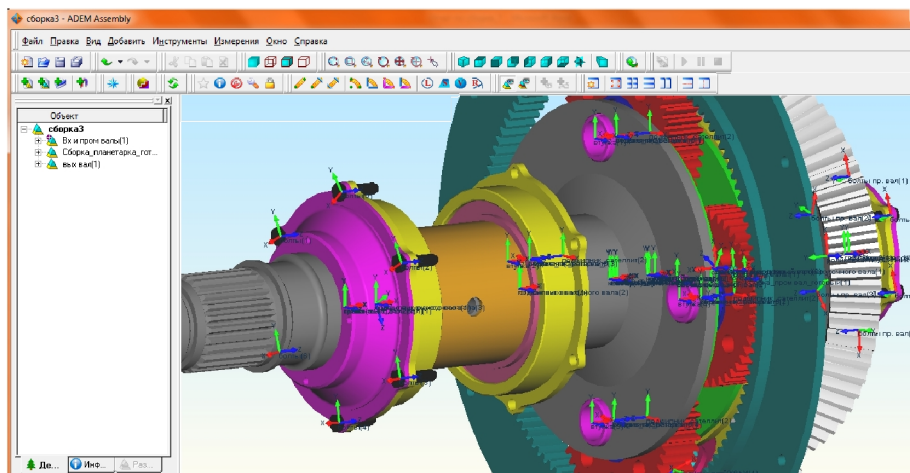


Рис. 75. Позиционирование планетарной ступени и выходного вала

Результат сборки редуктора представлен на Рис. 76.

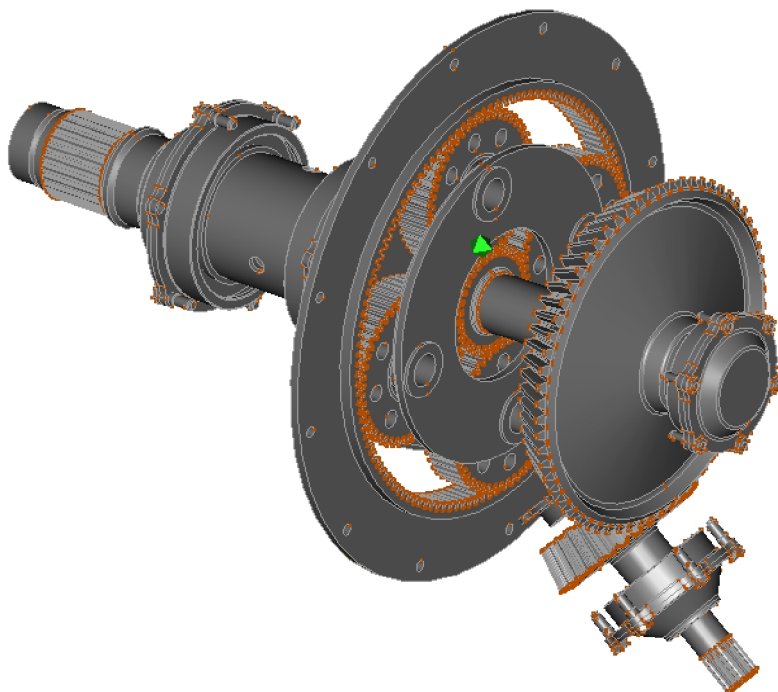


Рис.76. 3D модель редуктора вертолета

Учебное издание

*Чемпинский Леонид Андреевич
Проничев Николая Дмитриевич*

**ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ
АВИАЦИОННОГО РЕДУКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
3D-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ БАЗ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Учебное пособие

Научный редактор
Редакторская обработка
Корректорская обработка
Компьютерная верстка Л.А. Чемпинский

Самарский государственный
Аэрокосмический университет
443086, Самара, Московское шоссе, 34

Изд-во Самарского государственного
Аэрокосмического университета
443086, Самара, Московское шоссе, 34