

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**Виртуальное 3D моделирование вертолетного редуктора
на основе использования параметрических моделей типовых
деталей в среде CAD/CAM/CAPP/ASSEMBLY системы ADEM**

Электронные методические указания

САМАРА

2011

УДК СГАУ: 621.771.2.002.5 (075.8)

Составители: **Балякин Валерий Борисович,**
Чемпинский Леонид Андреевич

Рецензент: канд. техн. наук, проф. Е.П. Жильников

Виртуальное 3D моделирование вертолетного редуктора на основе использования параметрических моделей типовых деталей в среде CAD/CAM/CAPP/ASSEMBLY системы ADEM [Электронный ресурс] : электрон. метод. указания / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т); сост. В.Б. Балякин, Л.А. Чемпинский. - Электрон. текстовые и граф. дан. (2,3 Мбайт). - Самара, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Систем. требования: ПК Pentium; Windows 98 или выше.

Изложен порядок моделирования деталей авиационного редуктора на основе использования объемных параметрических моделей типовых деталей, конструктивных элементов и деталей крепежа, а также последовательность создания объемных моделей сборочных единиц и редуктора в целом.

Приведены примеры модели объемной сборки редуктора, а также полученных в автоматизированном режиме на ее основе сборочного чертежа и рабочих чертежей деталей.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки» для выполнения графической части курсового проекта по деталям машин.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	6
1.СОЗДАНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ РЕДУКТОРА НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	7
1.1 Построение 3D моделей валов-шестерен.....	7
1.1.1 Построение модели поверхности вала (заготовки).....	7
1.1.2 Построение модели цилиндрического зубчатого венца.....	14
1.1.3 Построение модели шлицов.....	15
1.1.4 Построение моделей пазов.....	17
2. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.....	18
2.1. Особенности построения моделей зубчатых венцов конических колес.....	21
3.ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ СТАКАНА ПОДШИПНИКА.....	23
4. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ КРЫШКИ ПОДШИПНИКА.....	26
5. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ УПЛОТНЕНИЙ (УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАНЖЕТ).....	28
6. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ И КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	29
7.СОЗДАНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ РЕДУКТОРА.....	29
7.1. Сборка входного вала.....	30
7.2. Сборка промежуточного вала.....	31
7.3. Сборка выходного вала.....	33
8. СОЗДАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА И ДЕТАЛИРОВКИ.....	37
8.1 Создание сборочного чертежа.....	37
8.2 Построение изображений деталей по 3D моделям.....	38
Приложение 1 Схемы конструкций заготовок валов.....	44

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основной задачей в подготовке современного конструктора является формирование его знаний, умений и навыков на основе использования активно распространяющейся в мире технологии виртуального проектирования, которая позволяет существенно повысить эффективность и качество проектирования, в несколько раз снизить сроки создания новой техники, на порядок уменьшить финансовые затраты.

Современный инженер-конструктор в среде CAD/CAE систем должен уметь создать объемную модель изделия, для оптимизации конструкции провести инженерный анализ его работоспособности, обоснованно сформулировать технические требования к сборке изделия и изготовлению входящих в конструкцию деталей.

Центральное место в процессе современного проектирования занимает 3D геометрическое моделирование входящих в конструкцию деталей. Процесс создания объемной модели детали часто становится чрезвычайно трудоемким. Поэтому необходимо свести затраты времени на ее создание к минимуму. Особенно это целесообразно в случае проектирования типовых деталей и узлов, когда создание трехмерных моделей сводится к многократному повторению определенной последовательности действий.

ВВЕДЕНИЕ

Конструкция вертолетного редуктора на ~ 90% состоит из типовых деталей. К ним относятся валы, зубчатые колеса, подшипники, стаканы и крышки подшипников и др., а также крепежные детали. Таким образом, использование 3D параметрических моделей типовых деталей конструкции является существенным резервом повышения эффективности конструирования в среде CAD системы.

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 с учетом допуска для изготовления ее на оборудовании с ЧПУ;

- сквозного 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.

Цель методических указаний: помощь студентам в оформлении курсового проекта по основам конструирования машин на основе использования баз параметрических моделей типовых деталей редуктора в среде CAD/CAM/CAPP/ASSEMBLY системы ADEM v. 8.1

1.СОЗДАНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ РЕДУКТОРА НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Прежде чем начать работу по созданию сборки объемной модели редуктора нужно предварительно построить 3D сборки каждого из валов и корпусов. Чтобы построить, например, 3D сборку входного вала необходимо последовательно построить и записать все входящие в ее конструкцию 3D модели деталей: вала, зубчатых колес, центрирующих втулок, стаканов подшипников, подшипников, крышек подшипников, деталей крепежа (болтов, шпилек, винтов, гаек, шайб и т.д.), регулировочных элементов (втулок, проставок, колец), элементов уплотнений и пр.

1.1 Построение 3D моделей валов-шестерен

Конструктивно модель вала-шестерни состоит из нескольких компонентов: модели поверхности вала (условно назовем ее «заготовкой»), модели зубчатого колеса, модели шлицевой части вала, моделей продольно оси расположенных пазов. Однако геометрия заготовок каждого из валов редуктора может быть описана своими комплексными представителями. Разнообразным конструкциям *входного* вала, например, соответствуют файлы 4-х комплексных представителей: «vx_схема 1.adm», «vx_схема 2.adm», «vx_схема 3.adm», «vx_схема 4.adm»; конструкциям *промежуточного вала* - файлы 4-х комплексных представителей - «пр_схема 1.adm», «пр_схема 2.adm», «пр_схема 3.adm», «пр_схема 4.adm» и конструкциям *выходного вала* файлы 2-х комплексных представителей - «вых_схема 1.adm», «вых_схема 2.adm», распечатки которых размещены в приложении 1.

Построение 3D моделей валов-шестерен по типовым, параметрически заданным комплексным представителям осуществляем в следующей последовательности.

1.1.1 Построение модели поверхности вала (заготовки)

1.Пусть в результате конструирования (путем расчетов и эскизирования на бумаге в клетку) Вы получили конструкцию входного вала-шестерни, геометрия которого представлена в виде продольного разреза (рис.1).

Для построения 3D модели заготовки на основе использования параметрической модели комплексного представителя Вам потребуются не все размеры, а только размеры, представленные в рамках (см. рис. 1). Остальные размеры в соответствии с рекомендуемыми в справочной литературе соотношениями по конструированию валов являются производными от этих.

Размеры со звездочкой в нашем случае являются справочными, хотя при необходимости их значения могут быть откорректированы.

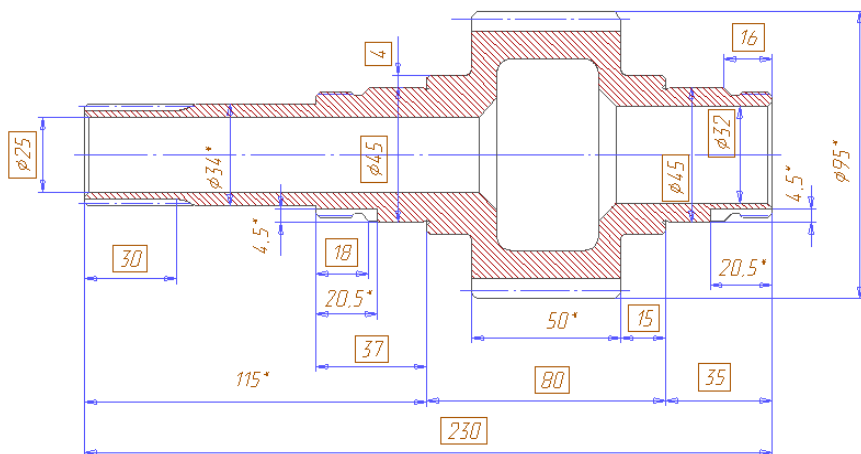


Рис.1 - Спроектированный входной вал

2. Как следует их схем заготовок валов, представленных в Приложении 1, наиболее близкой по конструкции спроектированному валу является схема 2 входного вала. Для ее просмотра откроем файл, содержащий чертеж комплексного представителя «vx_схема 2.adm», расположенный по маршруту ...Валы\Заготовки валов\Vx_схема 2.adm (рис 2).

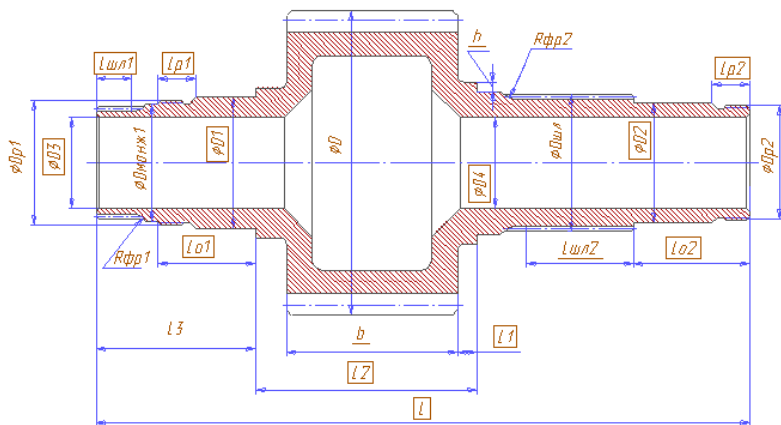


Рис.2 - Комплексный представитель входного вала (схема 2)

Рассматриваемая схема содержит информацию о конструкции входного вала для случая, когда вал состоит из выполненной заодно с ним шестерни с внутренним облегчением, шлицов для установки на нем насадного колеса, а также шеек слева и справа, под установку внутренних колец подшипников, которые затем фиксируются от перемещения в осевом направлении гайками. Гайки устанавливаются по резьбе и фиксируются от отворачивания пластинчатыми шайбами. Схема также содержит информацию о шлицах, расположенных на валу слева, воспринимающих извне крутящий момент, и месте для установки манжетного уплотнения.

На рис. 2 также условно представлены *Основные размеры* (размерные числа которых помещены в рамки) и *Типовые размеры* (размерные числа которых подчеркнуты снизу). Остальные размеры представлены в качестве справочных, т.к. являются производными от основных размеров.

3.Каждой схеме вала соответствует по 2 файла с информацией о параметрической модели, например, для 2-ой схемы входного вала: «вх_схема 2.xls», созданного в среде MS Excel и «вх_сх_2.cat», сохраненного в каталоге фрагментов системы ADEM 8.1.

Откроем файл «вх_схема 2.xls» (рис. 3 и 4) и введем в ячейки вторых строк 1-го («Основные размеры чертежа») и 3-го («Типовые размеры») листов книги MS Excel предварительно рассчитанные значения основных и типовых параметров заготовки вала (см. рис.2) в

соответствии с чертежом (см. рис. 1):

- модуля m (равном 5 мм), количества зубьев z (17 шт.), ширины зубчатого венца b (в соответствии с рекомендациями равной 50 мм но, значение которой может быть, при необходимости, введено иным);
- длины вала L (230 мм), ширины до заплечика справа L_1 (15 мм), расстояния между заплечиками L_2 (80 мм);
- диаметров шеек под внутренние кольца подшипников D_1 , D_2 (по 45 мм);
- длин опор слева Lo_1 (37 мм) и справа Lo_2 (35 мм);
- длины вала до заплечика слева L_3 (115мм)
- длин участков под резьбу слева L_{p_1} (18 мм) и справа L_{p_2} (16 мм);
- внутренних диаметров вала слева D_3 (25 мм) и справа D_4 (32 мм);
- модуля шлицов $m_{ш1}$ (1.5 мм) и длины шлицов $L_{ш1}$ (30 мм);
- модуля шлицов $m_{ш2}$ (0 мм), длины шлицов $L_{ш2}$ (0 мм) – так как они в данном случае отсутствуют);
- высоты заплечика h (4 мм).

Конструктивные параметры входного вала (схема 2)

Параметры зубчатого колеса							Параметры под подшипник слева				Параметры шлицевого соединения 1		Параметры под подшипник справа				Параметры шлицевого соединения 2		
Модуль зубчатого колеса	Кол-во зубьев	Наружный диаметр зубчатого колеса	Ширина зубчатого колеса	Длина вала до заплечика	Длина зубчатого колеса с заплечиками	Габаритный размер вала	Диаметр шейки вала (под подшипник)	Длина опоры до заплечика	Длина вала слева до заплечика	Длина вала справа до заплечика	Диаметр внутренней полости опоры	Модуль шлицов	Длина шлицов	Диаметр шейки вала (под подшипник)	Длина опоры до шлицов	Длина вала до шлицов	Диаметр внутренней полости опоры	Модуль шлицов	Длина шлицов
m	z	$D_{\text{нн}}(m \cdot z)$	b	L_1	L_2	L	D_1	Lo_1	L_3	L_3	D_3	$m_{ш1}$	$L_{ш1}$	D_2	Lo_2	L_2	D_4	$m_{ш2}$	$L_{ш2}$
5	20	114	50	5	62	220	40	42	15	90	25	1,5	30	38	40	15	28	2,5	26
5	17	99	50	15	80	230	45	37	18	115	25	1,5	30	45	35	16	32	0	0

Рис. 3 - Основные размеры чертежа таблицы MS Excel (файл «vx_схема 2.xls»)

Параметры зубчатого колеса							Параметры под подшипник слева				Параметры шлицевого соединения 1				Параметры под подшипник справа					
Высота заплечика	Диаметр внутренней полости	Толщина ступицы	Высота втулки слева	Высота втулки справа	Радиус округления втулки слева	Радиус округления заплечика	Ширина фаски зубчатого колеса	Диаметр фаски резца	Ширина фаски резца	Диаметр фаски резца	Ширина канавки под резец	Кол-во зубьев	Радиус фрезы	Наружный диаметр шлицов	Диаметр втулки	Диаметр втулки шлицов	Диаметр резца	Ширина фаски резца	Диаметр фаски резца	Ширина канавки за резец
h	$D_{\text{вп}}$	b	h_1	h_2	R_1	R_2	df_1	df_1	df_1	df_1	$z_{ш1}$	$R_{фр1}$	$D_{\text{нн}} = m_{ш1} \cdot z_{ш1} + 1,4$	$D_{\text{внн}1}$	$D_{\text{внн}2}$	D_{p2}	df_2	df_2	df_2	df_2
3	47,25	15,5	7,5	16	5	4	1,5	68	1,5	65	3	30	60	78,5	81	72,75	64	1,5	61	3
3	-13,5	3	-19,5	-19,5	5	4	1,5	М	1,5	2	3	0	60	0	2	0	М	1,5	3	3
3	-13,5	3	-19,5	-19,5	5	4	1,5	М	1,5	2	3	0	60	0	2	0	М	1,5	3	3

Рис. 4 - Типовые размеры таблицы MS Excel (файл «vx_схема 2.xls»)

Остальные ячейки можно не заполнять – их значения пересчитываются автоматически в соответствии с рекомендациями справочника конструктора.

4. Сохраним файл с введенными нами параметрами под именем «заг_vx вал_ N. xls», где N – номер варианта задания на курсовой проект.

5. Запустим ADEM 8.1 и прочтем из каталога фрагментов файл

«вх_сх_2.cat» (рис. 5).

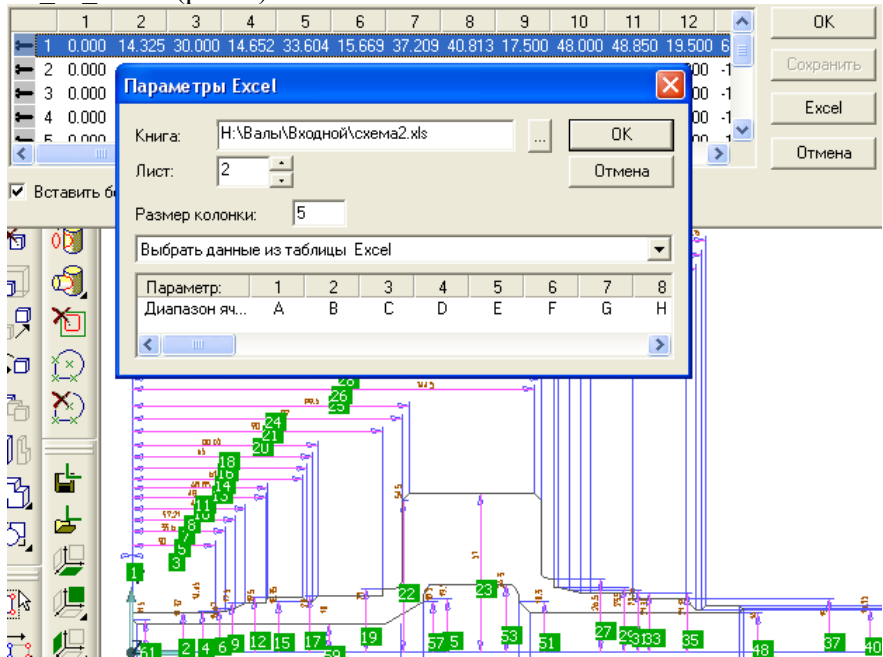


Рис.5 - Параметрическая модель заготовки входного вала

Для построения заготовки входного вала с нужными нам параметрами нажмем кнопку **Excel**. В меню «Параметры Excel» найдем и подключим файл, записанный нами под именем «заг_вх вал_ N. xls», укажем **лист 2** («Расчитанные параметры») книги MS Excel и размер колонки не менее **5**, **ОК**.

При этом во второй строке таблицы параметров должны появиться значения новых, нами введенных при выполнении п.3 (см. выше) значений размеров.

6. Укажем на только что сформированную строку в таблице параметров, нажмем **ОК** и в соответствии с просьбой системы о положении вызываемого объекта укажем в качестве точки привязки начало координат **Home**, **Пробел** и направление – горизонтально **Пробел**, **Esc** и, тем самым, получим нужную нам геометрию плоского контура заготовки входного вала (рис. 6).

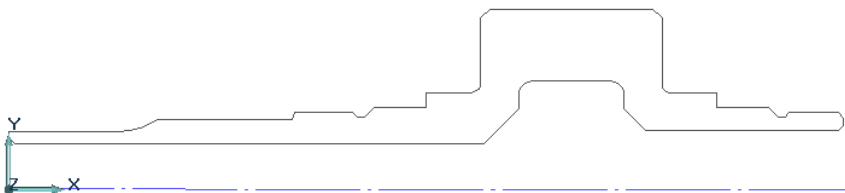




Рис.6 - Геометрия плоского контура заготовки входного вала

7.Прежде чем по плоскому контуру заготовки получить объемную модель, дополним его профилями проточек для шлифовки шеек под подшипники и заплечиков.

Для этого правее левой и левее правой шейки построим профили проточек (рис.7а), добавляя с необходимым шагом курсора к имеющемуся контуру узлы в точки 3, 4, 5 функцией  в указанной последовательности (рис.7б), в итоге переместив  узел из точки 2 в точку 6 (рис.7в). В каждом конкретном случае доработаем полученные профили в соответствии с требованиями конструкции (см. примеры рабочих чертежей в Приложении 2).

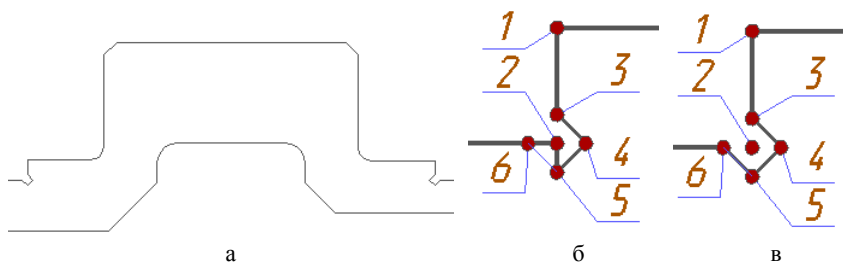



Рис.7 - Формирование контуров проточек

8.При необходимости облегчить конструкцию вала (см. рис.6) доработаем геометрию его внутренней полости, например, так как показано на рис.8.



Рис.8 - Доработка внутренней полости

9.Получим объемную модель заготовки вала, используя функцию «Вращение» () , указав последовательно по запросу системы профиль, угол его поворота вокруг оси (360 градусов) и две точки на оси вращения (рис. 9).

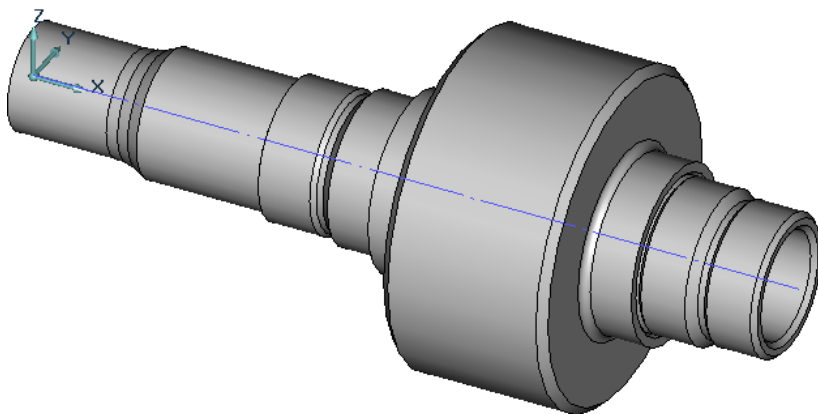



Рис.9 - 3D модель заготовки входного вала

Таким образом, чтобы получить объемную модель **заготовки любого вала**, нужно выполнить «Чтение фрагмента», указав нужный фрагмент (заготовка_n.cat) и строку в таблице значений параметров, соответствующую нужному варианту заготовки. При необходимости для ввода значений в таблицу параметров используем предварительно подготовленный файл MS Excel. При выборе различных строк таблицы контур модели перестраивается в соответствии со значениями параметрических размеров, содержащихся в ней. При необходимости

контур модели редактируем и затем вращаем вокруг оси.

1.1.2 Построение модели цилиндрического зубчатого венца

1.Нажмем кнопку «Абсолютная рабочая плоскость YZ»  (продольная ось модели вала при этом расположится перпендикулярно плоскости экрана).

2.Построим профиль зуба на заготовке входного вала. Для этого, во-первых, откроем 3-й лист («ГОСТ 13755-81») книги MS Excel файла «зуб. xls» и убедимся, что соотношение параметров $m=5$ и $z=17$ выбрано нами в соответствии с ГОСТом. Во-вторых, в 1-м листе («Исходные данные») введя заданные параметры ($m=5$ и $z=17$) в свободную строку, автоматически получим производные от них расчетные параметры зубчатого колеса. В третьих, закроем файл «зуб.xls», сохранив введенную информацию.

Прочтем файл «схема_зк.cat» из каталога фрагментов ADEM 8.1, в таблицу параметров вставим информацию 2-го листа («Результаты расчета») файла «зуб.xls» (как - см. выше - п.5 раздела 1.1.1), **ОК**, укажем строку таблицы параметров, в конце которой указано значение $z=17$ и вызовем профиль зуба (**ОК, Home, Пробел, Пробел, Esc**).

3.Произведем угловое копирование профиля зуба (центр копирования **Home**, угол $=360/17$, число копий $=16$), **ОК** (рис.10).

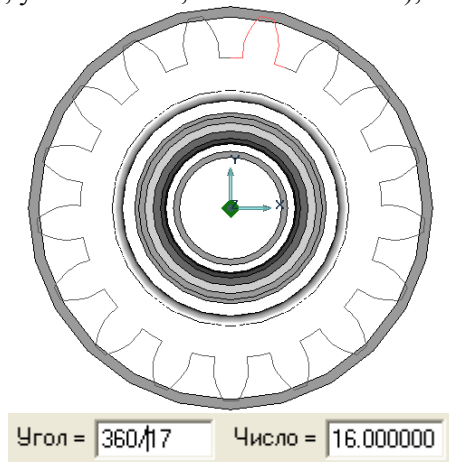




Рис.10 - Создание профиля зубчатого венца угловым копированием

4. Профиль зубчатого венца шестерни получим, собрав копии профилей зубьев («Сборка элемента» в меню «Дополнительные функции» ).

5. Создание модели зубчатого венца шестерни на заготовке вала осуществим при помощи функции «Извлечение тела»  (рис.11).

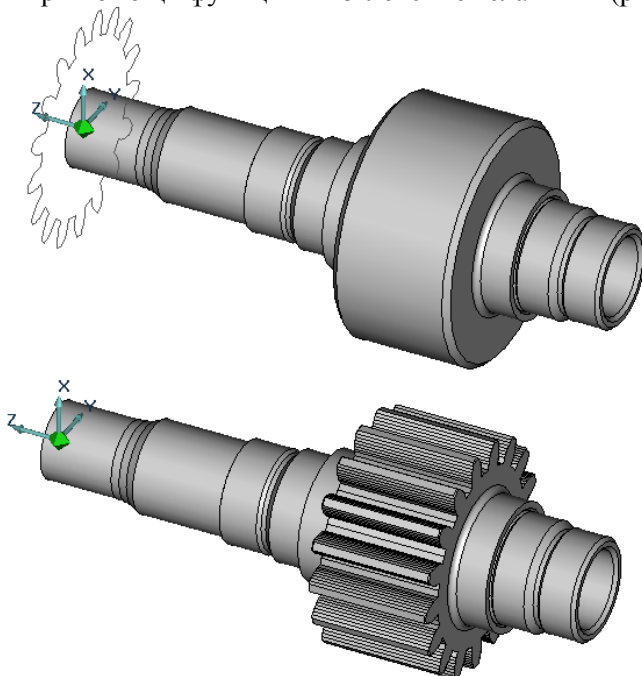




Рис.11 - Создание объемной модели зубчатого венца


1.1.3 Построение модели шлицов


Построение модели шлицов осуществляем в той же последовательности и в той же рабочей плоскости (YZ ) , как в случае моделирования зубчатого венца шестерни: во-первых, открыв 3-й лист («ГОСТ 6033-80») книги MS Excel файла «Шлицы на валу.xls» убедимся, что соотношение параметров $m=1,5$ и $z=22$ выбрано нами в соответствии с ГОСТом; во-вторых, в 1-м листе («Исходные данные»), введя заданные параметры ($m=1,5$ и $z=22$) в свободную строку, автоматически получим производные от них

расчетные параметры шлицевого профиля; в третьих, закроем файл «Шлицы на валу.xls», сохранив введенную информацию.

Прочтем файл «схема_шл.cat» из каталога фрагментов ADEM 8.1, в таблицу параметров вставим информацию 2-го листа («Результаты расчета») книги MS Excel файла «Шлицы на валу.xls» (как - см. выше - п.5 раздела 1.1.1), **ОК**, укажем строку таблицы параметров, в конце которой указано значение $z=22$ и вызовем профиль шлицевого зуба (**ОК, Home, Пробел, Пробел, Esc**).

Произведем угловое копирование профиля зуба (центр копирования **Home**, угол $=360/22$, число копий $=21$), **ОК** (рис.12а). Профиль зубчатого венца шлицов получим, собрав копии профилей зубьев («Сборка элемента» в меню «Дополнительные функции» ). Создание модели шлицов на заготовке вала осуществим в следующем порядке:

-функцией «Смещение»  создадим модель шлицевого вала, указав профиль зубчатого венца и сместив его на высоту минус 41 мм (30 мм - длина шлицов полного профиля плюс участок выхода фрезы – см. рис.1) (рис.12б);

-построим окружность диаметром чуть меньше внутреннего диаметра шлицов (см. рис.12б) и функцией «Сквозное отверстие»  создадим внутреннюю полость шлицевого вала (рис.12в);

-окончательный результат получим, выполнив булеву операцию «Объединение элементов»  с моделями вала-шестерни и шлицевого вала.

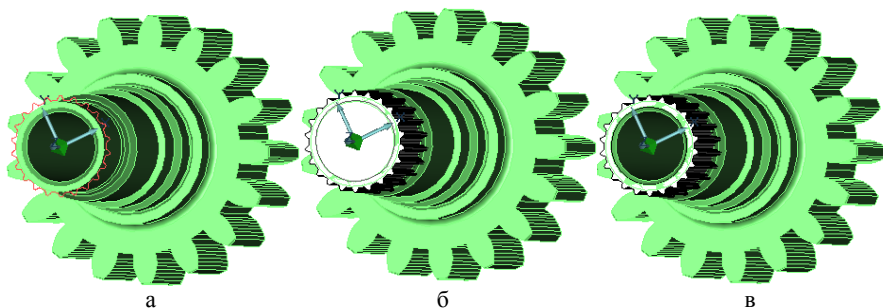



Рис.12 - Создание объемной модели шлицов


1.1.4 Построение моделей пазов

1. Для моделирования пазов вернемся к абсолютной рабочей плоскости XY . В нашем случае (см. рис.1) длина пазов для установки пластинчатых шайб равна 20.5 мм, а глубина – 4.5 мм.

2. Воспользуемся параметрическим фрагментом паза из базы данных ... \Валы\Пазы\b=6\паз_6.cat.

3. Прочтем этот файл из каталога фрагментов ADEM 8.1. Из таблицы параметров выберем 7-ю строку (длина=22, глубина=5), **ОК**.

4. Последовательно установим их, как показано на рис.13а.

5. Модель вала с пазами получим функцией «Вычитание элементов»  (рис.13б).

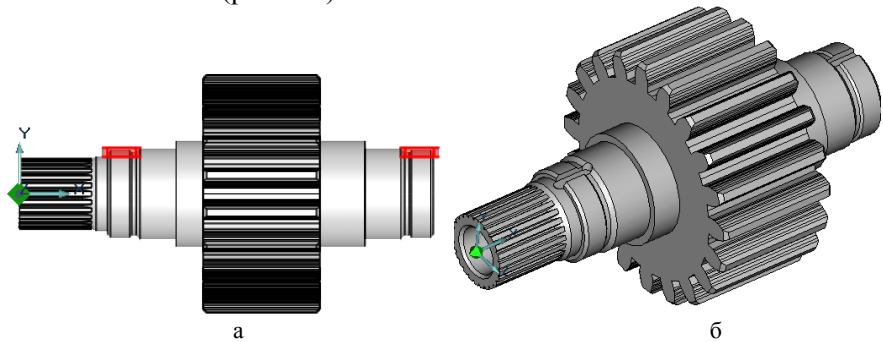


Рис.13 - Создание объемных моделей пазов

Файлы, содержащие объемные модели деталей, сохраним в папке «Готовые детали», например, под именем «Вал входной_N.adm», где N – номер задания.

2. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Модель «заготовки» в виде комплексного представителя конструкции колеса (без зубчатого венца и профилей шлицов) представлена на рис. 14.

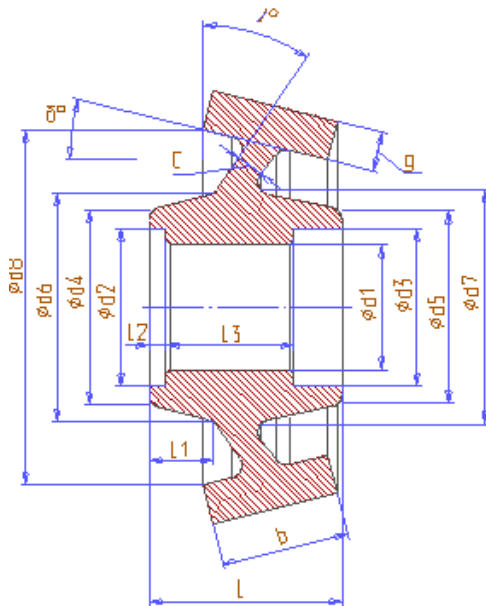


Рис.14 - Комплексный представитель зубчатого колеса

Ей соответствует файл, расположенный по маршруту ...Колеса\схема колеса.adm. Такой комплексный представитель включает как конструкцию конического, так и цилиндрического колес, а также возможность, при необходимости, моделирования зубчатого венца на ободе и шлицов во втулке. В случае построения модели цилиндрического колеса, значения углов (α и β) следует обнулить.

Модели заготовки комплексного представителя колеса соответствуют два файла с информацией о параметрической модели: «колесо коническое.xls», созданного в среде MS Excel и «колесо.cat», сохраненного в каталоге фрагментов системы ADEM.

1.Откроем файл «колесо коническое.xls» и в соответствии с параметрами, указанными в чертеже комплексного представителя

колеса введем в ячейки новой строки («№ варианта») 1-го листа таблицы MS Excel (рис.15) предварительно рассчитанные значения основных параметров заготовки:

- m , z , b – модуля, количества зубьев и ширины зубчатого венца;
- γ , δ - углов наклона диска и обода;
- $D_{шл}$ и m – наружного диаметра и модуля шлицов;
- d_2 и d_3 – диаметров проточек;
- L , L_1 , L_2 , L_3 и C – ширины ступицы, расстояния до полотна (диафрагмы) диска, длины шлицов, ширины центрирующей проточки и толщины полотна диска.

№ детали	Данные с конструкторского чертежа детали																
	Зубчатый венец						Шлицы										
m	z	b	δ , град.	γ	$D_{шл}$	m	z	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_0^*	
деталь №1	6	20	50	30	19	50	2	3	24	45	50	56	62	68	76,5588	82,5588	110,287
деталь №2	3,5	90	38	32	19	54	2	3	24	45	50	56	62	68	91,1176	97,1176	307,484
деталь №3	4	22	30	15	10	35	2	3	16	29	40	40	52	52	52	52	79,0718
Пр. вал 3-15	5	64	40	31,36	19	70	2	3	28	53	76	79	88	91	102,559	105,559	310,34
Вх. вал 3-15	5	29	40	30	20	45	2	3	21	39	49	49	61	61	75,5588	75,5588	135,34

Рис. 15 - Фрагмент таблицы MS Excel (файл «колесо коническое.xls»)

В соответствии с рекомендациями справочника конструктора автоматически вычисляются значения:

- z , d_1 – числа и внутреннего диаметра шлицов;
- d_4 , d_5 , d_6 , d_7 – диаметров ступицы;
- d_8 , d_0 – внутреннего и наружного диаметров обода;
- g – высоты обода.

2. Сохраним файл с введенными нами параметрами под именем «заг_ «имя колеса» (например, центральное, сателлит, вх. вал, пр.вал) _ N. xls», где N – номер варианта задания на курсовой проект.

3. Запустим ADEM 8.1 и прочтем из каталога фрагментов файл «колесо.sat». Указывая каждую из строк параметров появившейся таблицы, посмотрим результат изменения геометрии заготовки (рис. 16).

Для построения заготовки нашего колеса найдем и подключим файл, с нужными нам параметрами (записанный нами), нажав кнопку **Excel**. В меню «Параметры Excel» под именем «заг_вх вал_ N. xls», укажем **лист 3** книги Excel и размер колонки не менее 10, **ОК**.

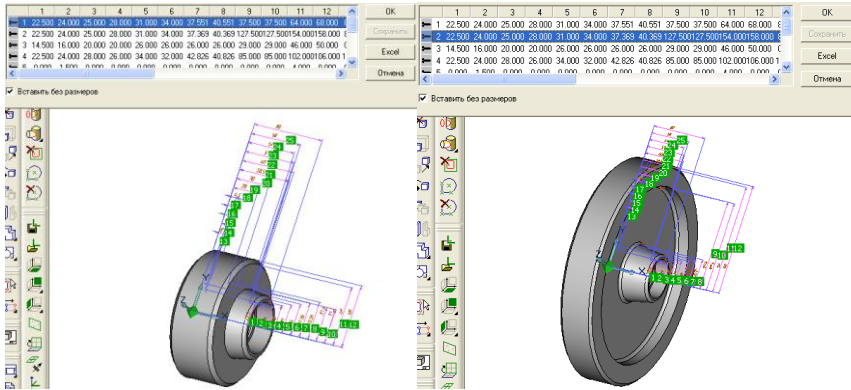


Рис.16 - Параметрические модели заготовки колеса

При этом в таблице параметров должны появиться значения новых, нами введенных при выполнении п.1 значений размеров (рис.17).

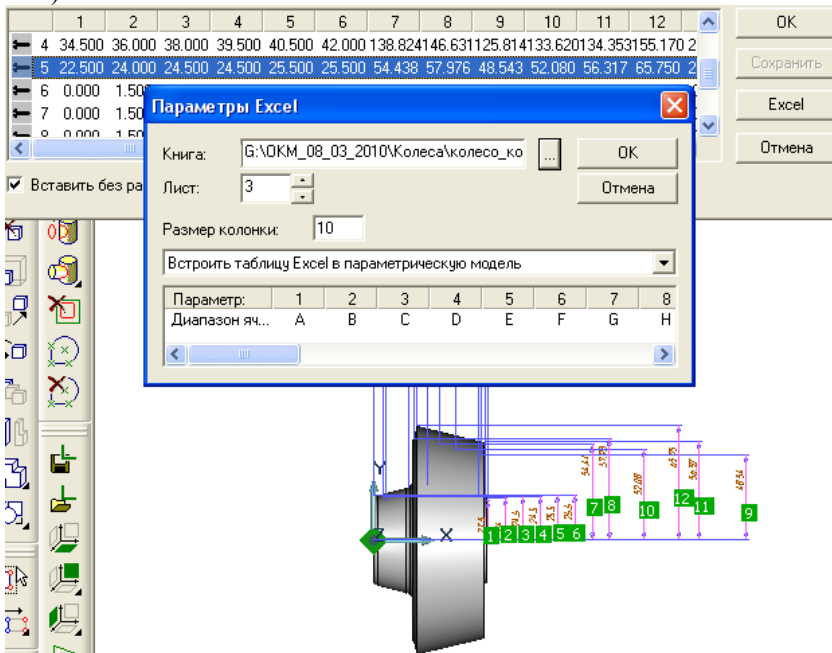


Рис.17 - Встраивание параметров Excel в параметрическую модель заготовки

4. Указав на только что сформированную строку в таблице параметров, получим нужную нам геометрию плоского контура заготовки колеса входного вала.

Моделирование цилиндрического зубчатого венца на заготовке колеса и шлицов внутри ступицы насадного колеса осуществим аналогично тому, как описано выше (см. п. 1.1.2 «Построение модели цилиндрического зубчатого венца») (рис.18).

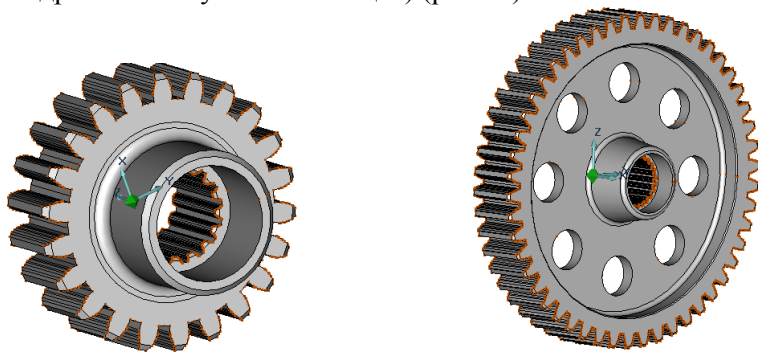


Рис.18 - Модели цилиндрических насадных колес

2.1. Особенности построения моделей зубчатых венцов конических колес

В случае моделирования геометрии зубчатого колеса, предназначенного для имитации конструкции вала-шестерни с внешним облегчением зубчатого колеса, когда вал и зубчатое колесо являются одним целым (рис. 19) моделировать шлицы внутри ступицы нам не нужно.

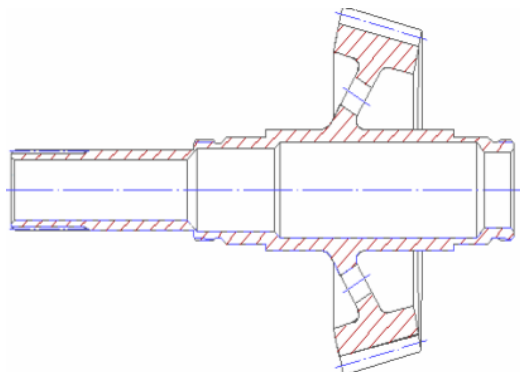


Рис.19 - Конструкция вала-шестерни с внешним облегчением зубчатого колеса

1. Поэтому в очередной, вновь создаваемой строке 1-го листа таблицы MS Excel файла «колесо коническое.xls» параметр Dшп (наружный диаметр шлицов) должен быть приравнен значениям параметров d2 и d3 (диаметры проточек), которые, в свою очередь, должны быть равными диаметру D заготовки вала (диаметру, по которому осуществляем «посадку» ступицы конического зубчатого колеса на вал), а значения L2 и L3 обнулены.

Результат моделирования заготовки колеса представлен на рис. 20.

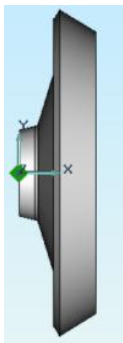



Рис.20 - Модель заготовки конического зубчатого колеса

2. Создаем профиль зубчатого венца в той же последовательности, которая приводится выше (см. п. 1.1.2 «Построение модели цилиндрического зубчатого венца», **кроме выполнения п.5!**) (рис.21а).

Затем переходим в плоскость XY , проводим через центр профиля горизонтально вспомогательную линию, а через верхнюю точку профиля вспомогательную линию под заданным углом (рис.21б).

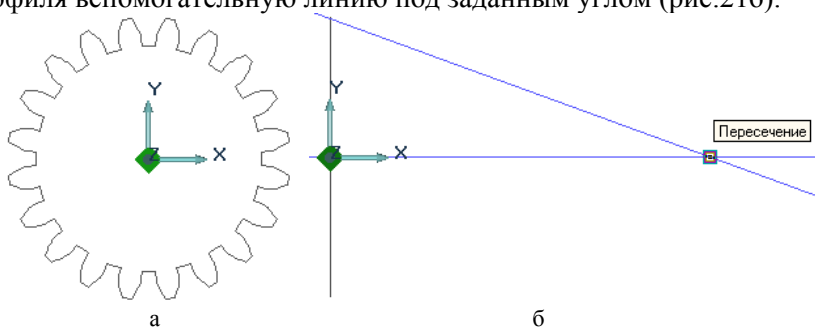







Рис 21 - Построение профиля зубчатого венца и направляющей

3. Переходим в плоскость YZ , выбираем функцию «Пирамида»  под кнопкой «Смещение» , выделяем исходный профиль; при запросе исходной точки, выбираем пересечение двух построенных линий (см. рис. 21б), ОК. Результат построения представлен на рис. 22а. Переходим в плоскость XZ , смещаем рабочую плоскость по оси Z на величину ширины зубчатого венца (например, $Z = 25$), и удаляем лишнюю часть, отрезав (триммировав) ее рабочей плоскостью  – рис 22б. Чтобы сделать края зубчатого венца с таким же наклоном, как у колеса (шестерни) (рис. 22в) создаем 3 конуса (рис.22г) и вычитаем их (рис. 22д). Полученный зубчатый венец «одеваем» на колесо – рис.22е.

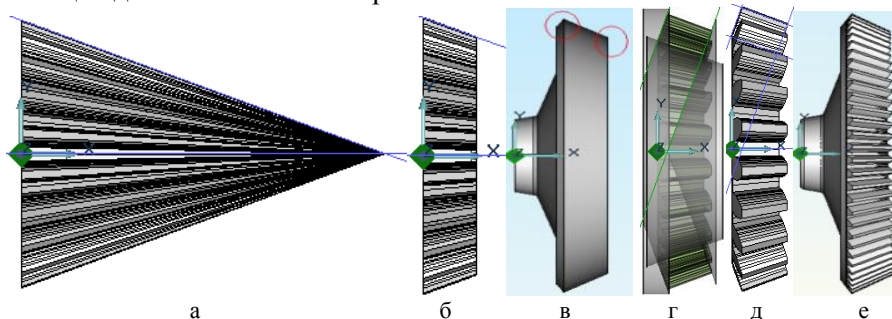


Рис.22. Моделирование конического зубчатого венца и колеса

3. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ СТАКАНА ПОДШИПНИКА

На рис. 23 представлены изображения 3D модели и чертежа комплексного представителя стакана подшипника составленные на основе изучения и обобщения пяти вариантов конструкций стаканов (рис 24).

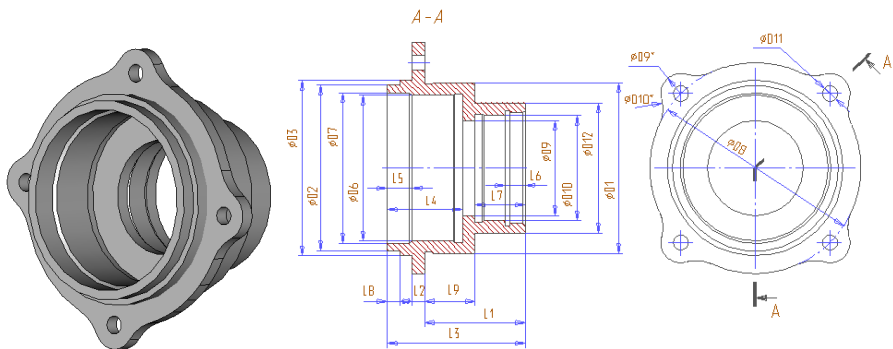


Рис.23 - 3D модель и чертёж комплексного представителя стакана подшипника

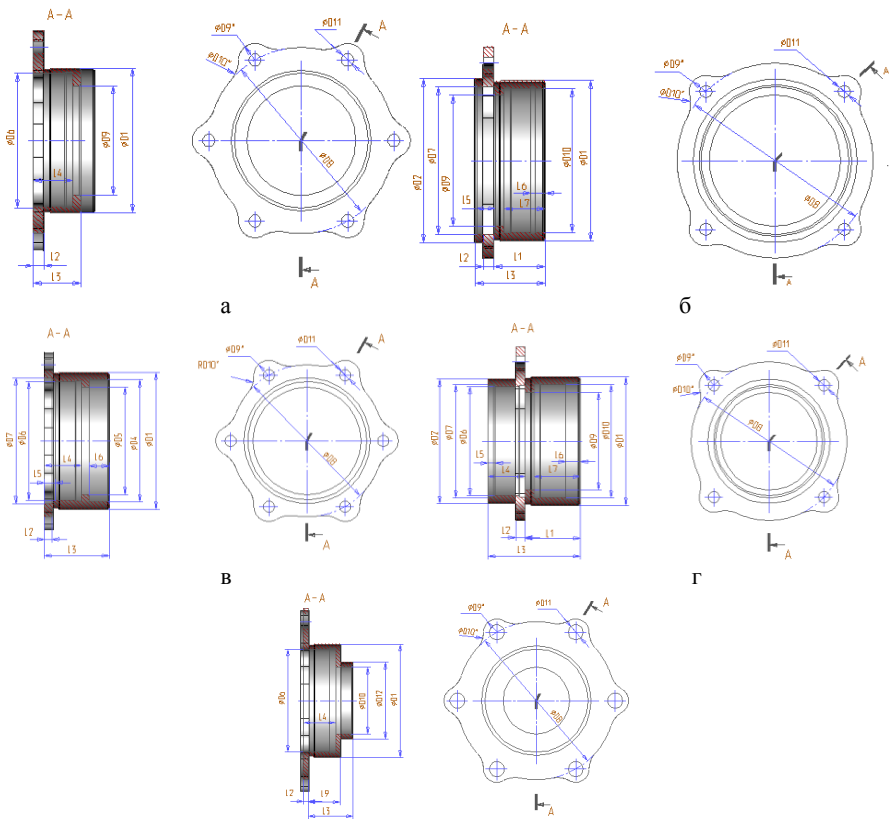


Рис.24 - Варианты 3D моделей и чертежей стаканов подшипника

Каждому из пяти вариантов конструкции стакана подшипника (рис. 24) представленных в виде 3D моделей и чертежей соответствует строка таблицы 1-го листа книги MS Excel (рис.25):

- 3-ей строке – вариант а);
- 4-ой строке – вариант б);
- 5-ой строке – вариант в);
- 6-ой строке – вариант г);
- 7-ой строке – вариант д) (см.рис. 24).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1	№ детали	D1	D2	L8	D4	D7	D6	D9	D10	D3	D12	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L9	D13	D4	D5	D6	D7	
2	типовой предоститель	68	66	5	44	60	58	38	42	70	52	40	4	55	30	10	8	20	20	46	84	16	30	6	
3	1	93	93	0	75	89	85	75	75	93	93	25	5	30	26	1	0	0	25	75	120	16	32	6	
4	2	78	80	0	70	74	72	64	70	80	78	25	5	34	10	1	0	7	20	25	72	95	16	32	6
5	3	74	74	0	64	66	64	58	58	74	74	30	4	34	24	8	5	5	30	64	82	14	32	6	
6	4	68	66	16	62	60	58	52	60	66	68	30	4	50	20	5	8	25	30	62	84	16	32	6	
7	5	68	68	0	40	64	62	40	40	68	46	26	4	30	18	1	14	14	19	40	95	14	32	6	

Рис.25 - Таблица основных параметров стаканов подшипника

1.Для построения модели стакана подшипника нужной нам конфигурации введем рассчитанные ранее в проектной части курсового проекта значения основных параметров в свободную строку таблицы 1-го листа книги MS Excel.

Для этого откроем файл «КП стакана.xls», который находится по маршруту...Стакан\КП стакана.xls.

2.Сохраним файл с введенными нами параметрами под именем «стакан_ N. xls», где N – номер варианта задания на курсовой проект.



3. Запустим ADEM 8.1 и прочтем из каталога фрагментов файл «КП стакана.cat»

4.Для построения модели стакана подшипника с нужными нам параметрами нажмем кнопку **Excel**. В меню «Параметры Excel» (рис.26) найдем и подключим файл, записанный нами под именем «стакан_ N. xls», укажем лист 3 книги MS Excel и размер колонки не менее 10, **ОК**. Затем в таблице параметров выбираем нужную нам строку, **ОК**, тем самым получим нужную нам геометрию модели стакана подшипника.

5.На запрос системы выбираем положение заготовки - **Home**, **Пробел**. Направление оси стакана - **Пробел**, **Esc**.

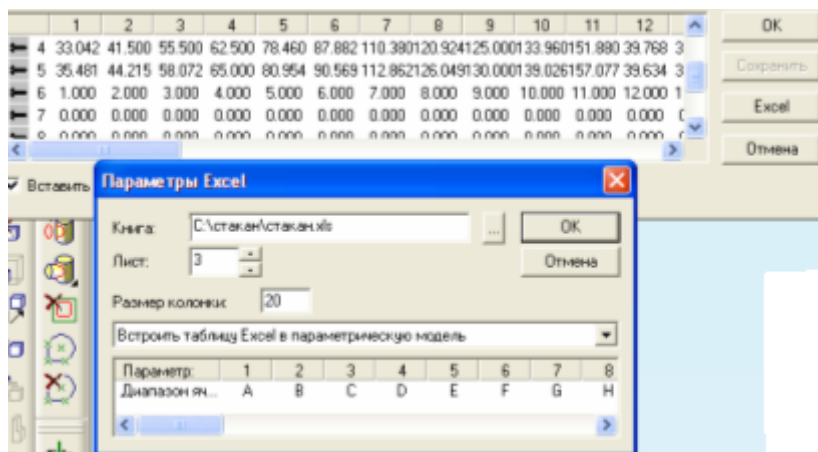


Рис.26 - Встраивание параметров Excel в параметрическую модель стакана

4. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ КРЫШКИ ПОДШИПНИКА

На рис. 27 представлены изображения 3D моделей различных вариантов конструкции крышек подшипников: глухой с приливом под масленку (рис. 27а), сквозной для установки уплотнительной манжеты (рис.27б), сквозной для установки уплотнителя в виде резиновых колец (рис.27в).

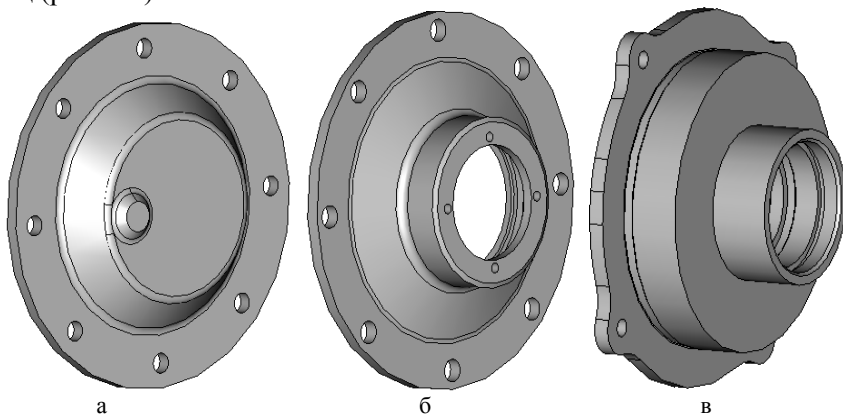


Рис.27 - 3D модели крышек подшипника

На рис. 28 показаны чертежи комплексных представителей глухой (рис.28а) и сквозной (рис.28б) крышек подшипника.

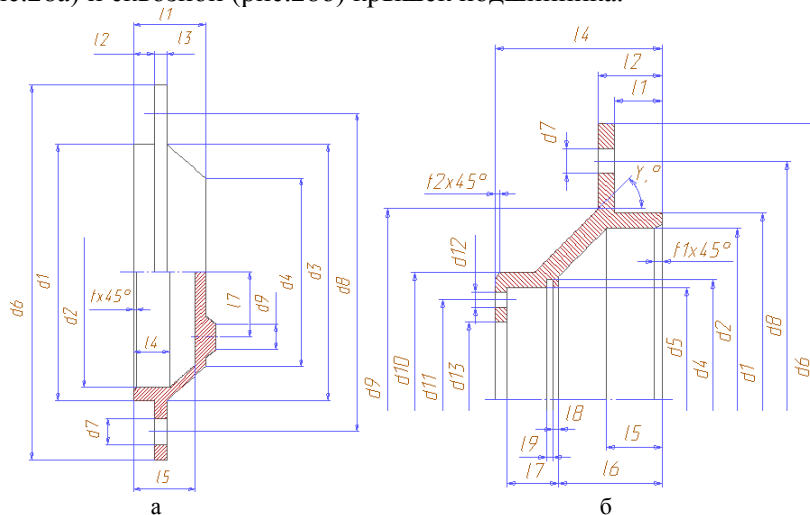


Рис.28 - Чертежи комплексных представителей крышек подшипника

1. Для построения модели глухой крышки подшипника с приливом под масленку занесем рассчитанные ранее в проектной части курсового проекта значения основных параметров в свободную строку таблицы 1-го листа книги MS Excel (рис.29).

Параметр	D1	D2	D3	D4	D6	L1	L2	L3	L4	L5	f	D7	D8	D9	L7
Значение	100	90	100	74	146	28	8	5	14	24	1	8	126	20	25

Рис.29 - Таблица основных параметров глухой крышки подшипника

Для этого в зависимости от количества отверстий на фланце откроем файл «крышка глухая 6 отв.xls» или «крышка глухая 8 отв.xls», который находится по маршруту...Крышка глухая с приливом под масленку\крышка глухаяxls.

2. Сохраним файл с введенными нами параметрами под именем «крышка глухая_ N. xls», где N – номер варианта задания на курсовой проект.

3. Запустим ADEM 8.1 и прочтем из каталога фрагментов файл «крышка глухая 6 отв.cat» или «крышка глухая 8 отв.cat»



4. Для построения модели глухой крышки подшипника с нужными нам параметрами нажмем кнопку **Excel**. В меню «Параметры Excel» найдем и подключим файл, записанный нами под именем «крышка глухая_ N. xls», укажем лист 3 книги MS Excel и размер колонки не менее 10, **ОК**.

Для построения модели сквозной крышки подшипника порядок действий аналогичен порядку, приведенному выше (см. п.п. 1, 2, 3, 4 разд.4). В этом случае занесем рассчитанные ранее в проектной части курсового проекта значения основных параметров в свободную строку таблицы 1-го листа книги MS Excel (рис.30).

Параметр	D1	D2	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	F1	F2	L1	L2	γ, град	L4	L5	L6	L7	L9	L8
Значение	100	92	66	62	145	7	126	102	70	56	5	45	1	2	12	16	45	42	14	26	13	1,5	1,5

Рис.30 - Таблица основных параметров сквозной крышки подшипника

Для этого в зависимости от количества отверстий на фланце откроем файл «крышка сквозная 6 отв.xls» или «крышка сквозная 8 отв.xls», который находится по маршруту...Крышка сквозная\крышка сквознаяxls; сохраним файл с введенными нами параметрами под именем «крышка сквозная_ N. xls», где N – номер варианта задания на курсовой проект; запустим ADEM 8.1 и прочтем из каталога



фрагментов в зависимости от количества отверстий на фланце «крышка сквозная 6 отв.cat» или «крышка сквозная 8 отв.cat», который находится по маршруту...Крышка сквозная\крышка сквознаяxls; для построения модели сквозной крышки подшипника с нужными нам параметрами нажмем кнопку **Excel**. В меню «Параметры Excel» найдем и подключим файл, записанный нами под именем «крышка сквозная_ N. xls», укажем лист 3 книги MS Excel и размер колонки не менее 10, **ОК**.

5. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ УПЛОТНЕНИЙ (УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАНЖЕТ)

Последовательность построения объемной модели манжетного уплотнения показана на рис. 31.

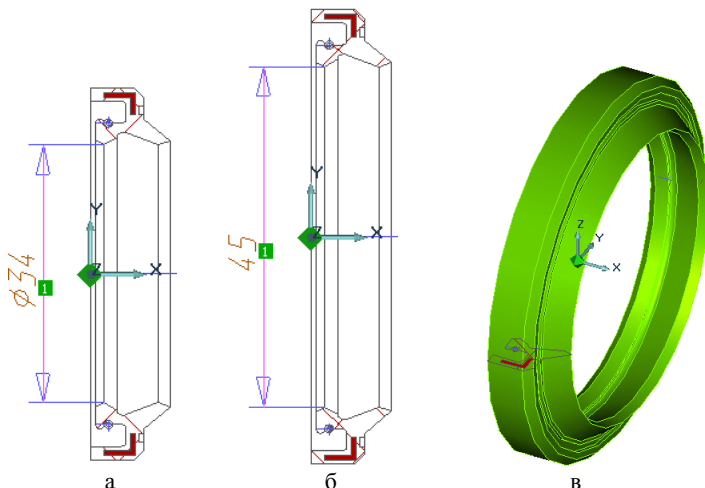



Рис.31 - Последовательность построения 3D модели манжеты

1.Откроем файл «Манжета ПРМ.adm» (см. рис31а).

2.В меню «Параметризация» в верхней строке экрана АДЕМ 8.1 выберем опцию «Изменение размеров ПРМ». В ответ на запрос системы «Выберите размер» укажем диаметр 34 мм и введем новое значение, например, 45 мм, **OK, Esc** (см. рис.31б).

3.Функцией «Вращение»  последовательно создадим объемные модели пружинного кольца, каркаса и уплотняющего элемента (см. рис.31в).

6. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ И КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

База 3D параметрических моделей подшипников и деталей крепежа (болтов, гаек и пр.), соответствующая ГОСТам в виде файлов каталога (*.cat) расположена по маршруту ...\\Program Files\\Adem81\\adm\\Library\\Объемные элементы\\3d_гост\\...

7. СОЗДАНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ РЕДУКТОРА

Сборку модели редуктора реализуем в среде АДЕМ CAD 8.1. Для этого предварительно построим и запишем все входящие в его конструкцию 3D модели сборки каждого из валов и корпусов. В

качестве примера последовательно рассмотрим моделирование 3D сборки входного, промежуточного и выходного валов редуктора.

7.1. Сборка 3D модели входного вала

Последовательность сборки входного вала представлена на рис.32

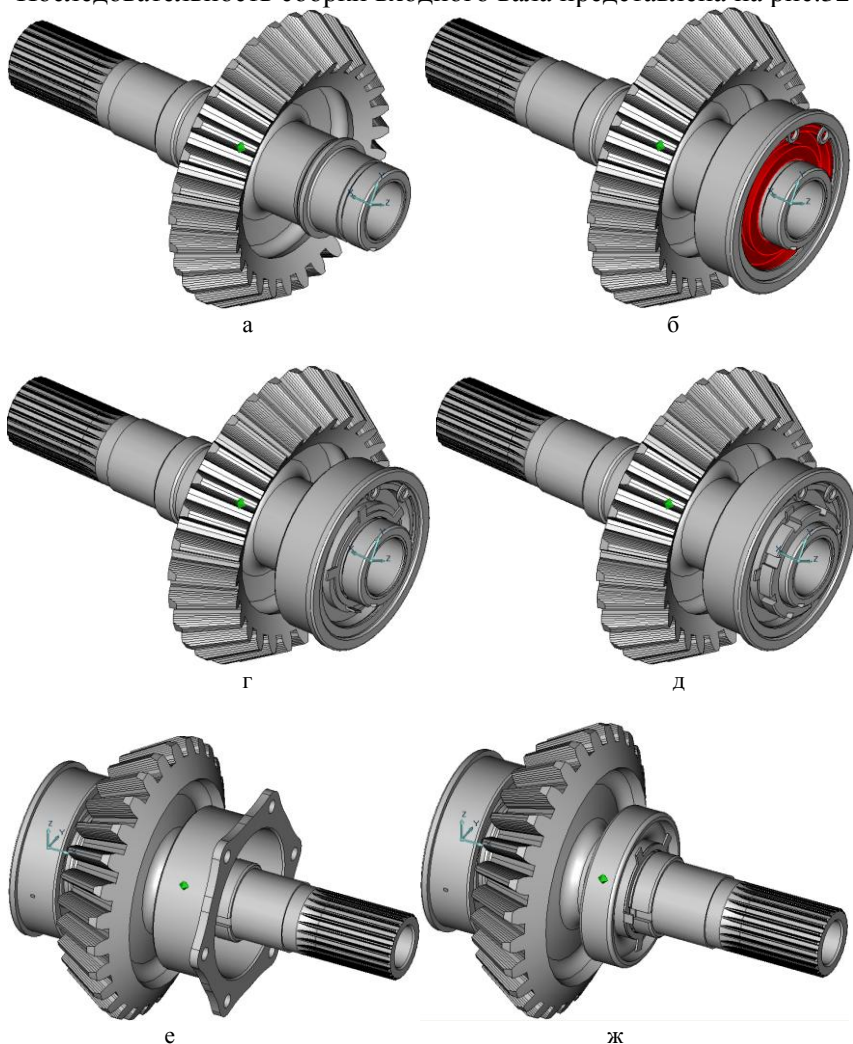
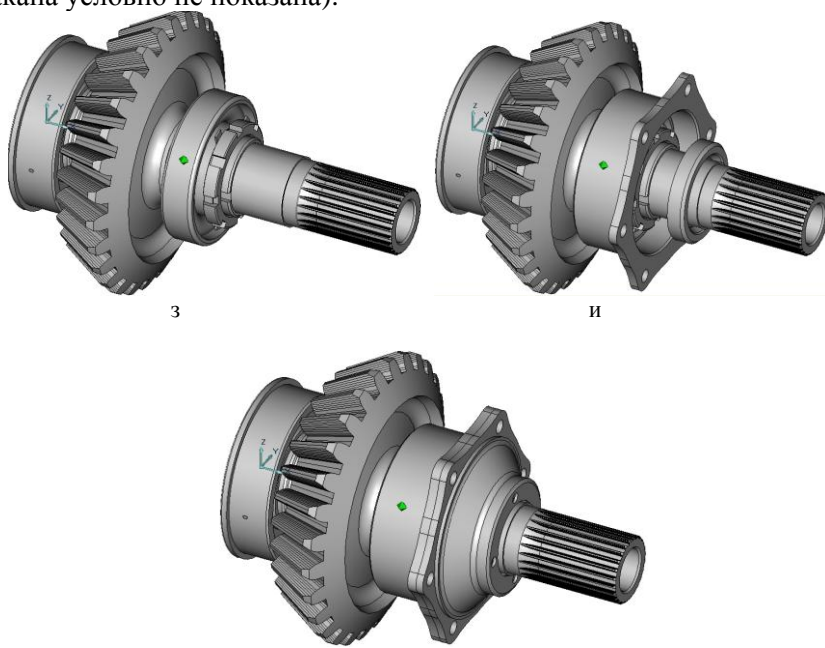


Рис.32 – Последовательность сборки входного вала (см.также с. 31)

На противоположный от входа конец 3D модели вала (рис.32а) установим модель подшипникового узла, состоящего из стакана, вставленного в него подшипника и пружинного стопорного кольца (рис. 32б). Затем установим для контровки гайки пластинчатую шайбу, «навернем» и «закончим» шлицевую гайку (рис 32г и 32д).

Затем со стороны входного конца последовательно установим модель стакана (рис.32е), в нее последовательно модель подшипника и модель пластинчатой многолапчатой шайбы (рис.32ж – модель стакана условно не показана).



к
Рис. 32 - Окончание

«Навернем» и «закончим» гайку (рис.32з), установим манжетное уплотнение (рис.32и) и крышку подшипника (рис.32к).

7.2. Сборка 3D модели промежуточного вала

Последовательность сборки промежуточного вала представлена на рис.33. На модель промежуточного вала (рис.33а) установим модель насадного конического зубчатого колеса (рис.33б), модель

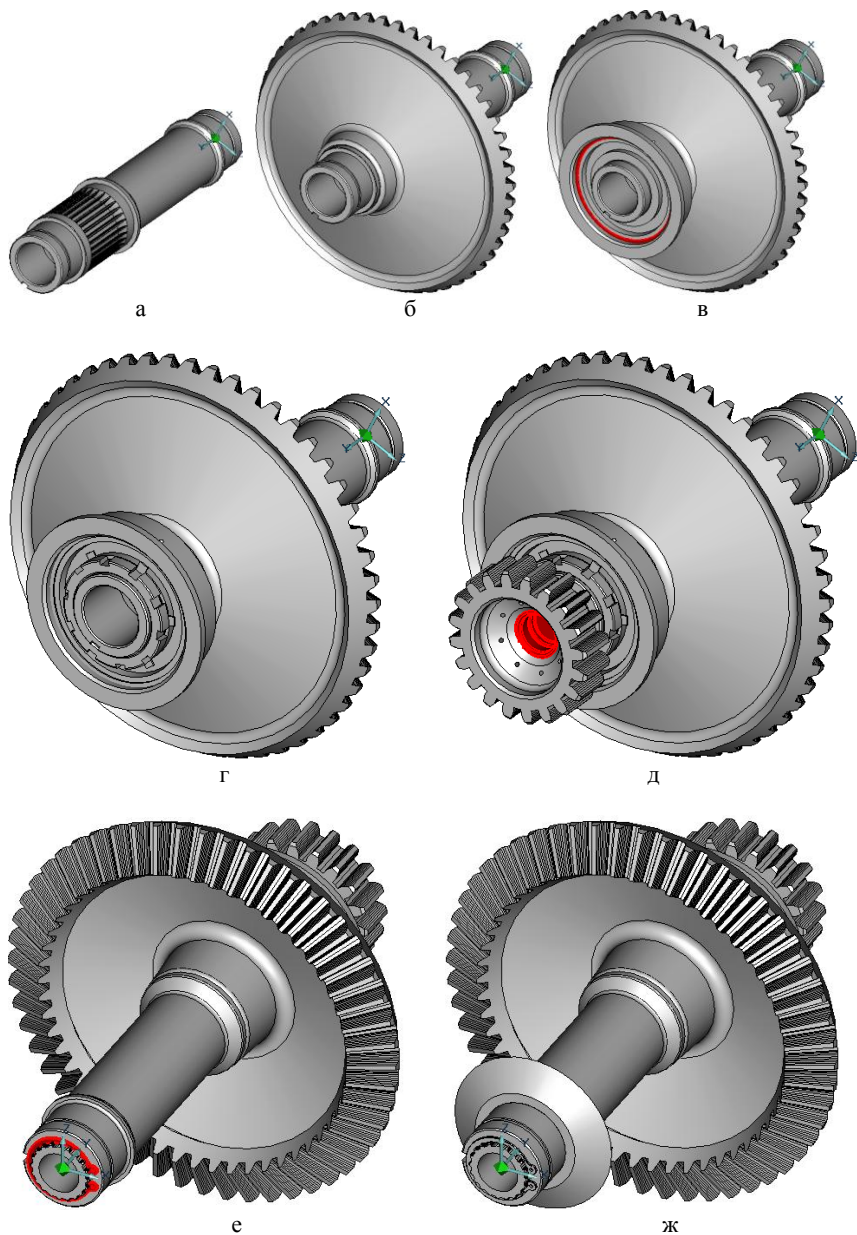


Рис. 33 – Последовательность сборки промежуточного вала (см.также с. 33)

подшипникового узла в сборе (рис.33в), модели пластинчатой шайбы и шлицевой гайки (рис.33г), а также модели рессоры с центральным колесом и заглушки (рис.33д). Установив на рессору стопорное кольцо (рис.33е) предотвратим ее осевое смещение. Затем поставим на место масло- отбойное кольцо (рис.33ж).

Затем, последовательно установив модели стакана подшипника, подшипника, шайбы и гайки (рис.33з), а также крышки подшипника получим модель промежуточного вала в сборе (рис.33и).

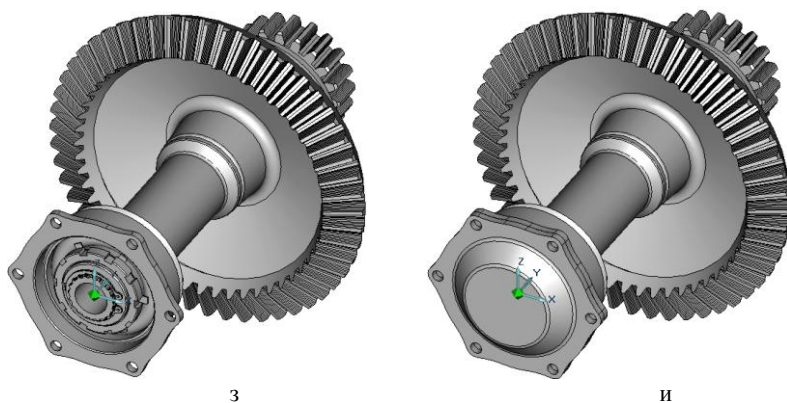
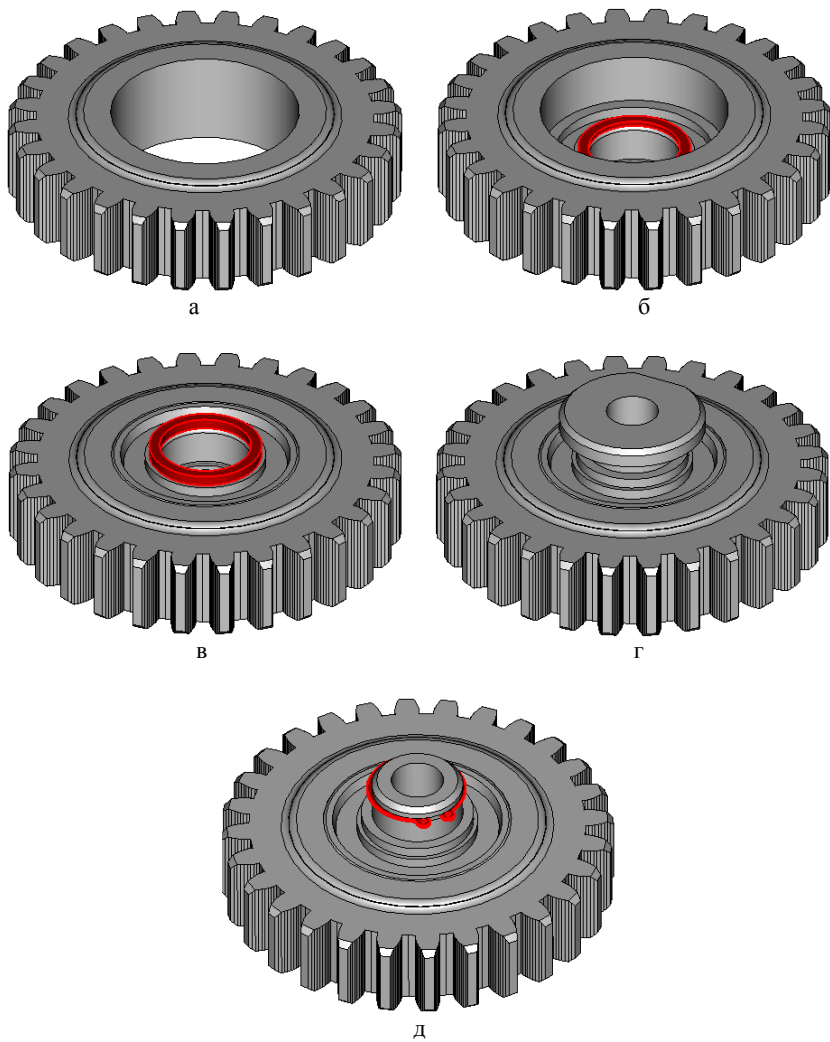


Рис. 33 – Окончание

7.3. Сборка 3D модели выходного вала

Продолжим моделировать сборку редуктора в кинематической последовательности: от промежуточного вала через рессору и центральное колесо крутящий момент распределяется на четыре сателлита, которые находятся в зацеплении с короной. Передача крутящего момента на выходной вал осуществляется посредством осей, установленных в каждом из четырех сателлитов.

Подробнее смоделируем конструкцию сателлита в сборе (рис.34). Во внутреннюю полость модели зубчатого колеса (рис.34а) последовательно установим модели подшипника, кольца – проставки (на рис.34б выделена красным цветом), второго подшипника и еще двух колец (на рис. 34в верхнее кольцо показано красным цветом, нижнее симметричное ему - не видно). Затем вставим модель оси сателлита (рис 34г) и зафиксируем ее от осевого смещения пружинным кольцом (рис.34д).



д
Рис. 34 – Сателлит

Модели кольца, в которое устанавливаются оси сателлитов и выходного вала показаны на рис. 35а и 35б. Между ними установлены четыре распорные втулки, в которые вставлены болты. Болты и стягивающие их гайки кончаются усиками пластинчатых шайб.

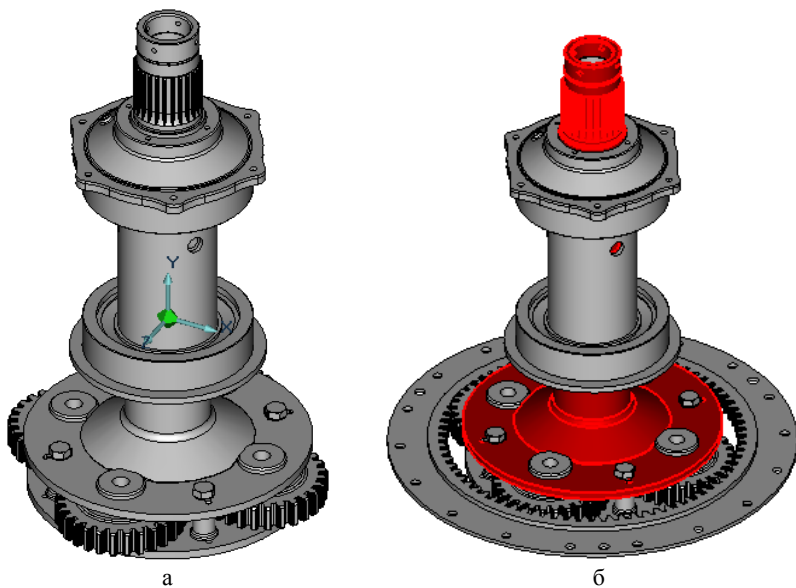


Рис.35 - Модели короны, сателлитов выходного вала в сборе

Моделирование сборки подшипниковых узлов выходного вала аналогично моделированию подшипниковых узлов входного и промежуточного валов, показанных выше (см. рис.32 и рис.33). На рис. 35 показаны также модели проставки (втулки) между подшипниковыми узлами выходного вала и короны.

После окончания моделирования отдельных узлов редуктора (входного, промежуточного и выходного валов с планетарной передачей) построим объемную (3D) модель редуктора (рис.36).

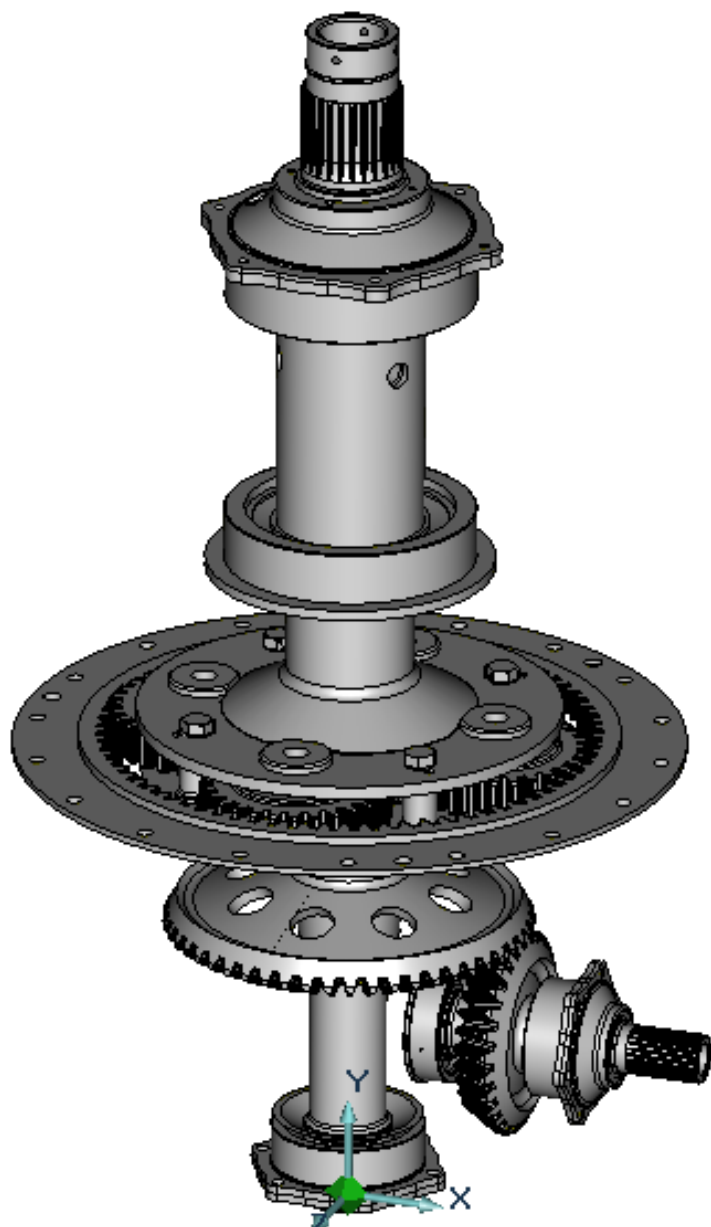



Рис. 36 - Модель вертолетного редуктора в сборе

8. СОЗДАНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА И ДЕТАЛИРОВКИ

8.1 Создание сборочного чертежа

После того, как построили 3D модель всего редуктора с помощью кнопки «Создание чертежных видов по 3D моделям»  создаем главный вид редуктора. Для этого делаем разрез с помощью функции

 Разрез ломаный

Затем удаляем все ненужные линии, корректируем, прорисовываем корпус (его тоже можно сделать в 3D) и все нестандартные детали (например, форсунки, суфлер-отдушину и т.д.), делаем штриховку, проставляем все необходимые на данном виде размеры и позиции (рис.37).

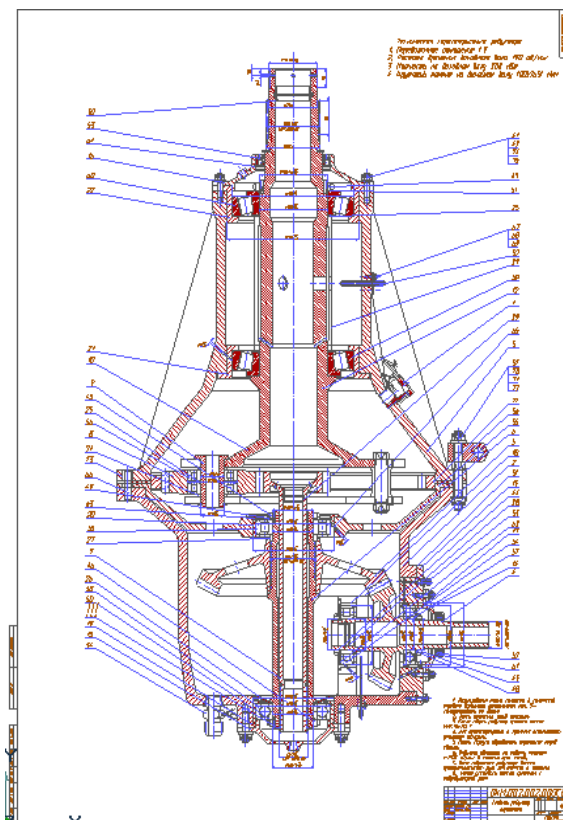


Рис. 37 - Сборочный чертёж редуктора (главный вид)

8.2 Построение изображений деталей по 3D моделям

Рассмотрим вопрос применения параметрических моделей для создания в автоматизированном режиме плоских геометрических моделей, реализацию перестройки видов, разрезов и сечений, полученных по трехмерной модели в соответствии с изменением ее геометрии.

Получим чертеж стакана. Для этого вызовем из базы данных 3D модель стакана с заданными размерами (рис. 38).

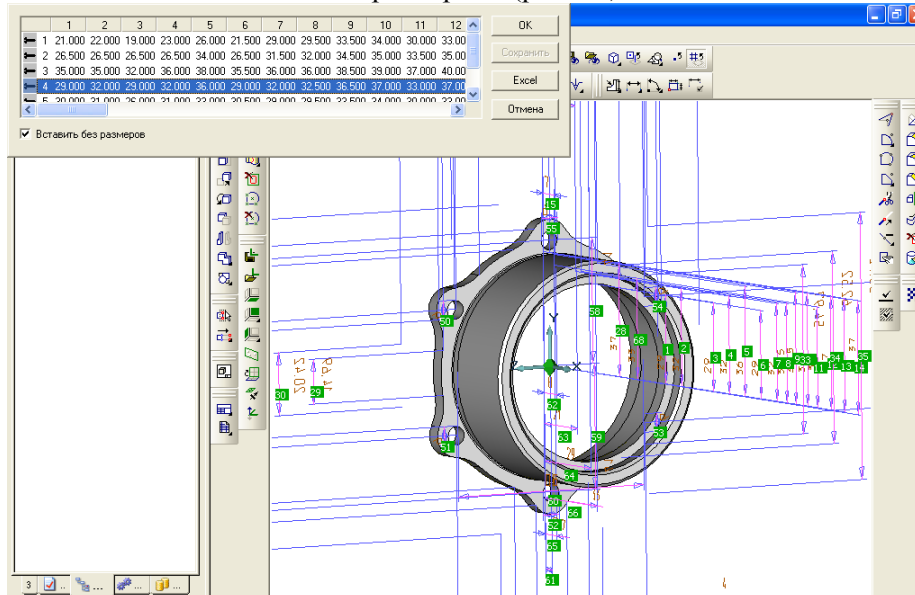



Рис.38 - Извлечение 3D модели стакана из базы данных

С помощью функции «Создание чертежных видов по 3D модели»  получим необходимые виды: вид слева и изометрический, зададим расстояние между видами (рис. 39).

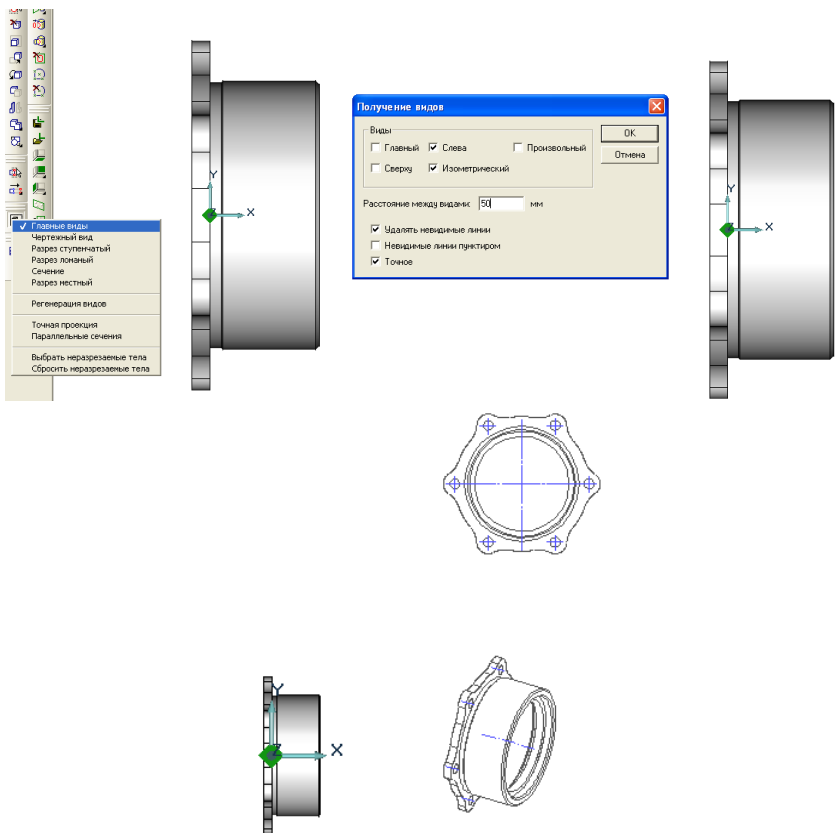


Рис. 39 - Создание плоских видов

Для получения главного вида в разрезе в меню той же функции выберем пункт «Разрез ломаный», укажем вид, на котором наносится обозначение разреза, линию разреза, а также место размещения разреза. В результате получим нужный плоский объект (рис.40).

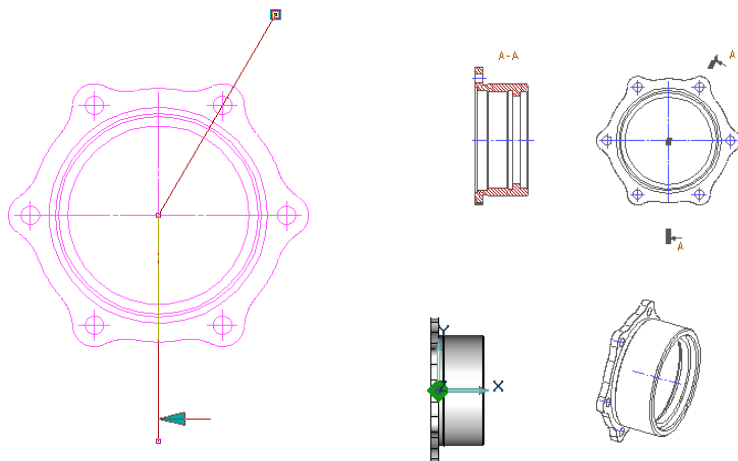


Рис.40 - Создание ломаного разреза

Для того чтобы получить те же виды для другой модели стакана, заменим значения параметрических размеров, перестроим модель, выбирая в таблице значений строку, соответствующую параметрам новой детали (рис.41).

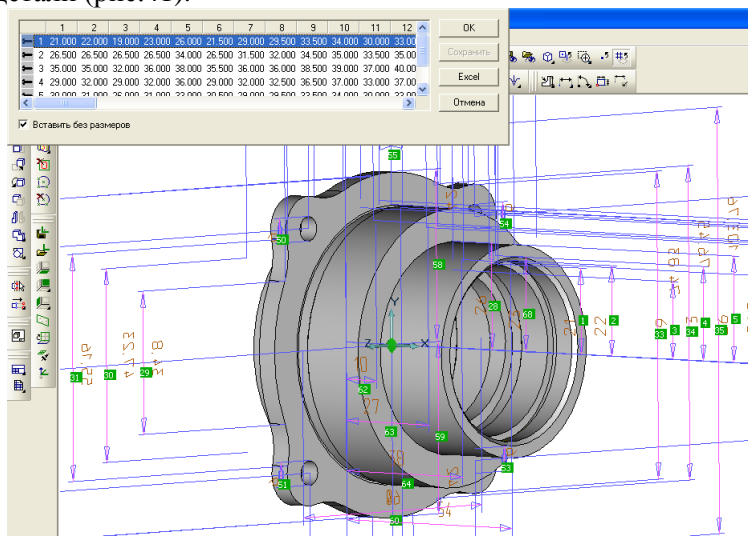


Рис.41 - Перестроение модели

Затем выберем в меню пункт «Регенерация видов» (рис.42).

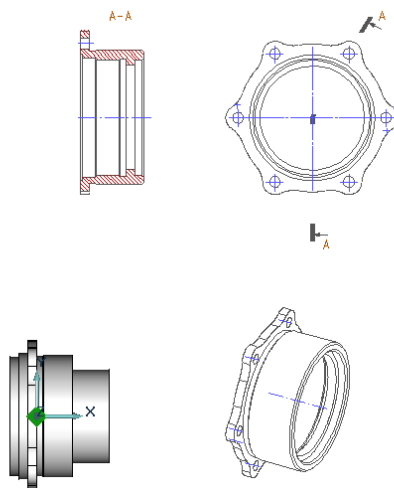
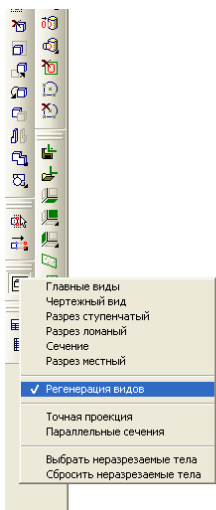


Рис.42 - Подготовка перестроения плоских видов

Система автоматически перестроит виды и разрез (рис.43).

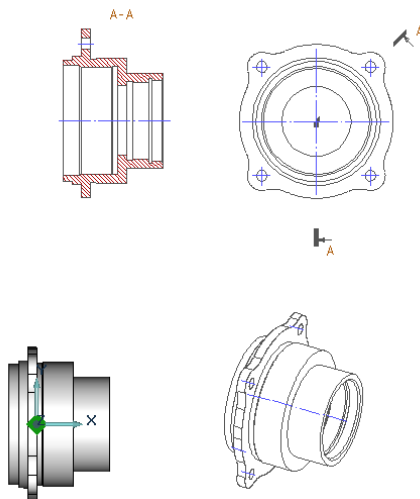


Рис.43 - Результат регенерации видов

Далее следует этап простановки размеров на чертеже детали.
 Примеры выполненной детализировки представлены на рис. 44, 45, 46.

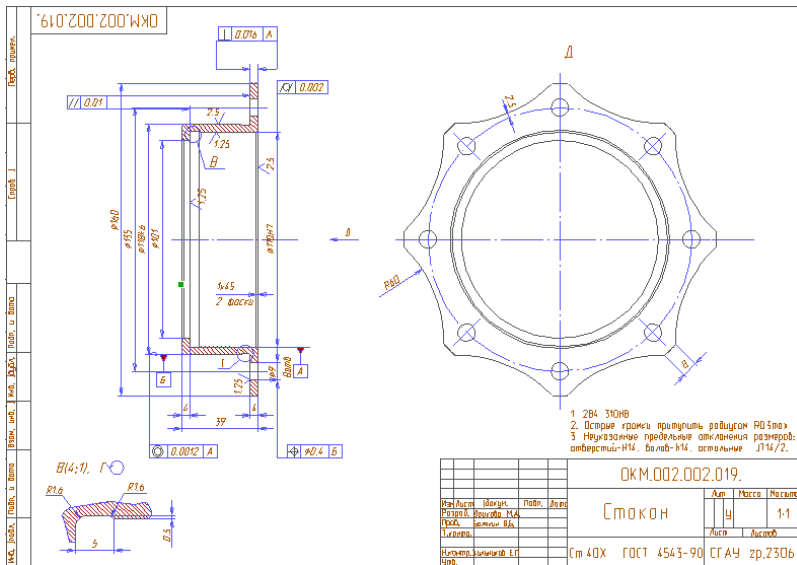


Рис.44 - Чертеж стакана подшипника

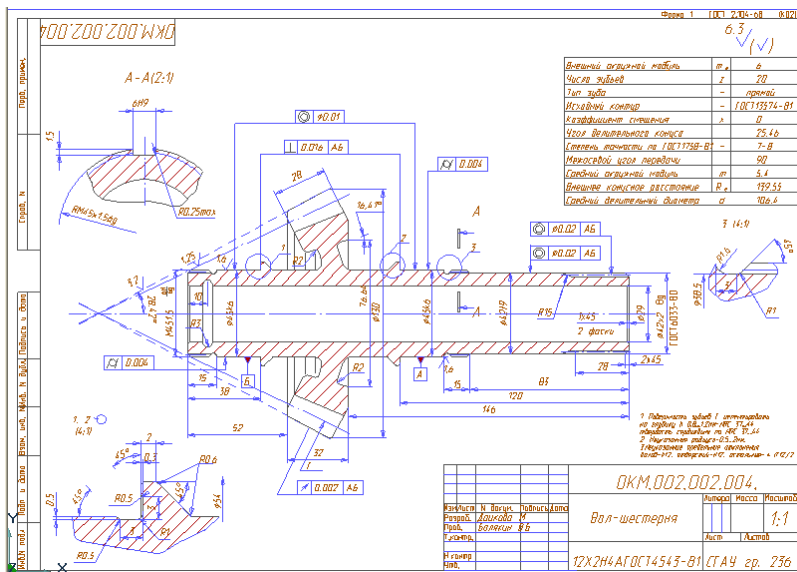


Рис.45 - Чертеж входного вала

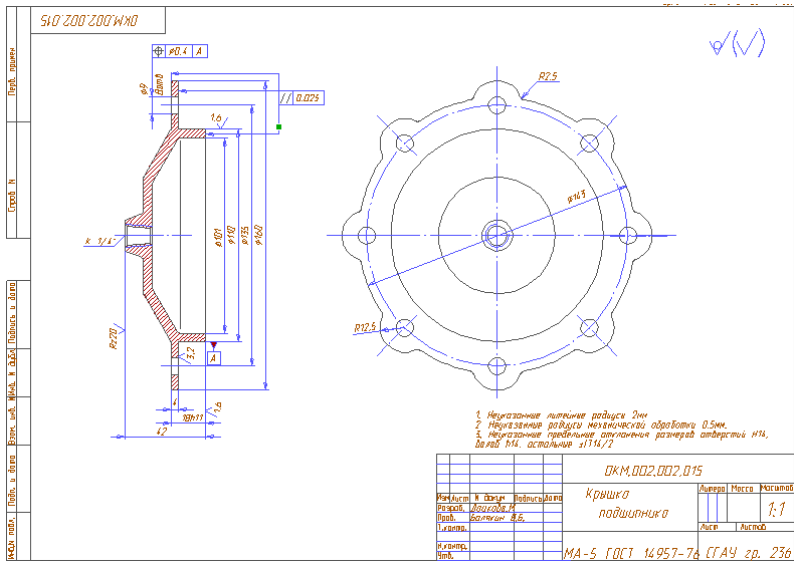


Рис.46 - Чертеж крышки подшипника

**СХЕМЫ КОНСТРУКЦИЙ ЗАГОТОВОК
ВАЛОВ**

1. Схемы конструкций входного вала редуктора

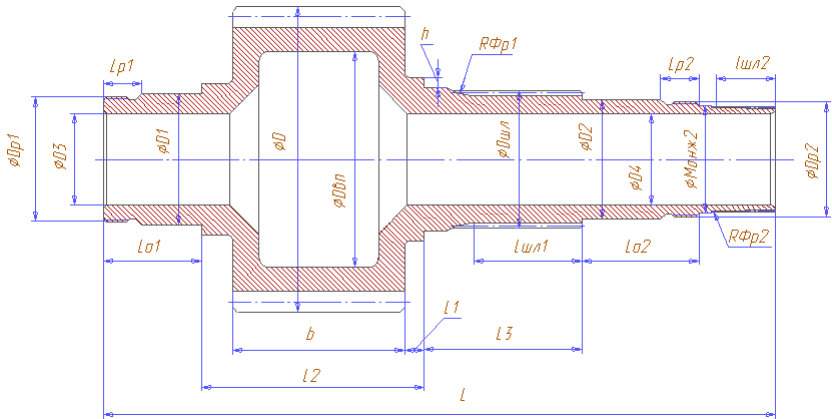


Рис.1П - Схема 1

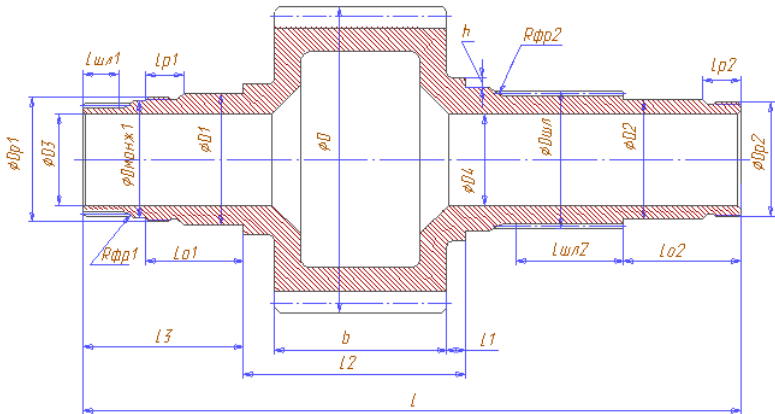


Рис.2П - Схема 2

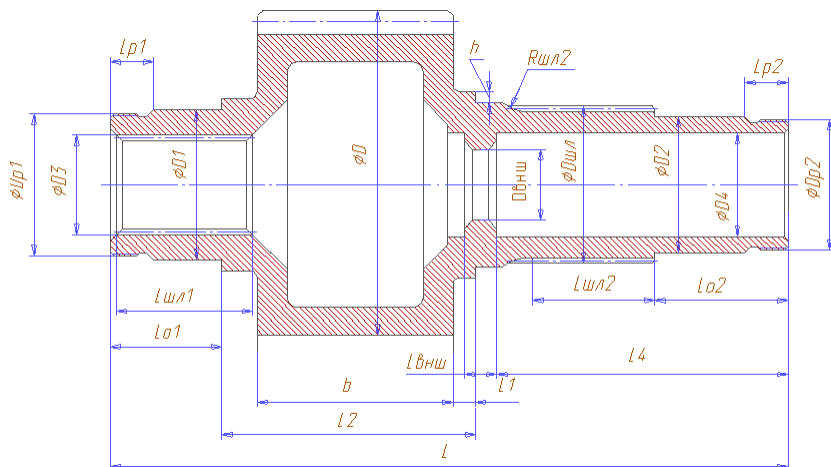


Рис.3П - Схема 3

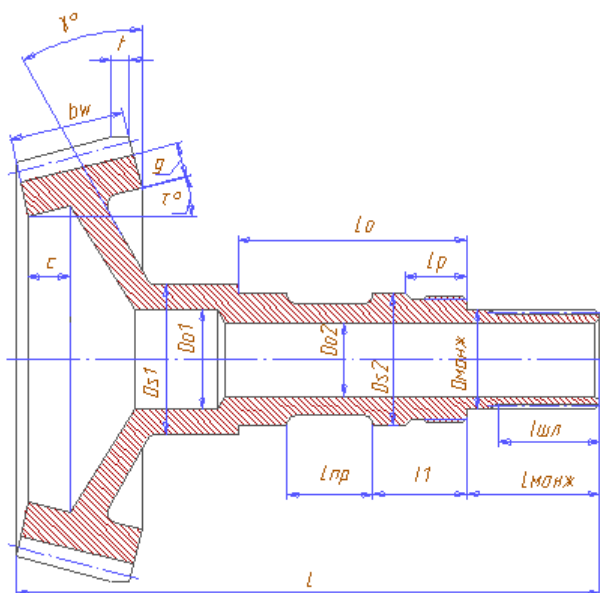


Рис.4П - Схема 4

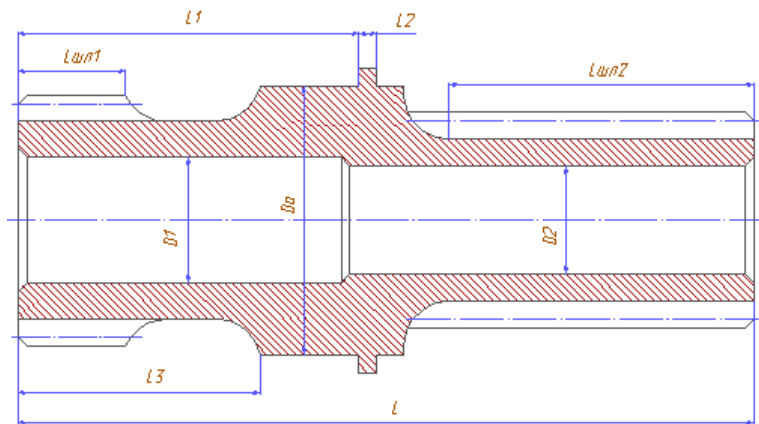


Рис.5П - Рессора

2. Схемы конструкций промежуточного вала редуктора

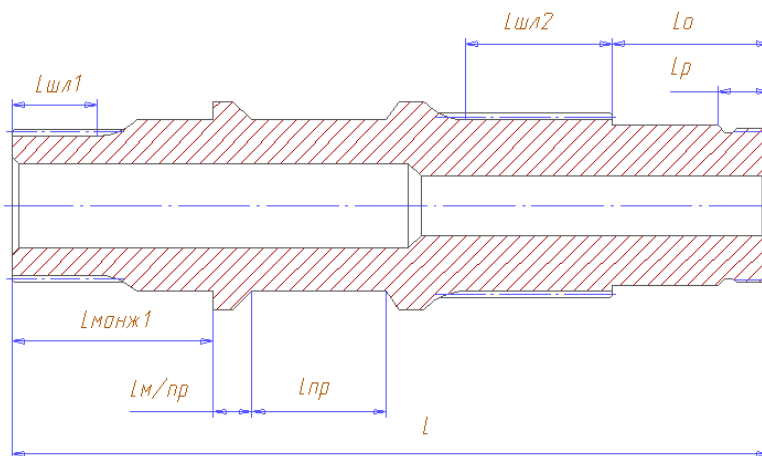


Рис.6П - Схема 1

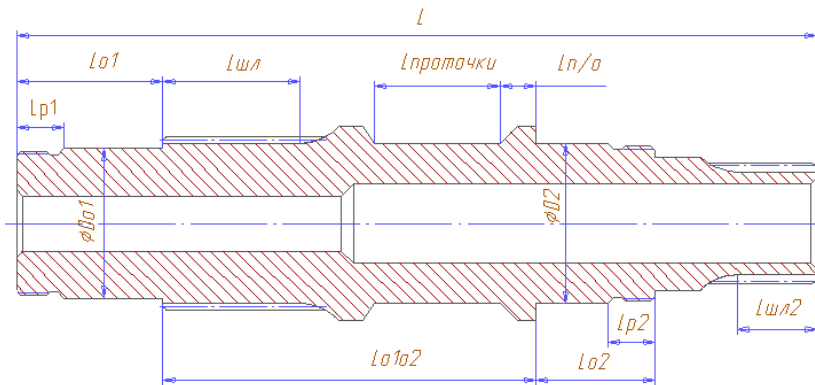


Рис.7П - Схема 2

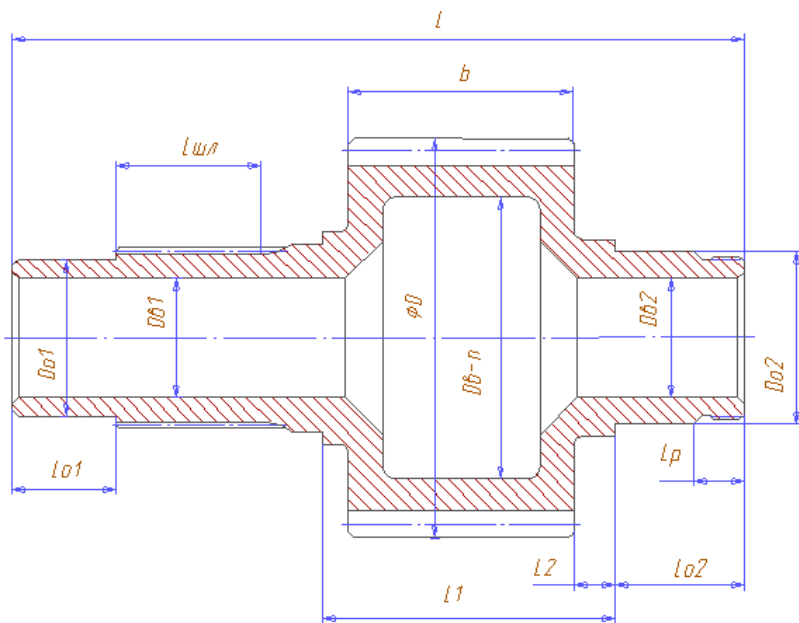


Рис.8П - Схема 3

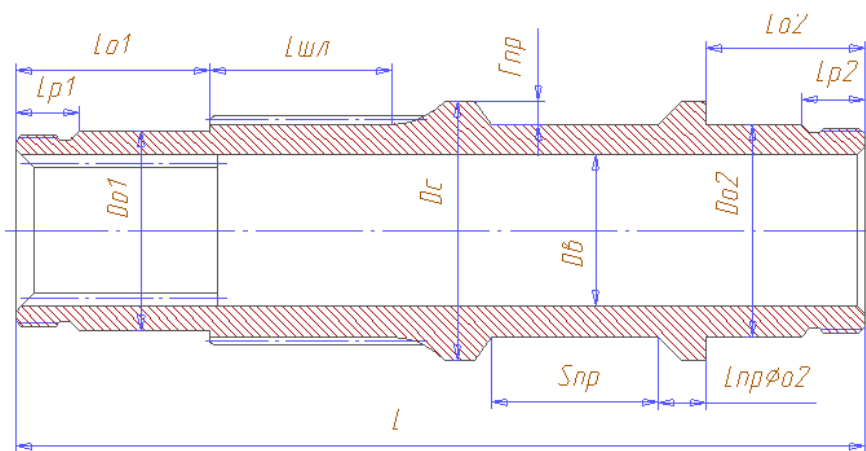


Рис.9П - Схема 4

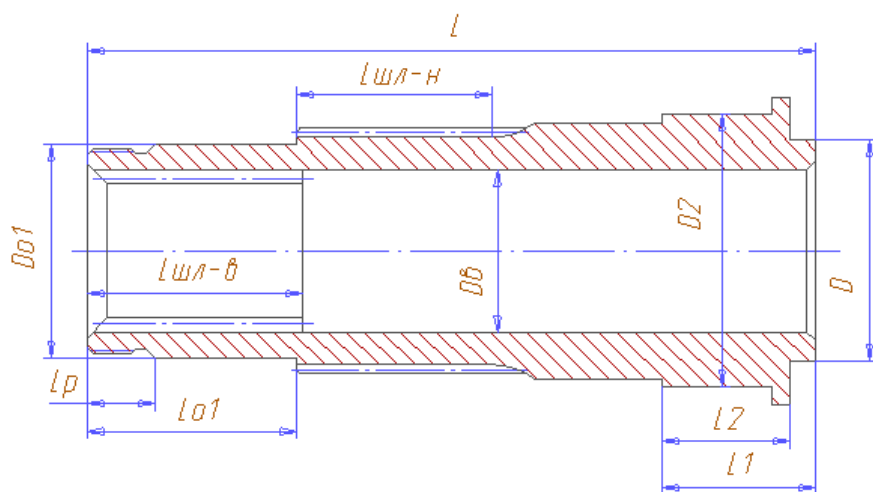


Рис.10П - Схема 5

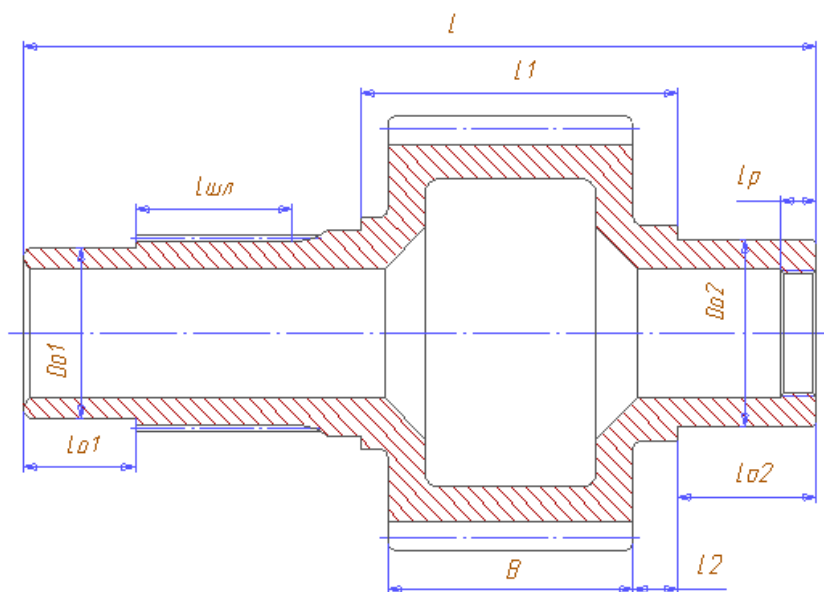


Рис.11П - Схема 6

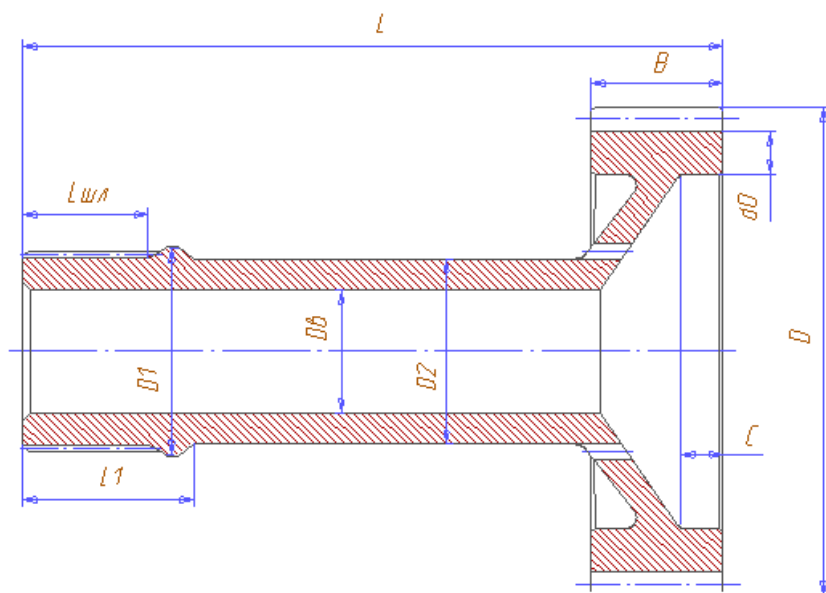


Рис.12П - Рессора

3. Схема конструкций выходного вала редуктора

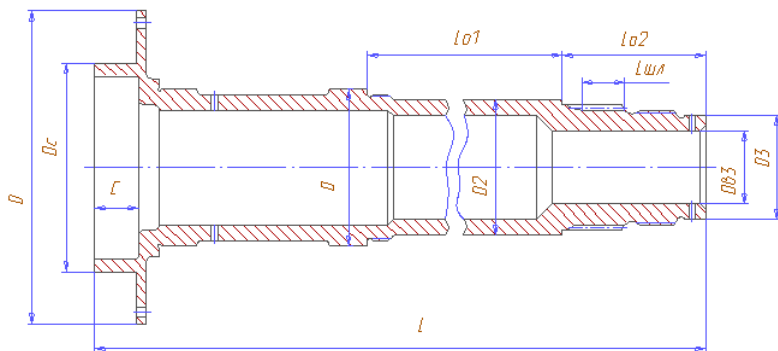


Рис.13П Схема 1