

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Л.А. ЧЕМПИНСКИЙ

ПОСТРОЕНИЕ 3D И 2D МОДЕЛЕЙ СТАНДАРТНЫХ И ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГТД

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве практикума для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и специальности 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

САМАРА
Издательство Самарского университета
2020

УДК 621.4(075)+744(075)

ББК 39.55я7+85.15я7

Ч-426

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.Б. Балякин;
д-р техн. наук, доц. Ю.А. Малиновская

Чемпинский, Леонид Андреевич

Ч-426 **Построение 3D и 2D моделей стандартных и типовых деталей ГТД: практикум /**
Л.А. Чемпинский. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 80 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-1538-6

Рассмотрены способы и приёмы построения плоских и объёмных параметрических геометрических моделей деталей крепежа и деталей ГТД, принципы прямого и гибридного моделирования сложных тел и поверхностей, способы построения ассоциативных плоских (2D) моделей на основе использования объёмных (3D) моделей, оформления чертежей и технических рисунков в среде CAD модуля отечественной CAD/CAM/CAPP системы ADEM VX.

Практикум предназначен для выполнения студентами младших курсов лабораторных работ в компьютерном классе, а также самостоятельной работы дома, может быть использован школьниками, учащимися колледжей, студентами старших курсов, а также учителями и преподавателями на занятиях ФПК.

Выполнен на кафедре инженерной графики.

УДК 621.4(075)+744(075)

ББК 39.55я7+85.15я7

ISBN 978-5-7883-1538-6

© Самарский университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Построение плоских параметрических моделей	5
2. Моделирование винтовой линии, построение параметрической модели профиля метрической резьбы, моделирование резьбы.....	16
3. Построение объёмной параметрической модели болта	20
4. Построение 3D параметрической модели корончатой гайки	26
5. Построение чертежей и 3D моделей деталей на основе использования методов параметризации.....	30
6. Построение параметрических моделей деталей по набору кривых	36
7. Моделирование деталей с сопряжениями	41
8. Объёмное моделирование деталей по профилям	47
9. Выполнение технического рисунка детали по ее 3D модели.....	52
10. Объёмное моделирование и редактирование детали, построение чертежей.....	57
11. Построение 3D моделей сложных деталей методами гибридного моделирования	73
Список литературы	79

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения конкурентоспособности создаваемых изделий путем снижения сроков проектирования и изготовления, уменьшения себестоимости и значительного повышения качества конструкторско-технологическая подготовка производства в настоящее время предполагает использование 3D моделей изделий, их узлов и деталей. Такой подход обеспечивает также возможность оценки работоспособности и технического обслуживания разрабатываемых конструкций в условиях эксплуатации, создания в автоматизированном режиме необходимой технической документации для разработки путей и способов их изготовления и контроля с применением новых технологий, оборудования и инструмента.

Переход на безбумажные, с использованием компьютера технологии, когда информация создается, хранится и используется в едином информационном пространстве в электронном виде, требует выполнения новых условий при подготовке специалистов, понимания ими принципов функционирования прикладных программ, их классификации и возможностей использования в конкретных целях, устойчивых навыков работы в диалоговом режиме. При этом безбумажная графическая подготовка является основой сквозной подготовки современного специалиста.

Для обеспечения подготовки специалистов для инновационного машиностроения в учебном процессе института двигателей и энергетических установок (ИДЭУ) Самарского университета принята концепция виртуального предприятия, которая предполагает приобретение знаний и навыков студентами путем имитационного моделирования, в частности, сквозного конструкторско-технологического проектирования в среде единого информационного пространства (ЕИП) института.

Геометрические модели используются для решения многих задач: визуализации, построения расчетных сеток, генерации управляющих программ ЧПУ и т.д. В первую очередь, они предназначены для хранения информации о форме объектов и их взаимном расположении и предоставления ее для обработки в удобном для компьютерной программы виде. В этом – ключевое отличие электронной геометрической модели от чертежа, который представляет собой условное символично-графическое изображение, предназначенное для чтения человеком.

Цели и задачи практикума продиктованы основными **требованиями** современного авиадвигательного производства к уровню геометромодельной подготовки (ГМП) специалиста:

- создание геометрических моделей объекта производства, его деталей, технологических схем оборудования, средств технологического оснащения, формообразующего, обрабатывающего и мерительного инструмента на основе 3D моделирования, в том числе параметрического для типовых изделий;
- автоматизированный выпуск комплектов конструкторской и технологической документации по 3D моделям различных изделий на основе технологии баз данных в среде единого информационного пространства (ЕИП).

1. ПОСТРОЕНИЕ ПЛОСКИХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Рассмотрим способы получения изображений, которые традиционно (на бумаге с помощью чертежных инструментов) осуществить нельзя. Здесь речь пойдет об изображениях, вернее о плоских моделях, которые могут быть получены с использованием так называемых параметрических методов.

Во-первых, в системе ADEM реализована технология параметризации, которая является понятной и легкой в использовании – *эвристическая параметризация*. Эвристическая параметризация позволяет изменять любой чертёж, созданный в ADEM или импортированный из другой системы без каких – либо дополнительных преобразований. Изменения геометрии чертежа производятся автоматически после того, как были изменены значения размеров.

Эвристическая параметризация использует в своей работе следующие принципы:

1. Все ограничения вызванные условиями параллельности, перпендикулярности, касания, симметричности и т.п. выделяются и отслеживаются автоматически.
2. Точка текущего положения начала системы координат ($X=0$, $Y=0$) сохраняется неподвижной.
3. Совпадающие узлы перемещаются совместно.
4. Начало размерной стрелки радиуса должно совпадать с геометрическим центром дуги. Размерная стрелка радиуса должна размещаться внутри дуги.
5. Ось симметрии, обозначенная на чертеже, должна совпадать с реальной геометрической осью симметрии.

Во-вторых, система ADEM позволяет, в частности, создавать плоские параметрические модели без программирования, которые автоматически изменяют геометрию модели при изменении значений размеров, так называемая *табличная параметризация*.

Принцип такой параметризации заключается в следующем:

1. Изменение значения размера приводит к изменению длины размерной линии.
2. Изменение длины размерной линии приводит к сдвигу узлов геометрических элементов, которые были привязаны к концам размерной линии. Результат эквивалентен сдвигу (в случае линейного размера) или повороту (в случае углового размера) группы узлов.

Алгоритм построения параметрической модели следующий:

1. Создадим 2D модель.
2. Нанесём полную сеть размеров.
3. Укажем размерную линию размера, которую хотим параметризовать.
4. Укажем группу узлов (окном или несколькими окнами), которые будут перемещаться вместе с первым активным (выделенным системой) концом размерной линии, или ничего не будем указывать, если этот конец хотим сделать базовым, **Esc**.
5. Укажем группу узлов (окном или несколькими окнами), которые будут перемещаться вместе со вторым активным концом размерной линии, или ничего не будем указывать, если этот конец будет базовым, и нажмём **Esc**.
6. Нажмём **Y** или левую кнопку мыши, чтобы система присвоила номер этому размеру.

7. Нажмём **Esc** для завершения.

Алгоритм изменения параметрической модели полностью эквивалентен алгоритму по созданию модели. Возможна линейная и угловая табличная параметризация.

Правила построения параметрических моделей:

1. Параметризация производится с уже готовой геометрической моделью и использование процедур, связанных с удалением геометрической информации (стирание, удаление узлов элементов, отмена последнего элемента и др.), после параметризации **недопустимо!**

2. Совсем не обязательно, чтобы все размеры на чертеже или фрагменты были параметрическими.

3. При записи параметрической модели в архив необходимо, чтобы **вся геометрическая модель** была включена в **группу элементов** для записи. После введения имени файла **обязательно введение точки привязки** записываемой геометрической модели.

4. Можно создавать параметрические связи и между различными геометрически связанными проекциями на чертеже, независимо от того, где они расположены.

Преимущества параметризации особенно четко видны при работе с типовыми деталями или объектами. Типовыми называются детали, имеющие одинаковую форму и отличающиеся размерами. Можно сказать также, что эти детали имеют одну топологию. Такими деталями, например, являются детали крепежа (болты, гайки, шайбы и т.д.), различного рода подшипники, детали трубопроводной арматуры и прочие. Эти изделия, как правило, стандартизованы. Стандартизация создает возможность взаимозаменяемости деталей. Это облегчает сборку и ремонт изделий. Кроме того, стандартные детали можно изготавливать на специализированных предприятиях, что снижает стоимость изделий. Широкое применение типовых и стандартных деталей в машиностроении привело к разработке соответствующих стандартов. В государственных и отраслевых стандартах содержатся таблицы, в которых указаны размеры стандартных деталей и узлов.

В качестве примера рассмотрим создание параметрической модели заклёпки по ГОСТ 10300-80.

Построим эскиз заклёпки с потайной головкой (рисунок 1.1,а) с использованием метода «эвристической» параметризации. Для этого войдём на рабочее поле модуля ADEM CAD. Укажем поле **Режимы построений** и установим режим ортогональности, включив *галочку* и выбрав значение угла 30 градусов ( ☒ Орто 30 ). Установка режима ортогональности позволяет автоматически располагать отрезки в процессе их создания горизонтально или вертикально. Величина выбираемого угла устанавливает сектор, в пределах которого функционирует этот режим. Проведём вспомогательную прямую (**L, 0, Enter**). Включим режим автоматической привязки (**Режимы построений**,  ☒ Автопривязка). Ломаной линией видимого контура () построим верхнюю часть контура заклёпки так, чтобы она начиналась и заканчивалась вспомогательной прямой (рисунок 1.1,б). Перенесём начало координат в точку пересечения вспомогательной прямой с изображением левого торца заклёпки (**F10, O**). Включим режим автоматического нанесения размеров () и «образмерим» полученный контур. В качестве точки привязки укажем начало координат (**Home, Пробел**).

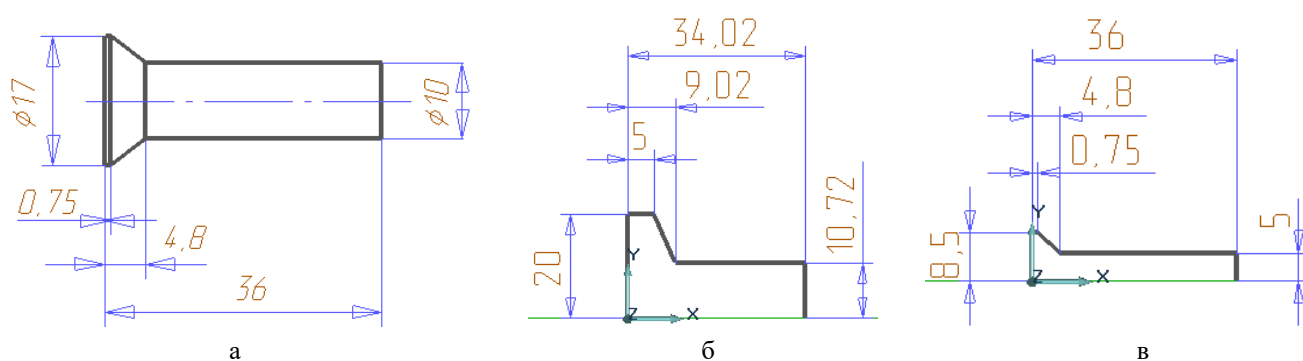


Рисунок 1.1 – Построение контура заклёпки

Перестроим геометрию контура (рисунок 1.1,в), руководствуясь размерами чертежа (рисунок 1.1,а). Для этого воспользуемся режимами редактирования размеров () и *Эвристический метод (Все)* (под кнопкой **Параметризация**).

Чтобы получить полное изображение внешнего контура: удалим размеры (под кнопкой **Общие**, **Удалить**, **Размеры**), построим зеркальное отображение контура относительно горизонтальной оси (, *Произвольная*, укажите контур, **Esc**, в качестве двух точек на оси укажем **Home**, **Пробел**, **Клавиша** со стрелкой вправо, **Пробел**) и произведём сборку двух полученных контуров в один (*Сборка элемента* под кнопкой , на запрос системы укажем нижний контур, **Да**, **Esc**). Удалим лишние два узла на стыках контуров (слева и справа) ().

Таким образом, применяя «эвристическую» параметризацию, можно получать бесчисленное множество изображений, подобных исходному изображению.

Теперь рассмотрим еще одну возможность использования параметризации – *в виде таблиц* – для получения изображений часто встречающихся типовых деталей.

В качестве примера рассмотрим порядок построения параметрической модели заклёпки, создание на ее основе таблицы геометрических параметров (различных типоразмеров) и использование этой таблицы для составления чертежей.

Основой для построения параметрической модели являются геометрические параметры заклёпок с потайной головкой в соответствии с ГОСТ 10300-80, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Заклепки нормальной точности

Номинальный диаметр стержня d	Диаметр головки D	Высота головки H	Ряд длин заклепок
2	3.9	1	2,3,4,5,6,7,8,9,10, 12,14,16,18,20,22, 24,26,28,30,32,34, 36,38,40,42,45,48, 50,52,55,58,60,65, 70,75,80,85,90,95, 100 и более, с окончанием на 0 до 180
3	5.2	1.2	
4	7.0	1.6	
5	8.8	2.0	
6	10.3	2.4	
8	13.9	3.2	
10	17	4.8	
12	20	5.6	
(14)	24	6.8	
16	24	7.2	
(18)	27	8.0	
20	30	9.0	

Построим параметрическую модель заклёпки диаметром стержня $d = 10\text{ мм}$. Для этого будем использовать уже построенный контур заклёпки (см. выше). Сделаем контур непрозрачным (*пустым непрозрачным* типом штриховки – иконка  под кнопкой **Линии и Штриховки**, ). Линией видимого контура вертикально проведем две прямые (): границы цилиндрической головки и конца головки, штрихпунктирной линией – горизонтально – ось заклёпки – рисунок 1.2,а. Нанесём размеры () (рисунок 1.2,б).

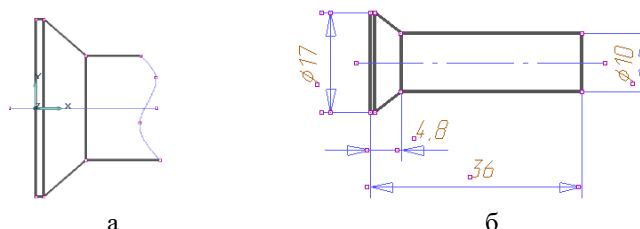


Рисунок 1.2 – Эскиз заклёпки

В процессе создания параметрического размера необходимо выбирать группы узлов геометрических элементов и связывать их с концом каждой соответствующей им размерной линии. Если оба конца размерной линии связаны с узлами элементов, их положение, а также положение узлов, при изменении значения размера, изменяется относительно середины размерной линии. При этом положение середины размерной линии остается неизменным. Если один из концов размерной линии не связан с узлами элементов, то при изменении значения размера их положение не меняется. Процесс параметризации размеров требует сосредоточенности и внимания. Параметризацию размеров всей модели следует делать за один прием. В случае неудачной параметризации необходимо удалить параметрическую модель (под кнопкой **Общие**, **Удалить**, **Параметрическая модель**) и повторить ее создание сначала.

Произведём параметризацию диаметральных размеров. Для этого включим режим *Создание/изменение плоской ПРМ* (под кнопкой **Параметризация**), на запрос системы укажем диаметр стержня $d = 10$ (его размерная линия подсветится желтым цветом), на запрос системы в прямоугольное поле (или последовательно в несколько полей) включим узлы – рисунок 1.3,а (они подсветятся красным цветом), **Esc**. По запросу системы выделим узлы, как показано на рисунке 1.3,б, **Y**, **Esc**. Система присвоит размеру имя «1» – рисунок 1.3,в.

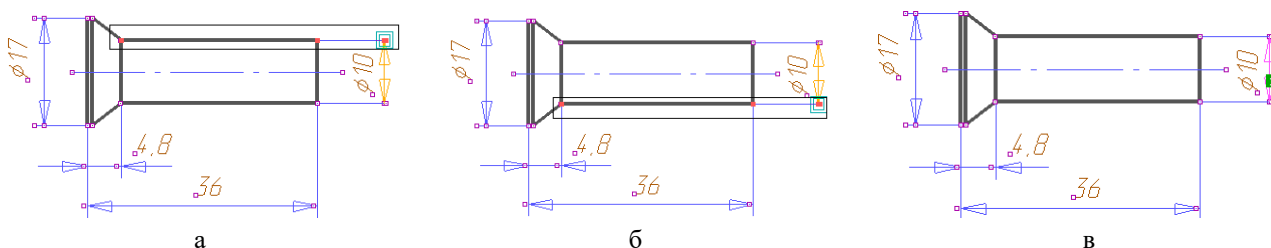


Рисунок 1.3 – Параметризация диаметрального размера стержня

Последовательность параметризации диаметра головки заклёпки показана на рисунке 1.4.

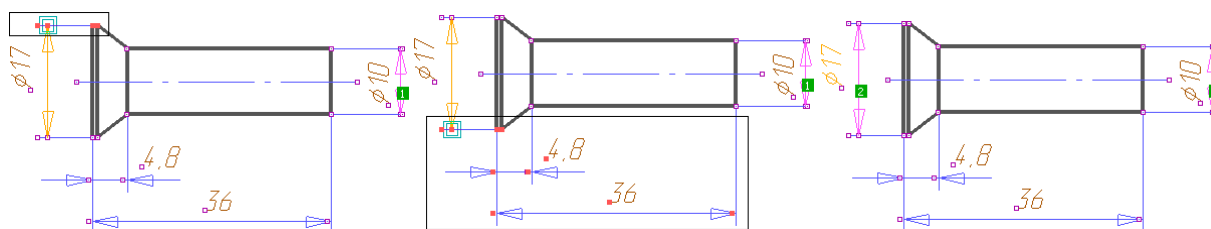


Рисунок 1.4 – Параметризация диаметрального размера головки

Параметризованные диаметральные размеры содержат группы симметричных узлов (относительно оси). Можно сказать, что базой этих размеров является продольная ось заклёпки. Теперь построим размеры, базами которых является плоскость.

Произведём параметризацию линейных размеров. Укажем размер высоты головки $H = 4.8$. Базовой поверхностью для этого размера является левая грань. Поэтому на запрос системы ответьте **Esc** – рисунок 1.5,а. Относительно этой грани должны перемещаться узлы, связанные с правым концом размерной линии (выделите их, **Esc**) – рисунок 1.5,б. В результате размеру присвоено имя «3» – рисунок 1.5,в.

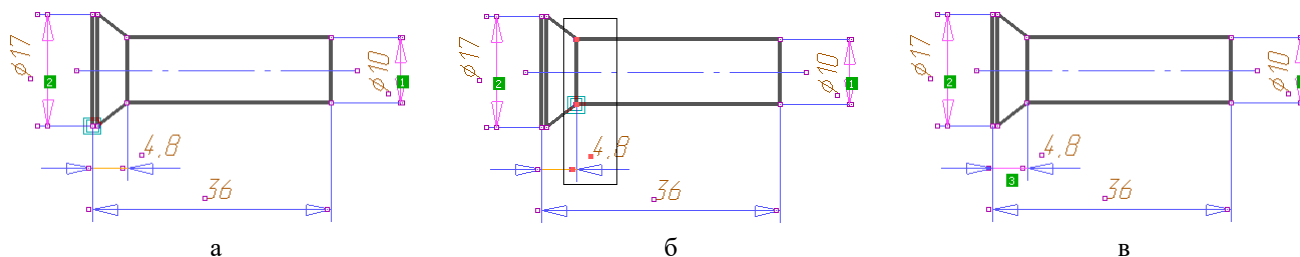


Рисунок 1.5 – Параметризация линейного размера головки

Для размера 36 – длины заклёпки – базой является та же плоскость, поэтому выделим узлы, как показано на рисунке 1.6. Размеру присвоено имя «4».

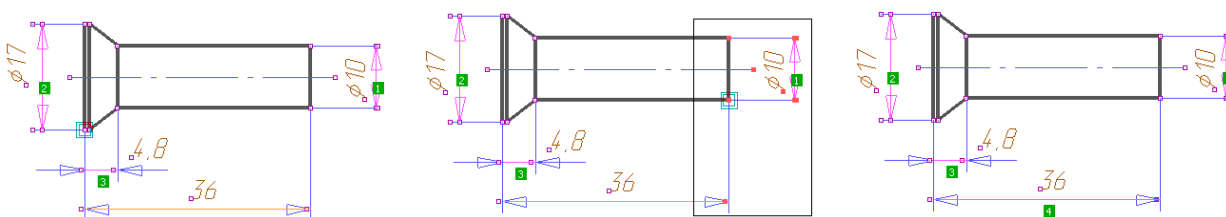


Рисунок 1.6 – Параметризация линейного размера длины заклёпки

Запишем созданную параметрическую модель заклёпки в каталог (, **OK**) под именем Zaklepka.cat. Точка привязки – пересечение осевой линии с правым ребром цилиндрической части головки (С), на запрос системы о создании новой таблицы ответим **Да**, в появившемся меню введём стандартные параметры заклёпок, **OK**. Значения параметров новых строк дублируют параметры первой строки при нажатии клавиши **Insert**. Поэтому в строгом соответствии с именами размеров (см. табл. 1.1) в каждую ячейку редактируемой таблицы введем соответствующее значение параметра (нажмём на редактируемую ячейку, изменим значение параметра с клавиатуры). При необходимости удаления строки используем **Delete**. На рисунке 1.7 представлен фрагмент отредактированной таблицы.

	1	2	3	4	5
1	2.000	3.900	1.000	5.000	
2	3.000	5.200	1.200	8.000	
3	4.000	7.000	1.600	10.000	
4	5.000	8.800	2.000	12.000	
5	6.000	10.300	2.400	16.000	
6	8.000	13.900	3.200	24.000	

Рисунок 1.7 – Таблица параметров заклепки

Задание для упражнений. Для закрепления навыков постройте параметрическую модель болта по ГОСТ 7805-70, эскиз и основные размеры которого представлены на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Эскиз болта

Геометрия болта с шестигранной головкой соответствует параметрам таблицы 1.2.

Таблица 1.2. Параметры болтов (ГОСТ 7805-70)

Диаметр резьбы d	6	8	10	12	16	20	24	30	36
Шаг резьбы t	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
Размер под ключ S	10	13	16	18	24	30	36	46	55
Диаметр описанной окружности e	11.1	14.4	17.8	20.0	26.8	33.5	40.0	51.3	61.7
Ширина грани f	5.8	7.5	9.3	10.4	13.9	17.4	20.8	26.5	31.8
Высота головки k	4.0	5.5	7	8	10	13	15	18.7	23
Длина болта l	30	35	45	50	60	65	70	80	95
Длина резьбы b	18	22	26	30	38	46	54	66	78

Для этого воспользуйтесь возможностями «эвристической» параметризации, как показано на рисунках 1.9, 1.10 и 1.11.

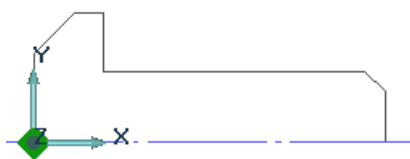


Рисунок 1.9 – Набросок (эскиз) контура болта

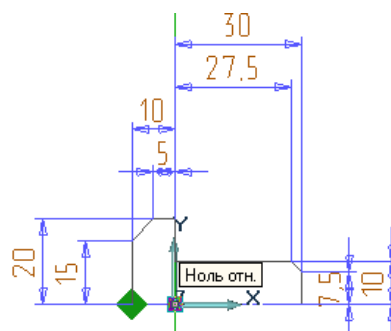


Рисунок 1.10 – Автоматическое образмеривание

В соответствии с геометрическими параметрами болта М30 (см. таблицу 1.2) отредактируйте размеры вида спереди, удалив два линейных размера (15 и 5) и проставив угловой размер , равный 30 градусам. Используя «эвристическую» параметризацию (Параметризация, Эвристический метод (Все)), перестройте вид спереди (рисунок 1.11).

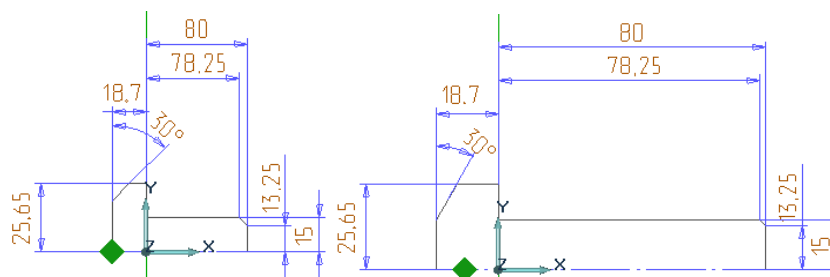


Рисунок 1.11 – Редактирование вида спереди

Нанесите изображения правого торца головки болта, конца резьбы, фаски на цилиндрической части болта и внутреннего диаметра резьбы. Отобразите узлы (М) и удалите лишние (2 узла) на оси симметрии  (рисунок 1.12).

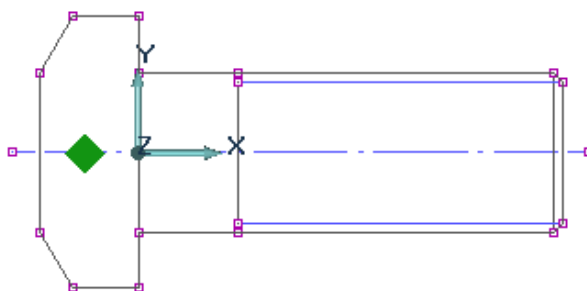


Рисунок 1.12 – Условное изображение цилиндрической части болта

Сформируйте вид слева, как показано на рисунке 1.13.

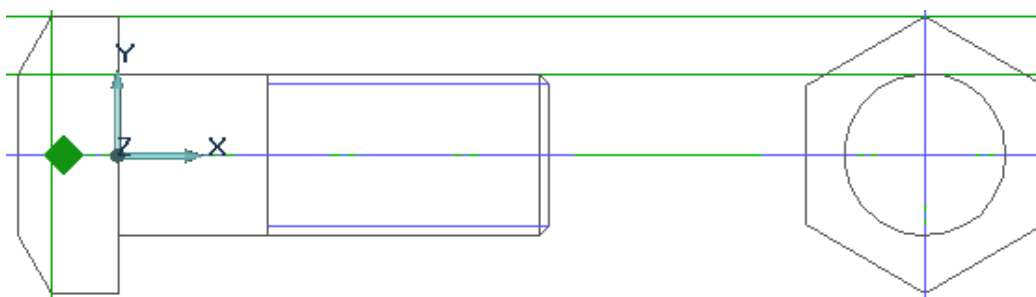


Рисунок 1.13 – Формирование вида слева

Для построения линий пересечения фаски с гранями головки болта на виде спереди проведите горизонтально две вспомогательные прямые, проходящие через вершины шестигранника на виде слева. Затем горизонтально проведите две вспомогательные прямые, проходящие через середины проекций верхней и нижней граней головки болта на виде спереди (С, F9). На расстоянии 2 мм левее левой вертикальной вспомогательной прямой (рисунок 1.13) проведите вертикальную вспомогательную прямую, на которой расположены середины дуг окружностей,

условно принимаемых за проекции линий пересечения фаски с гранями головки болта. Дугой по трем точкам  постройте проекции линий пересечения фаски и граней головки болта. Проведите ребра головки болта. Выключите режим **Прозрачность** и заполните контуры видов непрозрачной штриховкой (рисунок 1.14).

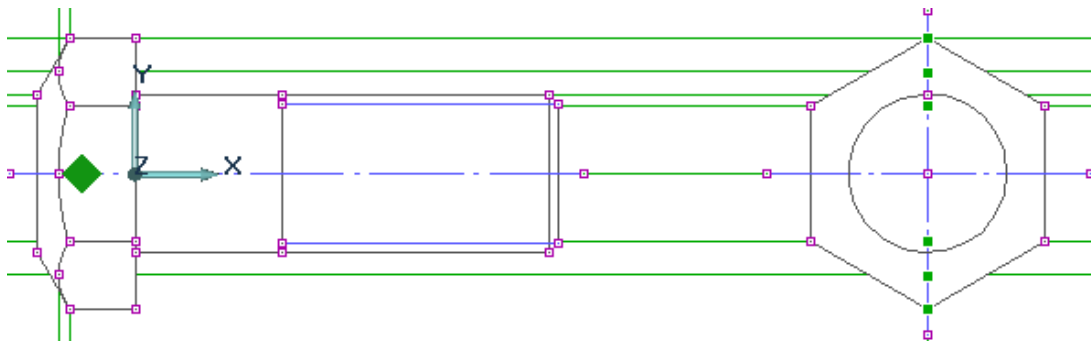


Рисунок 1.14 – Построение проекций линий пересечения фаски с гранями головки болта

Удалите все вспомогательные построения (**Tab**, **Общие**, **Удалить**, **Активный слой**, **Tab**). Нанесите размеры, используя режим  (**Ортогональный размер** – нанесение размеров горизонтальным и вертикальным блоками) (рисунок 1.15).

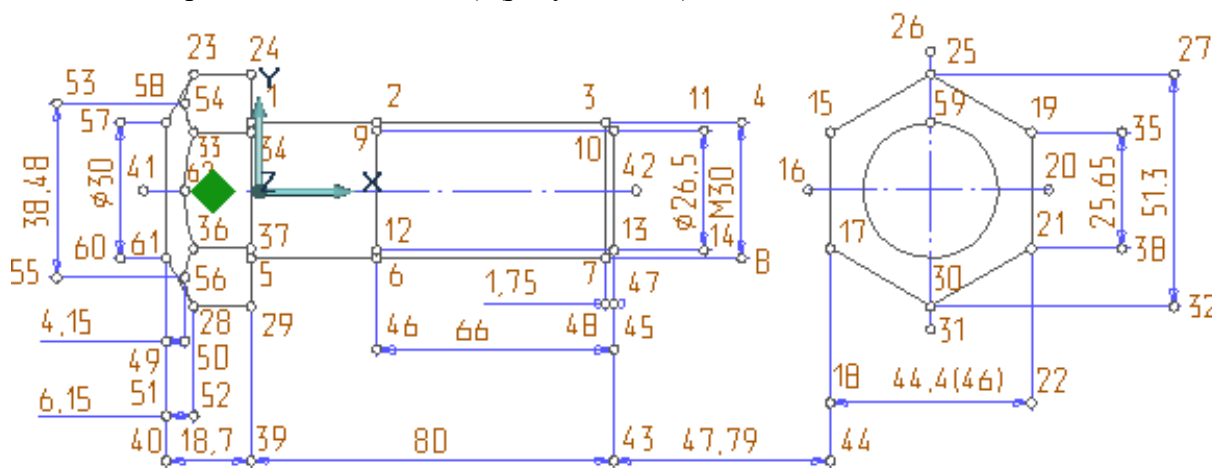


Рисунок 1.15 – Чертеж болта

Теперь произведите параметризацию линейных размеров обеих проекций болта. В процессе создания параметрического размера необходимо выбирать группы узлов геометрических элементов и связывать их с одним из концов соответствующей им размерной линии. Если оба конца размерной линии связаны с узлами элементов, их положение, а также положение узлов, при изменении значения размера, изменяется относительно середины размерной линии. При этом положение середины размерной линии остается неизменным. Если один из концов размерной линии не связан с узлами элементов, то при изменении значения размера их положение не меняется.

Процесс параметризации размеров требует сосредоточенности и внимания. Проверьте (рисунок 1.15) правильность построения геометрической модели. Параметризацию размеров всей модели следует делать за один прием.

Включите **Параметризация, Создание/изменение плоской ПРМ**, на запрос системы укажите размер М30 (его размерная линия подсветится красным цветом). На новый запрос системы **окном или несколькими окнами!** в группу включите узлы (рисунок 1.15) 1, 2, 3 и 4, **Esc**, узлы 5, 6, 7 и 8, **Esc**, нажмите **Y** или левую кнопку мыши. Система присвоит размеру имя «1».

Укажите на размер внутреннего диаметра резьбы – 26.5. Включите в группу узлы 9, 10 и 11, **Esc**, 12, 13 и 14, **Esc**, **Y**. Система присвоит размеру имя «2».

Укажите «размер под ключ» – 46. Следует заметить, что ГОСТ предполагает значение «размера под ключ» такое, чтобы можно было использовать при необходимости «отворачивания» и «заворачивания» болта также стандартизованный инструмент, имея в виду способы и погрешности изготовления болта и инструмента. Поэтому ГОСТом оговаривается диаметр описанной окружности (в нашем случае 51.3). Однако, вписывая в этот диаметр правильный шестиугольник, геометрически невозможно получить расстояние между противоположными сторонами – «размер под ключ» – более 44,43 мм. То есть значение «размера под ключ» является условным.

Включите в группу узлы 15, 16, 17, 18 и 44, **Esc** (узел 16 является концом центральной линии, однако он должен перемещаться вместе с узлами левой грани), узлы 19, 20 (Вам понятно, почему?), 21 и 22, а также узлы 35, 38, 27 и 32, являющимися концами других размерных линий, но которые также должны перемещаться одновременно с узлами правой грани, **Esc**, **Y**. Размер получает имя «3».

Укажите размер 53.12 – диаметр описанной вокруг шестигранной головки болта окружности. Включите в группу узлы 23, 24, 25, 26 и 27, **Esc**, узлы 28, 29, 30, 31 и 32, а также 47, 48, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 39, 40, 43, 44, 18 и 22, **Esc**, **Y**. Так Вами будет получен размер «4».

Постройте размер «5» – расстояние между ребрами болта. Для этого включите в группу узлы 33, 34, 15, 19 и 35, **Esc**, узлы 36, 37, 17, 21 и 38, **Esc**, **Y**.

Следующий размер – «6», который следует параметризовать – диаметр верхнего основания конусной фаски. Включите в группу узлы 57, 58 и 59, **Esc**, узлы 60 и 61, **Esc**, **Y**.

Размер, определяющий на виде спереди расположение точек, лежащих на линии пересечения фаски с верхней и нижней гранями головки болта – «7», параметризуйте, последовательно включив в группы окнами узлы 53, 54, **Esc** и 55, 56, **Esc**, **Y**.

Вами были параметризованы размеры, группы узлов которых симметричны относительно их середин. Можно сказать, что базой всех этих размеров является продольная ось болта. Теперь предстоит построить размеры, базами которых являются плоскости.

Укажите размер высоты головки болта -18.7. Базовой поверхностью для этого размера является правая грань. Следовательно, относительно этой грани должны перемещаться все узлы левее ее: 23, 53, 54, 57, 58, 33, 41, 62, 36, 60, 61, 55, 56, 28, 49, 50, 51, 52, 40. Все эти узлы включите в группу полем «резинового» прямоугольника, **Esc**, на повторный запрос системы о поле узлов просто нажмите **Esc**. На Ваше **Y** система присвоит этому размеру имя «8».

Для размера 80 – длины болта – базой является та же плоскость, поэтому узлы, привязанные к правому концу размерной линии (3, 4, 10, 11, 42, 13, 14, 7, 8, 48, 47, 45, 43), должны перемещаться относительно ее. Все эти узлы включите в группу полем «резинового» прямоугольника, **Esc**, на повторный запрос системы о поле узлов просто нажмите **Esc**. Длина болта будет иметь имя «9».

Базой для резьбовой части является правый торец болта. Укажите на размер 66 – длину нарезанной части болта, включите в группу узлы 2, 9, 12, 6 и 46, **Esc**, **Esc**, **Y**. Имя этого размера «10».

Правый торец болта является базой также для горизонтального размера фаски на конце цилиндрической части болта. Укажите на размер 1.75, **Esc**, включите в группу узлы 3, 7, 48, **Esc**, **Y**. Система присвоит этому размеру имя «11».

Для построения линии пересечения фаски с гранями головки болта на виде спереди базовым является левый торец головки болта. Узлы, лежащие на линии пересечения, управляются двумя параметрами – в нашем случае размерами 4.15 и 6.15. Укажите размер 4.15, **Esc**, включите в группу узлы 54, 62, 56, 50, **Esc**, **Y**. Таким образом получен параметрический размер «12». Теперь укажите размер 6.15, **Esc**, включите в группу узлы 23, 33, 36, 28, 52, **Esc**, **Y**. Получили размер «13».

Вид слева перемещается относительно вида спереди, поэтому базой в этом случае является торец болта. Укажите расстояние между видами – в нашем случае размер 47.79, **Esc**. «Резиновым» прямоугольником окна включите в группу все узлы, относящиеся к изображению вида слева (26, 25, 27, 15, 59, 19, 35, 16, 20, 17, 21, 38, 30, 32, 31, 18, 22, 44), **Esc**, **Y**. Система присвоит размер «14».

Параметризованную модель болта (рисунок 1.16) запишите в каталог (, **OK**, под именем, например, **Болт PRM. cat**, (**Сохранить**) точка привязки – в начале координат (**Home**, **Пробел**), на запрос системы «Создать новую таблицу?» – **ДА**).

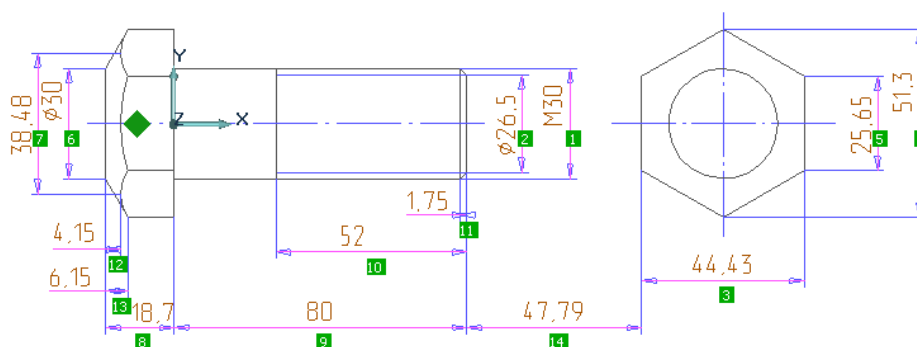


Рисунок 1.16 – Параметризованный чертёж болта

Для создания новой строки в появившейся таблице используйте клавишу **Ins**, для удаления – **Del**. Внесите параметры в ячейки таблицы, руководствуясь данными таблицы 1.3.

Таблица 1.3. Параметры болтов

6	5	10	11.1	5.8	6	7.4	4.0	30.0	18.0	0.5	0.8	1.2	30
8	7	13	14.4	7.5	8	9.6	5.5	35.0	22.0	0.5	1.1	1.6	30
10	8	16	17.8	9.3	10	11.9	7.0	45.0	26.0	1	1.4	2.1	40
12	10	18	20.0	10.4	12	13.3	8.0	50.0	30.0	1	1.7	2.5	40
16	14	24	26.8	13.9	16	17.9	10.0	60.0	38.0	1	2.2	3.3	45
20	17	30	33.5	17.4	20	22.3	13.0	65.0	46.0	1.5	2.8	4.1	45
24	21	36	40.0	20.8	24	26.7	15.0	70.0	54.0	1.5	3.3	4.9	50
30	26	46	51.3	26.5	30	34.2	18.7	80.0	66.0	2	4.2	6.2	50
36	32	55	61.7	31.8	36	41.1	20.3	95.0	78.0	2	5.0	7.4	60

Заполненная таблица должна соответствовать рисунку 1.17.

Нажатием клавиши **ОК** завершите создание файла параметрической модели.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	6.000	5.000	10.000	11.100	5.800	6.000	7.400	4.000	30.000	18.000	0.500	0.830	1
2	8.000	7.000	13.000	14.400	7.500	8.000	9.600	5.500	35.000	22.000	0.500	1.107	1
3	10.000	8.000	16.000	17.800	9.300	10.000	11.867	7.000	45.000	26.000	1.000	1.383	2
4	12.000	10.000	18.000	20.000	10.400	12.000	13.333	8.000	50.000	30.000	1.000	1.660	2
5	16.000	14.000	24.000	26.900	13.900	16.000	17.967	10.000	60.000	39.000	1.000	2.312	2

Рисунок 1.17 – Таблица параметров болтов

Прочтите созданную Вами параметрическую модель из каталога (, в появившемся подменю укажите файл **Болт PRM. cat**).

Последовательно, как показано на рисунке 1.18, расположите на рабочем поле изображения болтов без размеров (укажите нужную строку таблицы, галочку перед **Вставить без размеров**, **ОК**, на запросы системы – точку привязки в нужном месте, **Пробел**, **Пробел**, **Esc**).

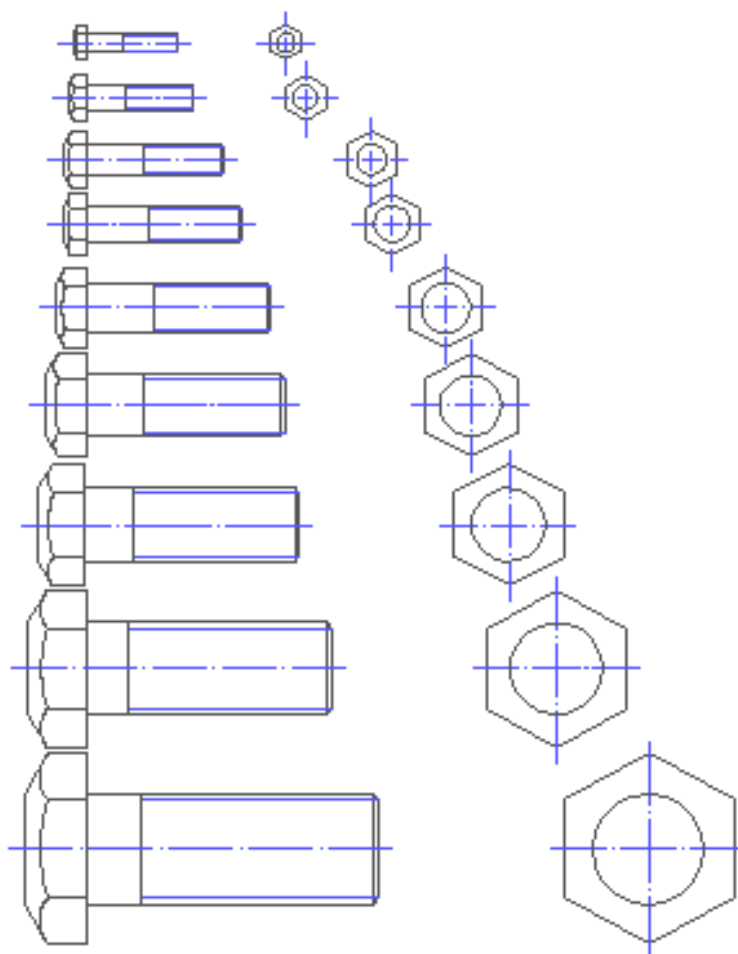


Рисунок 1.18 – Изображения болтов

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИНТОВОЙ ЛИНИИ, ПОСТРОЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОФИЛЯ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ, МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ

На рисунке 2.1 слева проиллюстрирован способ кинематического построения винтовой линии. Справа (рисунок 2.1) показана модель винтовой линии, полученная с использованием функции **Спираль** в CAD модуле ADEM v. 8.1.

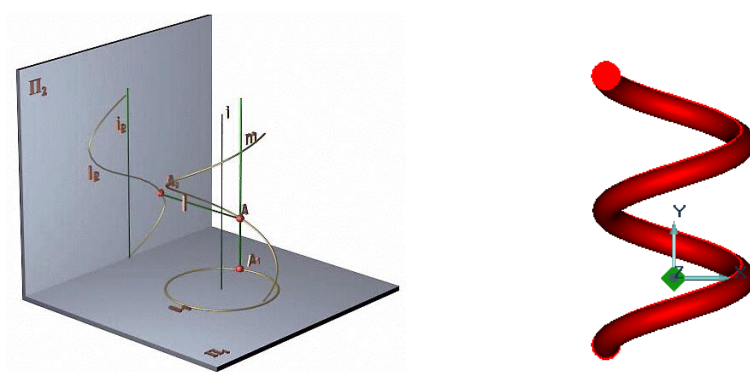


Рисунок 2.1 – Винтовая линия

Для построения спирали (рисунок 2.2 справа) постройте профиль в виде окружности (**Окружность заданного диаметра** , диаметр = 2 мм, **ОК**) и установите его так, как показано на рисунке 2.2 слева, **Esc**. Активизируйте режим **Спираль** , на запрос системы укажите только что установленный профиль, **Esc**, установите **Высоту** = 20 мм, Макс. число витков = 2, Масштабный фактор = 1, **ОК**. Укажите 2 точки оси: одну – в начале координат (**Home**), вторую – правее на той же горизонтали, **Esc**.

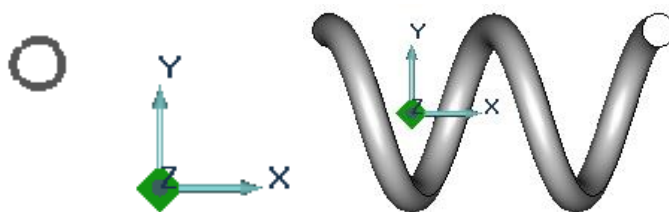


Рисунок 2.2 – Последовательность построения спирали

Как известно, резьба отличается, в частности, геометрией профиля. Для крепежных изделий (болтов, гаек и пр.) используется метрическая резьба, в основе профиля которой лежит равносторонний треугольник (с углами при вершинах по 60^0). Однако при нарезании резьбы руководствуются геометрией стандартного профиля. На рисунке 2.3 представлен профиль метрической резьбы по ГОСТ 9150 – 81, где:

- d – наружный диаметр наружной резьбы (болта);
- D – наружный диаметр внутренней резьбы (гайки);
- d_2 – средний диаметр резьбы болта;
- D_2 – средний диаметр резьбы гайки;
- d_1 – внутренний диаметр резьбы болта;

-

17

Как показано на рисунке 2.5, параметрические модели резцов содержат в зависимости от шага постоянные профили и изменяемый (параметрический) размер – расстояние (радиус) от оси стержня или отверстия, проходящей через начало координат, до характерной точки профиля, лежащей на наружном радиусе резьбы (стержня или отверстия, которые совпадают).



Рисунок 2.5 – Параметрические модели резцов для нарезания резьбы на стержне (слева) и в отверстии (справа)

Используя полученные сведения, постройте параметрические модели профилей резцов (рисунок 2.5), пригодных для моделирования резьбы с шагом 2мм на цилиндрическом (рисунок 2.6) и коническом (рисунок 2.7) стержнях, а также в отверстиях цилиндрической (рисунок 2.8) и конической (рисунок 2.9) формы.

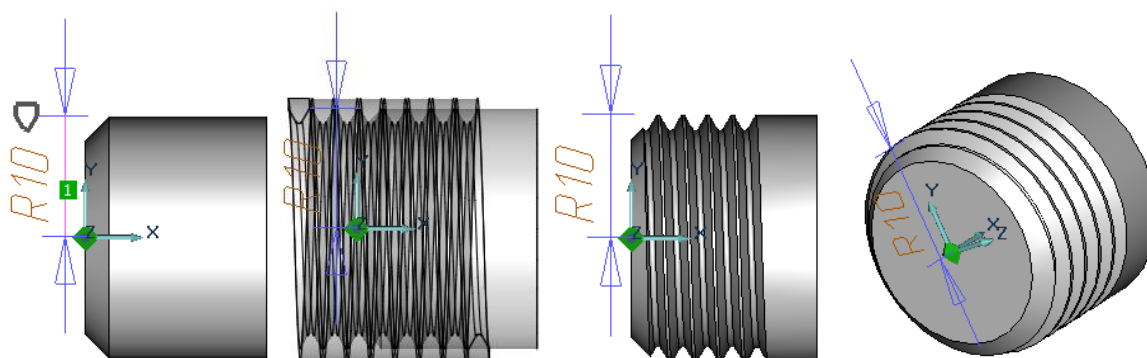


Рисунок 2.6 – Последовательность моделирования резьбы на цилиндрическом стержне

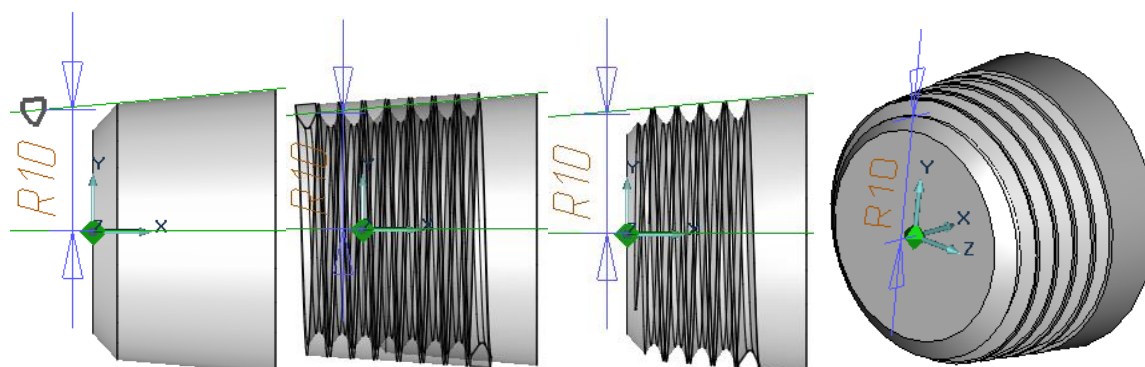


Рисунок 2.7 – Последовательность моделирования резьбы на коническом стержне

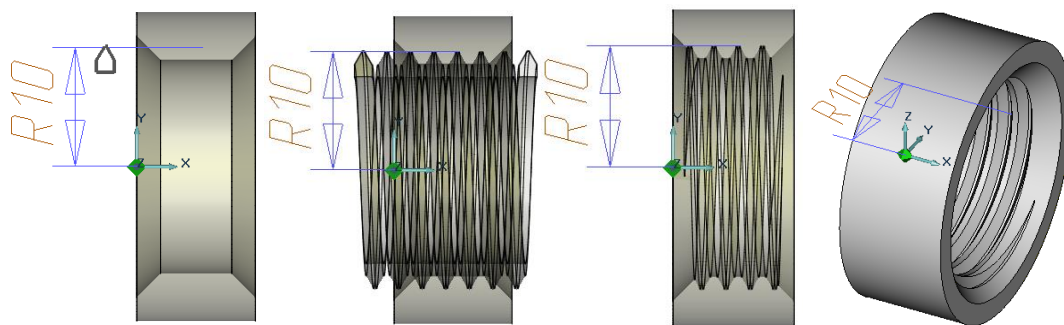


Рисунок 2.8 – Последовательность моделирования резьбы в цилиндрическом отверстии

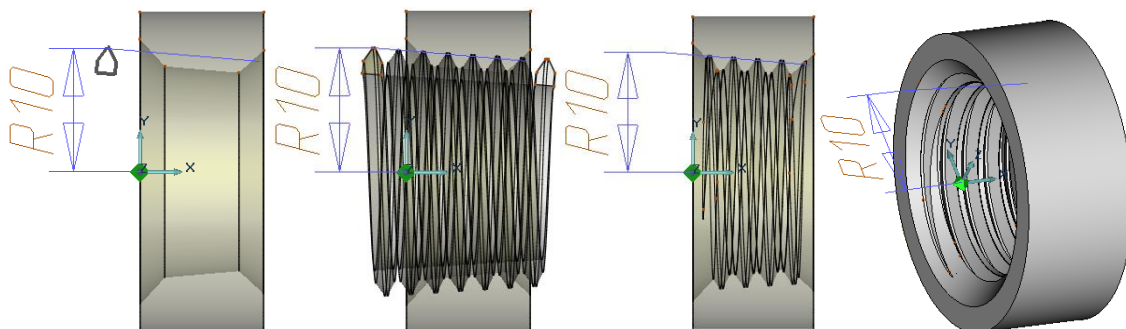


Рисунок 2.9 – Последовательность моделирования резьбы в отверстии конической формы

Постройте модели правой резьбы на стержнях и в отверстиях (см. рисунки 2.6, 2.7, 2.8, 2.9).

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Правая резьба моделируется при последовательном указании точек на оси вращения слева направо (в последовательности справа налево моделируется левая резьба).

2. При моделировании резьбы в отверстии диаметр отверстия в соответствии с ГОСТ 9150-81 должен быть равен значению внутреннего диаметра резьбы D_1 (см. рисунок 2.3). Величину диаметра отверстия (D_1) принимаем равной разности наружного диаметра резьбы (D) и $1,08 P$. $D_1 = D - 1,08 P$.

3. При моделировании конической резьбы профиль резца следует повернуть вокруг характерной точки (принадлежащей одновременно профилю и наружному диаметру резьбы) так, чтобы его продольная ось была перпендикулярна образующей (стержня или отверстия) (см. рисунки 2.7 и 2.9).

4. Образующая стержня или отверстия должна проходить через характерную точку профиля резца (см. рисунки 2.7 и 2.9).

5. В примере моделирования резьбы на коническом стержне (см. рисунок 2.7) профиль резца повернут на 5° вокруг характерной точки; образующая стержня проходит через характерную точку резца под углом 5° ; высота = 15 мм, число витков = 7,5, масштабный фактор = 1,1.

6. В примере моделирования резьбы в коническом отверстии (см. рисунок 2.9) профиль резца повернут на минус 5° вокруг характерной точки; образующая стержня проходит через характерную точку резца под углом минус 5° ; высота = 15 мм, число витков = 7,5, масштабный фактор = 0,9.

Задание для упражнений

Используя сочетание клавиш **Ctrl + C** и **Ctrl + V**, «вкрутите» стержни в соответствующие отверстия.

3. ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЁМНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БОЛТА

На рисунке 3.1 показаны изображения объёмной модели и чертёж болта.

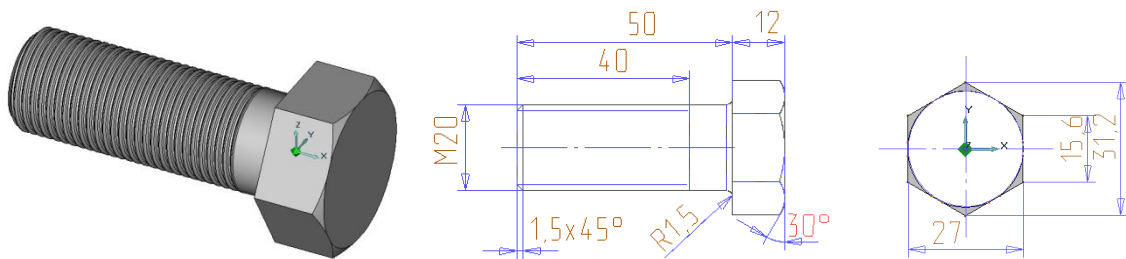


Рисунок 3.1 – 3D модель и чертёж болта

Войдем в среду CAD модуля системы ADEM. Как показано на рисунке 3.2 слева, построим вписанный шестиугольник (, **ОК**, **Home**, **Q**, **Е**, **Пробел**, **Y=15**, **Пробел**). Впишем в шестиугольник окружность (, **Home**, **С**, **Пробел**) и установим вспомогательный узел (**N**) (рисунок 3.2 по центру). Выберем **абсолютную рабочую плоскость YZ** (, через вспомогательный узел горизонтально проведем вспомогательную прямую L и, как показано на рисунке 3.2 справа, на расстоянии **X=15** мм построим треугольник, представляющий собой сечение резака фаски на головке болта (, **С**, **L=0**, **X=15**, **N**, **U=30**, **Пробел**, **7,7**, **Пробел**, **6**, **Esc**).

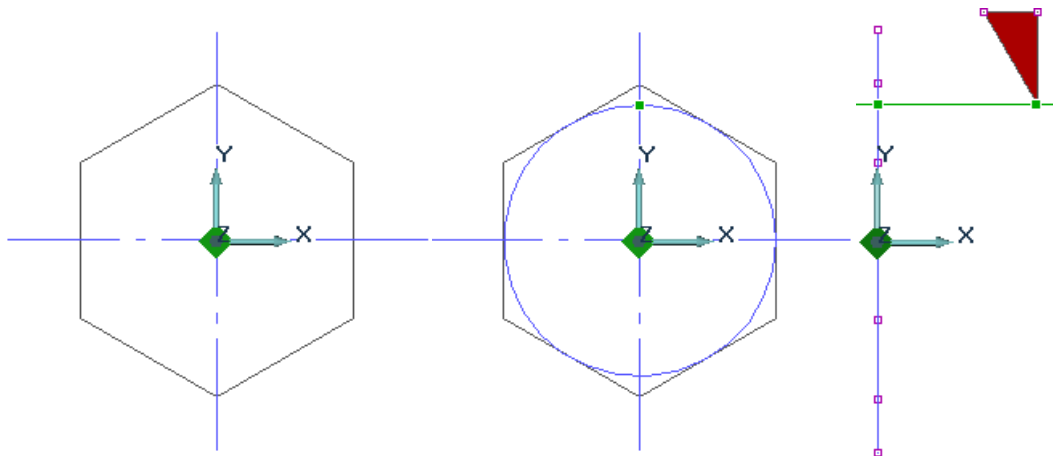


Рисунок 3.2 – Шестиугольник, вписанная окружность и сечение резака фаски

Как показано на рисунках 3.3, 3.4 и 3.5, проставим размеры под ключ диаметра описанной вокруг шестиугольника окружности и ширины грани и с их помощью параметризуем плоскую модель головки болта. Для этого включим режим **Абсолютная рабочая плоскость XY** (, режим простановки размеров (, нанесем 3 размера (рисунки 3.3, 3.4 и 3.5). Включим режим **Создание/изменение плоской ПРМ** в меню **Параметризация**. Последовательно выбирая размеры, выделим узлы, которые должны быть привязаны к соответствующему концу размерной линии – со сплошной заливкой – (рисунки 3.3, 3.4 и 3.5), **Esc**, **Y**. Особое внимание следует

обратить на выделение трех узлов сечения резака фаски в процессе их привязки к верхнему концу размерной линии диаметра описанной окружности (рисунок 3.4). Чтобы убедиться в полноте выделения этих узлов, повернем изображение вокруг оси Y (**Shift+ЛКМ**), затем вернем рабочую плоскость в плоскость экрана, включив .

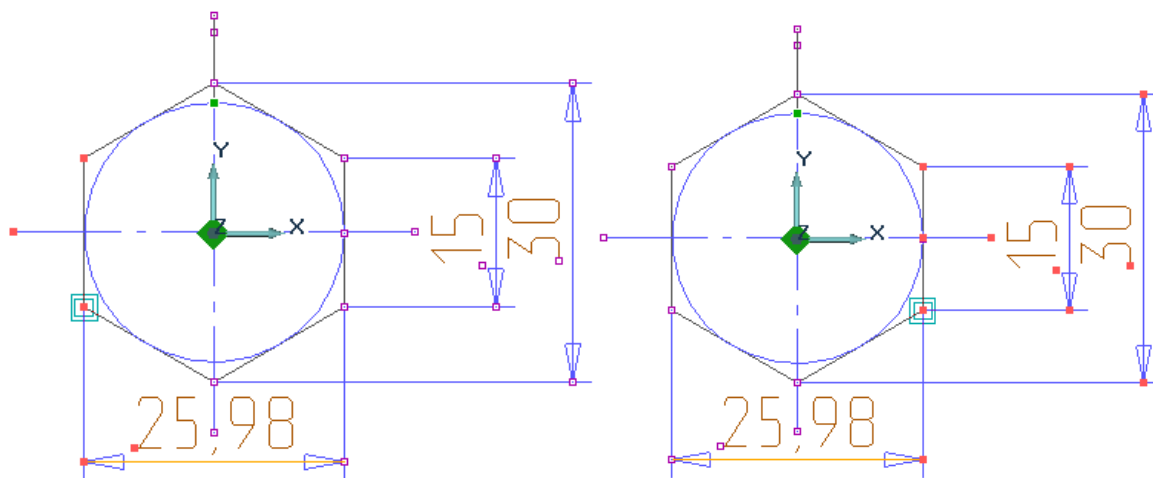


Рисунок 3.3 – Параметризация размера под ключ

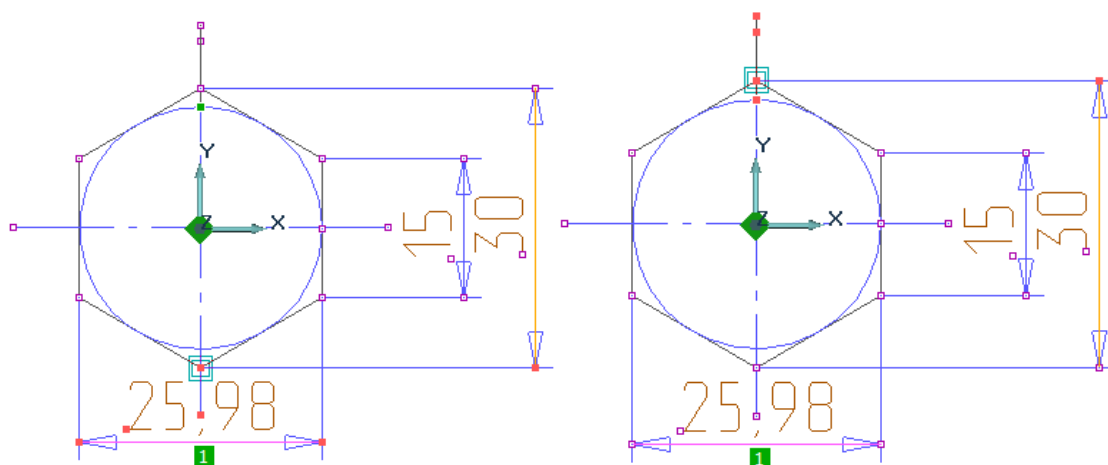


Рисунок 3.4 – Параметризация диаметра описанной окружности

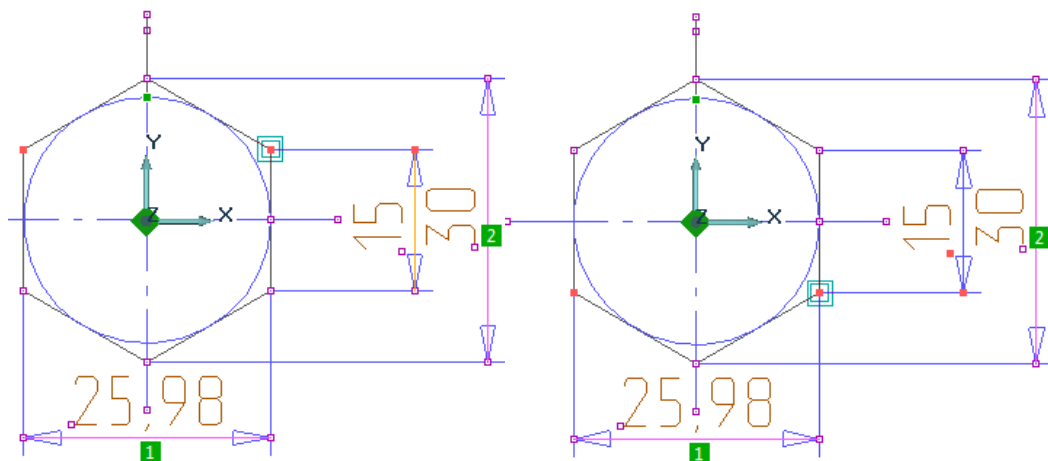


Рисунок 3.5 – Параметризация ширины грани головки болта

Проверим правильность построения плоской параметрической модели. Для этого включим режим **Изменение размеров ПРМ** в меню **Параметризация** и последовательно изменим размеры, вводя новые их значения (рисунок 3.6). В случае неправильной работы модели откорректируем привязку узлов к концам нужной размерной линии в режиме **Создание/изменение плоской ПРМ** и опять выполним проверку.

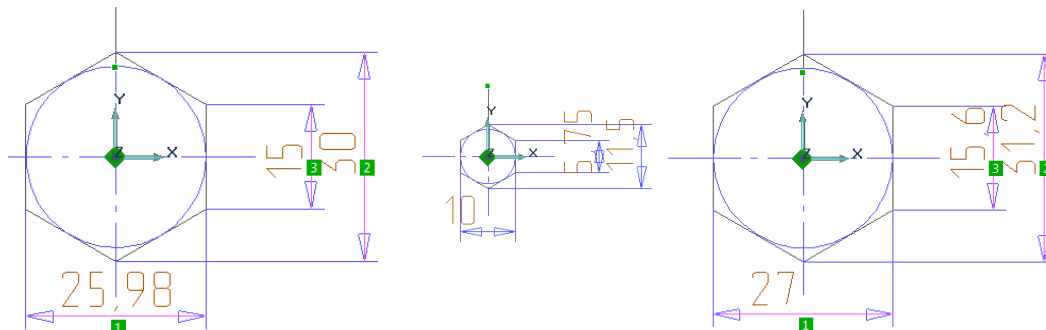


Рисунок 3.6 – Проверка параметрической модели

Построим объёмную параметрическую модель головки болта (рисунок 3.7). Для этого сместим  шестиугольник на 15 мм, указав его профиль (рисунок 3.7,а). Включим режим **Абсолютная рабочая плоскость YZ** , режим простановки размеров  и проставим размер 15, проведя первую выносную линию через начало координат (**Home**). Построим объёмную модель резака фаски, провернув  сечение резака вокруг оси X (указав на ней 2 точки) (рисунок 3.7,б). Построим фаску, вычтя  модель резака фаски из модели головки (рисунок 3.7,в). Включим режим **Создание/изменение объёмной ПРМ** в меню **Параметризация**, укажем размер 15, на запрос системы ответим **Esc**, ко второй выносной линии привяжем узлы, показанные на рисунке 3.7,г. Проверим зависимость изменения высоты головки болта от вводимого значения размера, включив режим **Изменение размеров ПРМ** в меню **Параметризация** (рисунок 3.7,д).

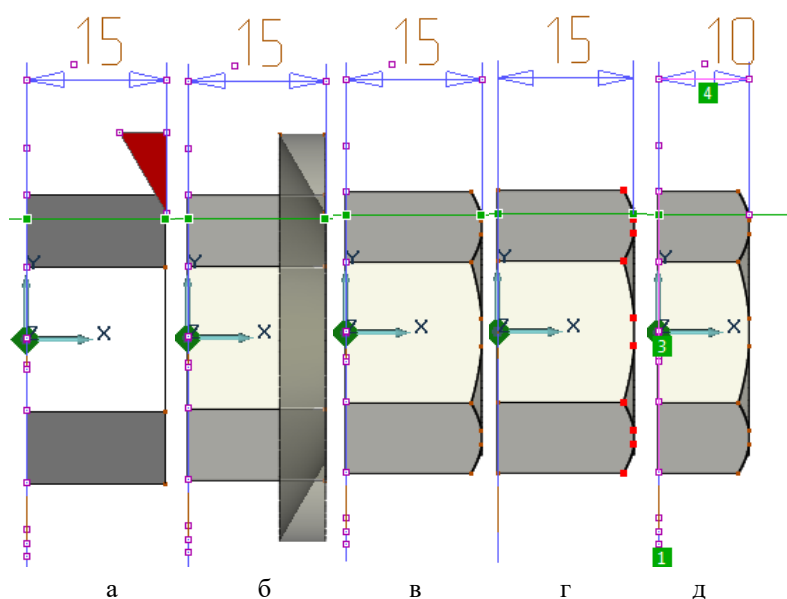


Рисунок 3.7 – Последовательность построения 3D параметрической модели и ее проверка

Еще раз проверим функционирование 3D параметрической модели головки болта, последовательно изменив параметры всех размеров. В случае обнаружения некорректного поведения модели болта произведем необходимую корректировку в режиме **Создание/изменение ПРМ**.

Теперь создадим модель цилиндрического стержня болта. Для этого ломаной линией  последовательно построим два профиля, как показано на рисунке 3.8а: 1-й профиль – **Home**, **Пробел**, **Y=10.01**, **Пробел**, **X=-10**, **Пробел**, **Y=0**, **Пробел**, **Esc**; 2-й профиль – **X=-10**, **Пробел**, **Y=10**, **Пробел**, **X=-50**, **Пробел**, **Y=0**, **Пробел**, **Esc**.

В режиме простановки размеров  построим размеры 12 и 50 так, чтобы их первые выносные линии проходили через начало координат (**Home**) и размер 40, первая выносная линия – по левому торцу проектируемого стержня (рисунок 3.8,б).

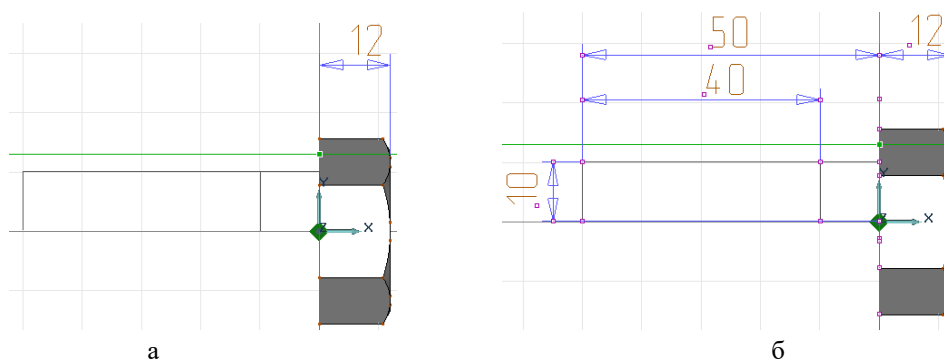


Рисунок 3.8 – Построение профилей длины стержня, нарезанной части стержня и размеров

Как показано на рисунках 3.9, 3.10, 3.11, последовательно построим плоскую параметрическую модель стержня болта.

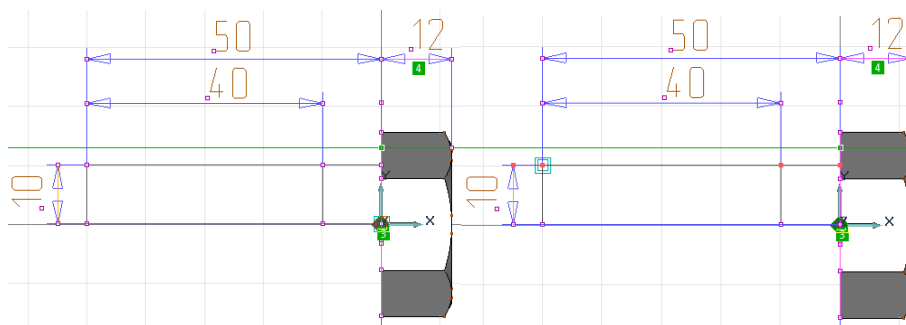


Рисунок 3.9 – Параметризация радиуса стержня

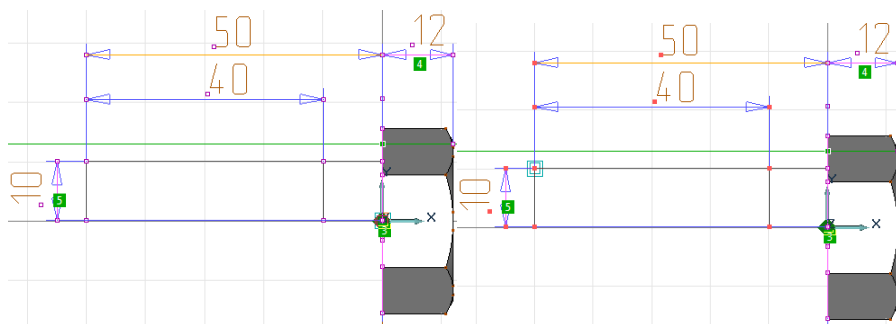


Рисунок 3.10 – Параметризация длины стержня

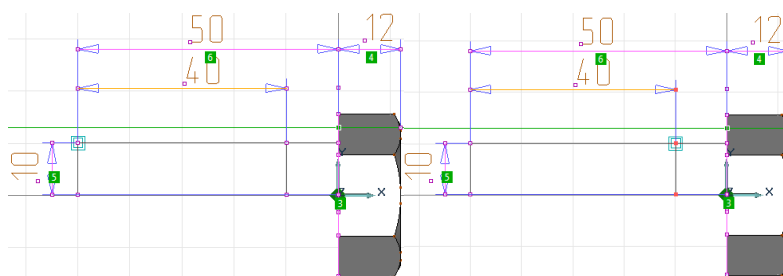


Рисунок 3.11 – Параметризация длины нарезанной части стержня

Убедимся, что модель работает правильно, последовательно изменяя каждый из размеров. При необходимости произведем нужную корректировку.

Используя функцию вращения , построим, вращая профили вокруг оси X, две объёмные части стержня. Затем объединим их  с объёмной моделью головки (рисунок 3.12).

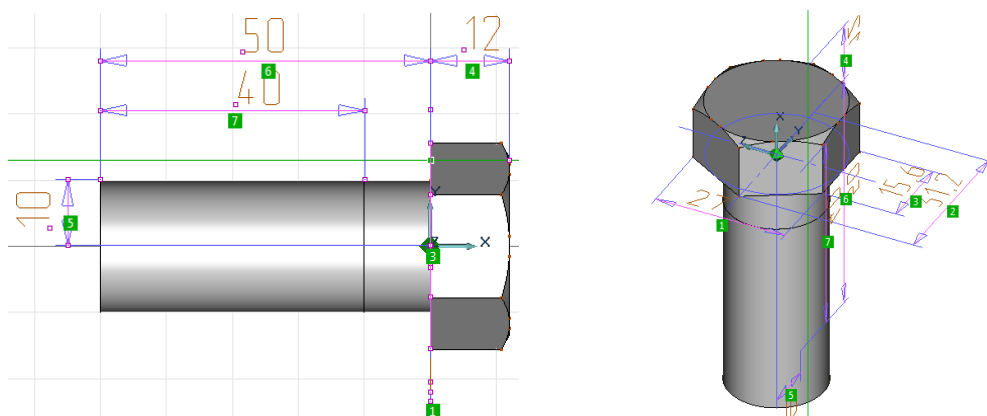


Рисунок 3.12 – Объёмная параметрическая модель (3D ПРМ) болта

Произведем тщательную проверку построенной модели и при необходимости, воспользовавшись функцией **Проекция грани** , произведем необходимую корректировку объёмной ПРМ.

Для удобства использования созданной ПРМ модели болта при дальнейшем конструировании воспользуемся данными таблицы Б.3 [1] «Болты с шестигранной головкой повышенной точности».

Сохраним 3D ПРМ болта в файле каталога. Для этого запишем  построенную 3D ПРМ в файл под именем «3D ПРМ болта. cat», указав в качестве точки привязки начало координат (**Home**), на запрос системы ответим утвердительно и введем в каждую из ячеек таблицы данные таблицы Б.3 [1], **ОК** (рисунок 3.13).

	1	2	3	4	5	6	7	8	
	1	8.000	9.200	4.600	3.500	2.500	20.000	16.000	M5x0.8
	2	10.000	11.500	5.750	4.000	3.000	20.000	18.000	M6x1.0
	3	14.000	16.200	8.100	5.500	4.000	25.000	22.000	M8x1.25
	4	17.000	19.600	9.800	7.000	5.000	30.000	26.000	M10x1.5
	5	19.000	21.900	10.950	8.000	6.000	35.000	30.000	M12x1.5

ОК

Сохранить

Excel

Отмена

Рисунок 3.13 – Таблица параметров 3D ПРМ болта

Прочтем последнюю строку только что созданного файла, укажем точку привязки (**Home**) и направление (**Пробел**) (рисунок 3.14,а), доработаем модель по чертежу (см. рисунок 3.1), создав фаску шириной 1,5 мм для нарезания резьбы на левом торце и галтель радиусом 1,5 мм (рисунок 3.14,б).

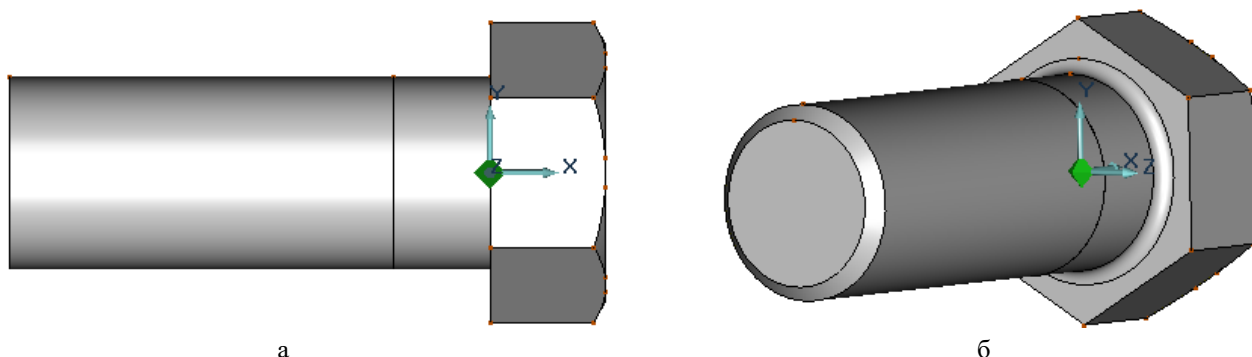


Рисунок 3.14 – Доработка 3D модели болта

Вызовем из каталога файл «ПРМ резак профиля резьбы болта шаг 2 .cat» (рисунок 3.15,а), **OK** и установим точку привязки профиля резьбы в точку, расположенную на расстоянии $X = -53$ мм от точки начала координат (на рисунке 3.15,б отмечена вспомогательным узлом). Выберем режим построения спирали, укажем профиль витка, **Esc**, введем высоту спирали 40 мм и количество витков 20, **OK**, последовательно в направлении слева направо (иначе резьба у нас окажется левой) укажем две точки на оси (рисунок 3.15,в). Вычтем из тела стержня болта модель спирали (рисунок 3.15,г).

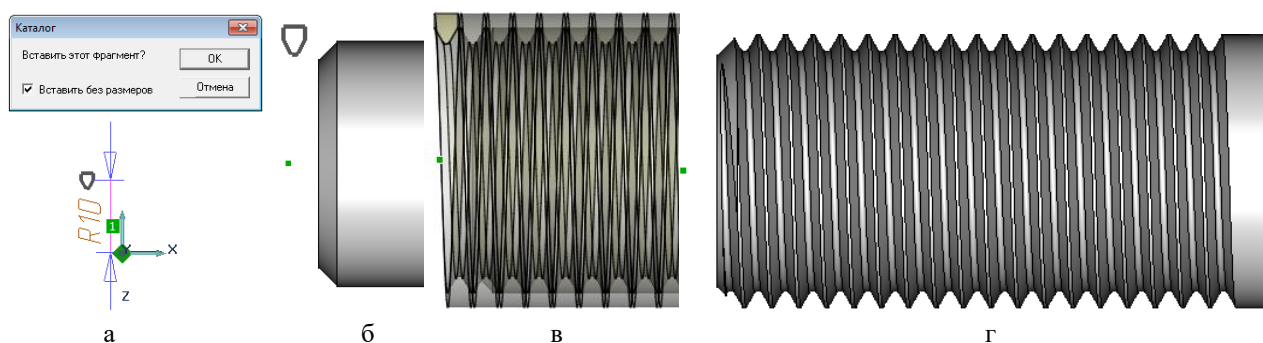


Рисунок 3.15 – Моделирование резьбы на стержне болта

Сохраним полученную в соответствии с заданием (см. рисунок 3.1) 3D параметрическую модель болта в файле «3D ПРМ болта .adm».

Теперь при необходимости использовать объёмную модель болта в конструкции используем соответствующую строку таблицы файла каталога «3D ПРМ болта.cat» и, прежде чем установить на место, дорабатываем ее: создаем фаску, галтель, нарезаем резьбу.

4. ПОСТРОЕНИЕ 3D ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОРОНЧАТОЙ ГАЙКИ

Корончатая гайка относится к стандартным деталям крепежа. Конструкция корончатой гайки (рисунок 4.1) позволяет законтрить эту гайку от отворачивания за счет установки в ее пазы шплинта.

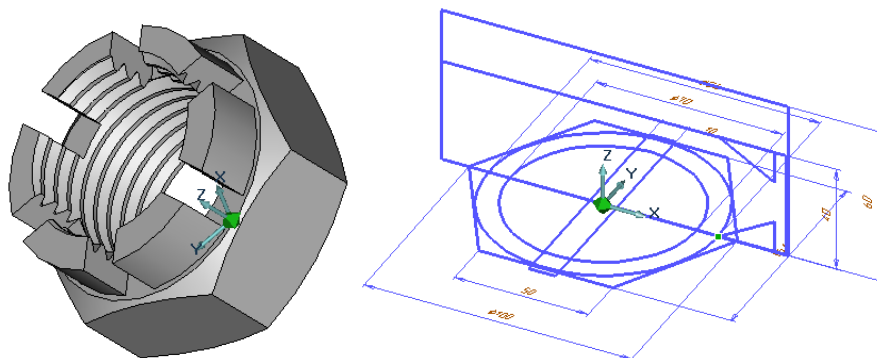


Рисунок 4.1 – Корончатая гайка и вспомогательные профили для построения ее параметрической модели

Постройте параметрическую модель корончатой гайки.

Для этого в плоскости XY (рисунок 4.2) последовательно постройте профили:

- шестиугольника – **Home, Q, E, E, Пробел**, второй узел в точке с координатами: **X=50, Y=0, ОК, Пробел**. Центровые линии следует удалить (, **2D только**, взять в группу, **Esc,**);

- вписанной в шестиугольник окружности – **Home, Пробел**, второй узел в точке с координатами: **X=43, Y=0, ОК, Пробел**. Установите в эту точку вспомогательный узел **N**;

- окружности отверстия в гайке – – **Home, Пробел**, второй узел в точке с координатами: **X=35, Y=0, ОК, Пробел**;

- пазов в короне – по координатам конца диагонали прямоугольника: **X₁=5, Y₁=44, ОК, Пробел, X₂=-5, Y₂=-44, ОК, Пробел**.

В плоскости XZ :

- высоту шестигранника – по координатам конца диагонали прямоугольника: **X₁=-65, Y₁=0, ОК, Пробел, X₂=65, Y₂=40, ОК, Пробел**;

- высоту гайки – по координатам конца диагонали прямоугольника: **X₁=-65, Y₁=0, ОК, Пробел, X₂=65, Y₂=60, ОК, Пробел**;

- профилей фасок на шестиграннике гайки (в виде треугольников, левая вершина нижнего из которых совпадает с ранее установленным вспомогательным узлом во втором узле окружности, вписанной в шестигранник): **D = 5 мм, U = 30°, ОК, C**, на дополнительной части клавиатуры **9, 9, 9, 9, 2, 2, Esc**, чтобы построить второй треугольник, сделайте зеркальное отражение (, **Произвольная**) первого (, **2D только**, взять его в группу, **Esc**)

относительно горизонтали на высоте $Y = 20$ мм, указав на ней последовательно 2 точки оси симметрии (**Пробел**).

Нанесите размеры и последовательно, как условно показано прямоугольниками на рисунке 4.2, создайте параметрическую модель гайки (**Параметризация, Создание/изменение плоской ПРМ**, привязка соответствующих узлов, **Y**), связав узлы ее плоских профилей с концами размерных линий размеров 1, 2, 3, 4, 5 и 6 симметрично началу координат. Одни из концов размерных линий размеров 7 и 8 привязаны к началу координат, другие – к узлам плоских контуров. Обратите внимание на необходимость привязки вершин треугольников, предназначенных для формирования фасок на теле гайки, к правому концу размерной стрелки размера 5.

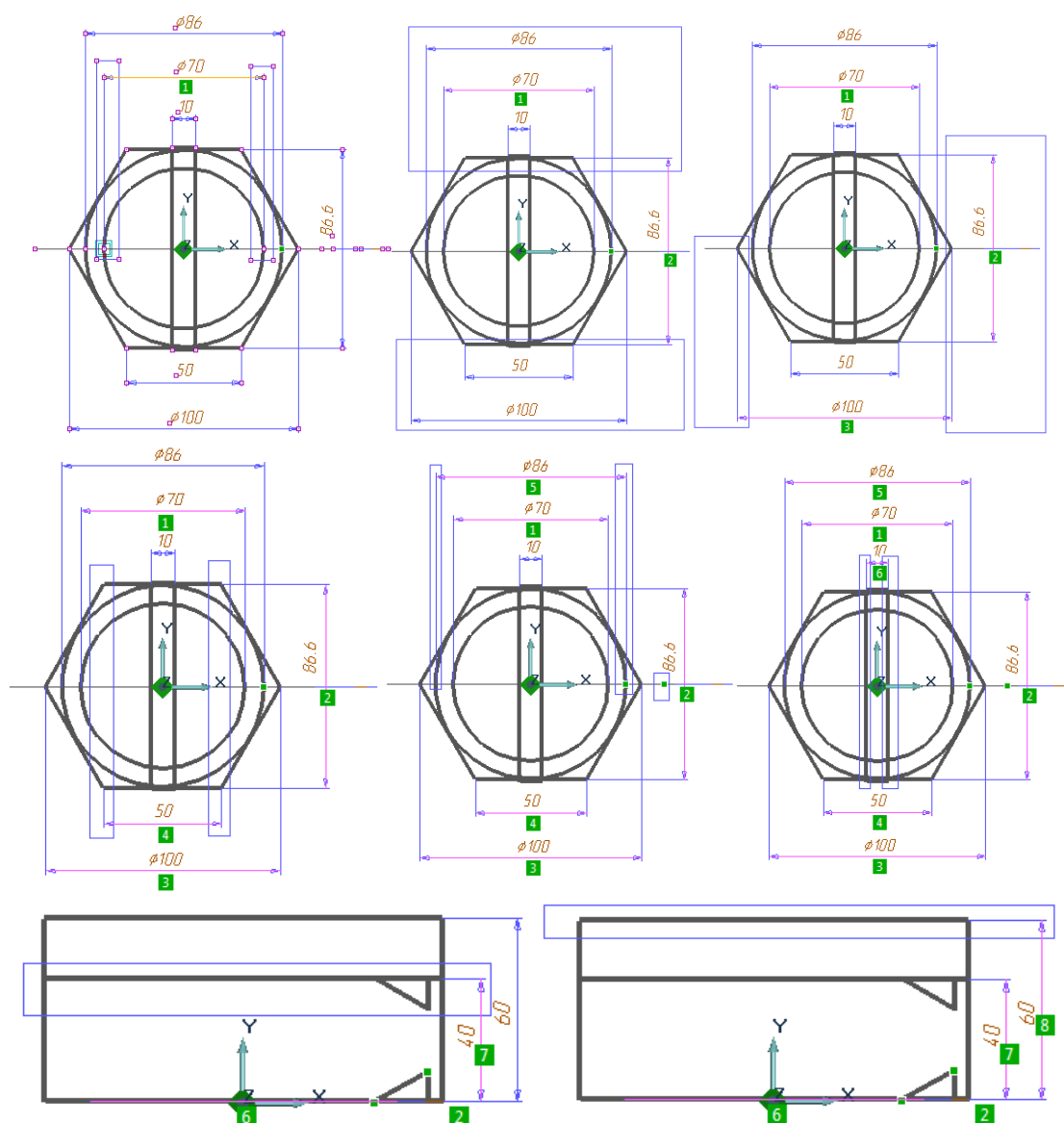


Рисунок 4.2 – Схема привязки концов размерных линий к узлам плоских профилей гайки

В процессе формирования параметрических размеров (привязки концов размерных линий к узлам профилей) будьте предельно внимательны. В случае сомнений в правильности привязок произведите повторную (возможно, не один раз) привязку.

После формирования каждого из параметрических размеров произведите проверку правильности связей. Для этого воспользуйтесь режимом **Параметризация, Изменение размеров ПРМ**. Только после этого можно продолжить работу со следующим размером.

Функцией **Смещение**  последовательно постройте шестигранник, «выдавив» контур шестиугольника на 41 мм (**Высота** = 41 мм), модель короны гайки, «выдавив» окружность (**Высота** = 61 мм), цилиндр – окружность отверстия (**Высота** = 70 мм), параллелепипед – прямоугольник (**Высота** = 70 мм) (рисунок 4.3).

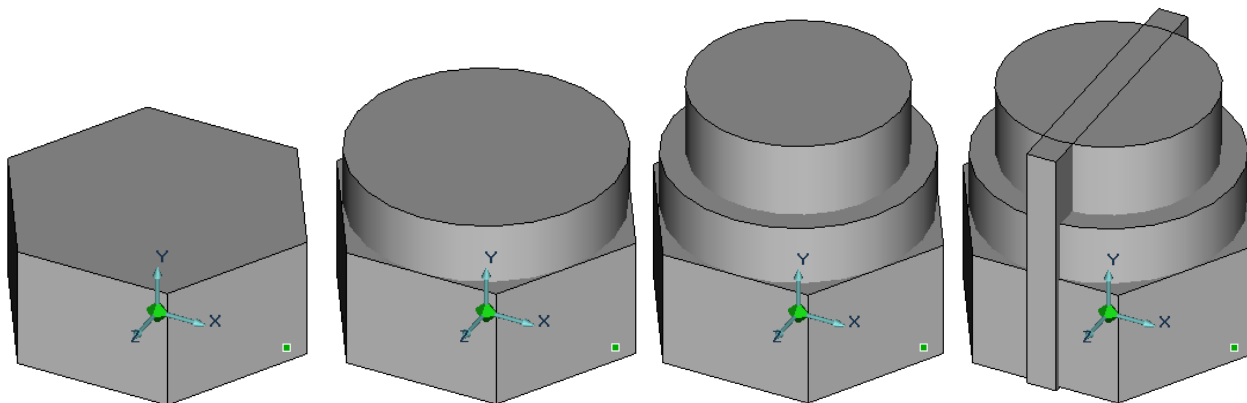


Рисунок 4.3 – 3D моделирование конструктивных элементов гайки

Как показано на рисунке 4.4, последовательно произведите следующие действия:

- угловым копированием , **Угловая**, выделив , **3D только**, тело параллелепипеда, **Esc**, укажите центр в начале координат (**Home**, **Пробел**), **Угол** = 120° , **Число** = 2, **ОК**, постройте две копии параллелепипеда (рисунок 4.4,а);
- прямоугольником высотой 40 мм (в плоскости XZ ) произведите **Извлечение тела**  построенной ранее модели (рисунок 4.4,б);
- прямоугольником высотой 60 мм аналогично произведите **Извлечение тела**  построенной ранее модели (рисунок 4.4,в);
- вычтите  из модели короны модели 3-х пазов (рисунок 4.4,в);
- объедините  модели шестигранника и короны с пазами (рисунок 4.4,г);
- вычтите  из модели гайки модель отверстия (рисунок 4.4,д).

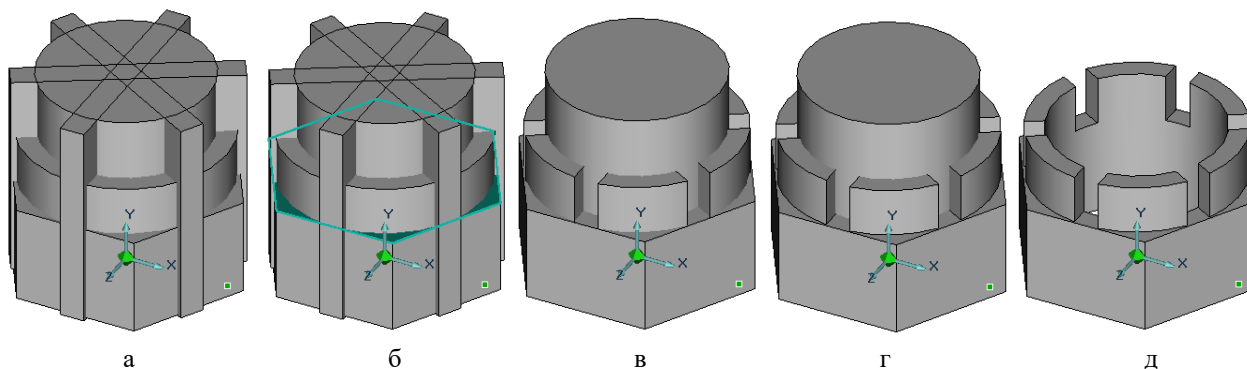


Рисунок 4.4 – Последовательность выполнения преобразований

Как показано на рисунке 4.5, операцией **Вращение**  последовательно постройте модели резачков фасок (рисунок 4.5,а) и вычтите  их из тела гайки (рисунок 4.5,б).

Затем функцией **Фаска на ребре**  последовательно сформируйте фаски под резьбу (Фаска 1 = 2 мм), указав 6 ребер сверху и одно внизу (рисунок 4.5,в).

Сохраните 3D ПРМ гайки в файле каталога.

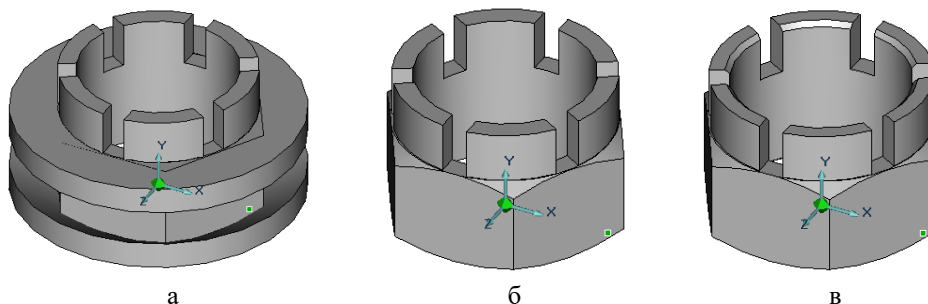


Рисунок 4.5 – Формирование конструктивных элементов гайки

Для этого запишите  построенную 3D ПРМ в файл под именем «3D ПРМ гайки корончатой. cat», указав в качестве точки привязки начало координат (**Home**), на запрос системы ответьте утвердительно и введите в каждую из ячеек таблицы данные из таблицы (рисунок 4.6), **ОК**.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	5.000	9.000	10.400	5.200	8.000	1.600	3.500	6.000	M5x0.8
2	6.000	10.000	11.500	5.750	9.000	2.000	4.000	7.000	M6x1.0
3	8.000	12.000	13.800	6.900	11.000	2.500	5.000	9.000	M8x1.25
4	10.000	14.000	16.200	8.100	13.000	3.000	6.500	11.000	M10x1.5
5	12.000	17.000	19.600	9.800	16.000	3.000	8.000	13.000	M12x1.5
6	14.000	19.000	21.900	10.950	18.000	3.000	8.500	14.000	M14x1.5
7	16.000	24.000	27.700	13.850	22.000	3.500	10.000	16.000	M16x1.5
8	18.000	27.000	31.200	15.600	25.000	3.500	12.000	18.000	M18x1.5

Рисунок 4.6 – Стандартные параметры гайки

Последовательно прочтите  строки только что созданного файла. Указывая каждый раз точку привязки (**Home**) и направление (**Пробел**), получите изображение, представленное на рисунке 4.7.

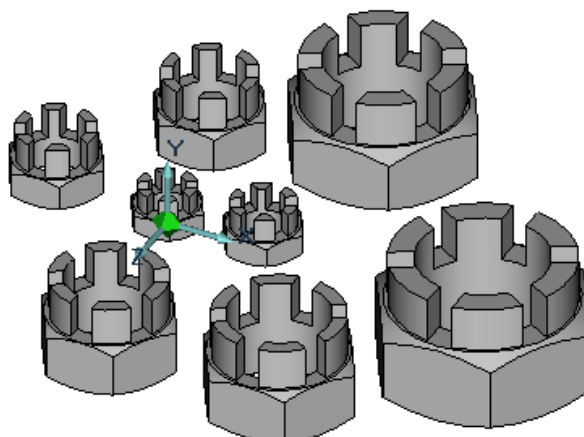


Рисунок 4.7 – Семейство 3D моделей стандартных гаек

5. ПОСТРОЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ И 3D МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ

The technical drawing consists of two views of a mechanical component:

- Side View (Left):** Shows a cross-section of the part. The total height is $\phi 28$. The top flange has a thickness of 3 mm and a width of 16 mm. A fillet with a radius of $R30^\circ$ transitions from the flange to the main body. The main body has a diameter of $\phi 18^*$ and a length of M20x2. The bottom section has a total height of 8 mm, with a central hole of diameter $\phi 16$ and a depth of 2 mm. The outer edge of the bottom section is chamfered at $2 \times 45^\circ$.
- Top View (Right):** Shows the hexagonal base of the part. The overall width is $\phi 34$. The inner circular feature has a diameter of $\phi 1$. The distance between opposite flat sides of the hexagon is 30 mm.

Как показано на рисунке 5.2, привязавшись к началу абсолютной системы координат и используя функцию **Замкнутый контур** , произвольно постройте контур, подобный контуру накидной гайки так, чтобы он содержал все геометрические элементы чертежа гайки (фаски, проточки и пр.) (рисунок 5.1).

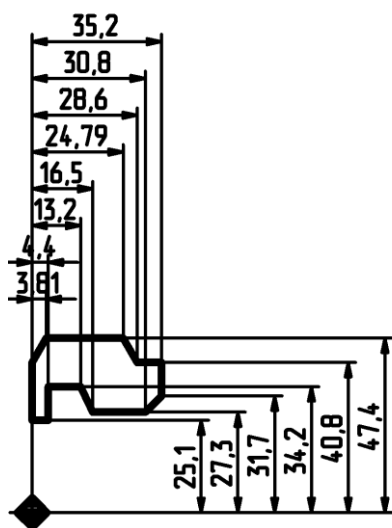


Рисунок 5.2 – Набросок (эскиз) контура накидной гайки

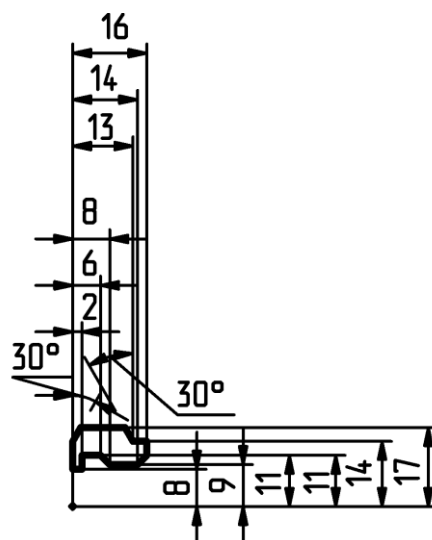


Рисунок 5.3 – Чертёж контура накидной гайки

Возьмите построенный контур в группу (, **2D только**) и включите режим **Автомат размеров** (). В качестве точки привязки укажите начало координат (**None, Пробел**). Как видно (рисунок 5.2), автоматическое нанесение размеров системой производится координатным способом вправо и вверх от начала координат.

Удалите ненужные размеры (например, 3.81, 24.79 на рисунке 5.2), поставьте вместо них угловые размеры (30°) () (последовательно 3 узла против часовой стрелки: 1-й – на одной из сторон угла, 2-й – в вершине угла, 3-й – на другой стороне угла). Отредактируйте оставшиеся линейные размеры, руководствуясь размерами чертежа гайки (см. рисунок 5.1). Для этого воспользуйтесь режимом **Редактирования размеров** ()

На рисунке 5.3 показаны значения величин размеров, которые следует ввести при редактировании.

Получите модель контура гайки. Для этого отключите режим редактирования размеров (**Esc**), включите режим **Параметризация, Эвристический метод (Все)**. Если все выполнено верно, то Вы получите результат параметризации, представленный на рисунке 5.3.

Чтобы получить 3D модель гайки, удалите размеры (**Общие, Удалить, Размеры**), используя функцию **Вращение** () , последовательно укажите контур гайки, введите угол, на который следует повернуть контур вокруг горизонтальной оси (**360°**), и 2 точки на оси, проходящей через начало координат **None** (рисунок 5.4).

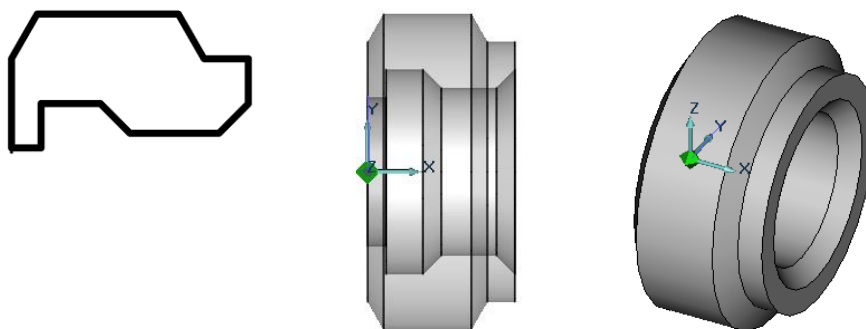


Рисунок 5.4 – Контур и 3D модель контура гайки

Сформируем грани гайки и выполним отверстия под контровочную проволоку. Выберем **абсолютную рабочую плоскость YZ**  (рисунок 5.5,а), установим шестиугольник в начало координат , **ОК, Home, Q, E, Пробел, Y=17, Пробел** (рисунок 5.5,б). Воспользуемся режимом **Извлечение тела** , укажем в качестве профиля шестиугольник, в качестве тела 3D модель контура гайки (рисунок 5.5,в).

Выберем **абсолютную рабочую плоскость XY** , , включим режим **построения окружности заданного диаметра** , введем в соответствии с чертежом (см. рисунок 5.1) диаметр = 1 мм, **ОК**. Последовательно установим полученную окружность в точки с координатами **X = 6,5 мм, Y = 15,5 мм, Пробел** и **X = 6,5 мм, Y = -15,5 мм, Пробел** (рисунок 5.5г). Используя функцию **сквозное отверстие** , смоделируем два отверстия, указав в качестве профилей отверстия, в качестве тела – модель 3D гайки (рисунок 5.5,д).

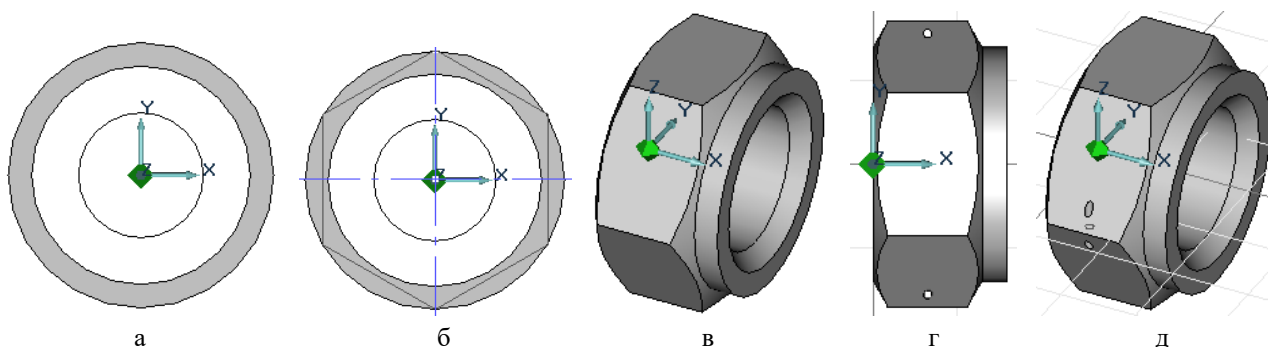


Рисунок 5.5 – Формирование граней гайки и отверстия под контровку

Сформируем резьбу внутри гайки. Для этого воспользуемся файлом каталога «ПРМ резца профиля резьбы гайки шаг 2 .cat». Укажем параметрический размер (R10 мм) и введем новое его значение: R9 мм, **ОК** (рисунок 5.6,а). Установим профиль резца на место: точка привязки **Home**, перемещение кнопкой вправо, **Пробел, Esc** (рисунок 5.6,б).

Используя функцию **построение спирали** , указав профиль резца, **Esc**, введя значение высоты = 10 мм и количество витков = 5, **ОК**, получите модель резака резьбы (рисунок 5.6,в).

Произведите булеву операцию вычитания  модели резака резьбы из модели гайки (рисунок 5.6,г). На рисунке 5.6,д представлена готовая 3D модель гайки с резьбой.

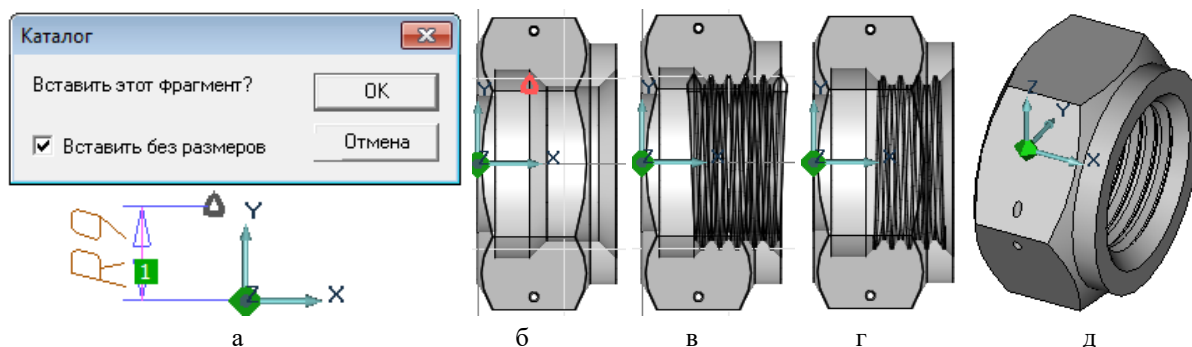


Рисунок 5.6 – Формирование внутренней резьбы гайки

Запишите полученную 3D модель гайки в архив.

Аналогично с использованием метода «эвристической» параметризации по чертежу переходника (рисунок 5.7) последовательно постройте эскиз контура переходника (рисунок 5.8 слева) и его чертёж, в котором введены угловой размер 30° и вертикальный размер 15 мм, но изъят размер 19,8 мм (рисунок 5.8 справа), а также 3D модель контура (рисунок 5.9).

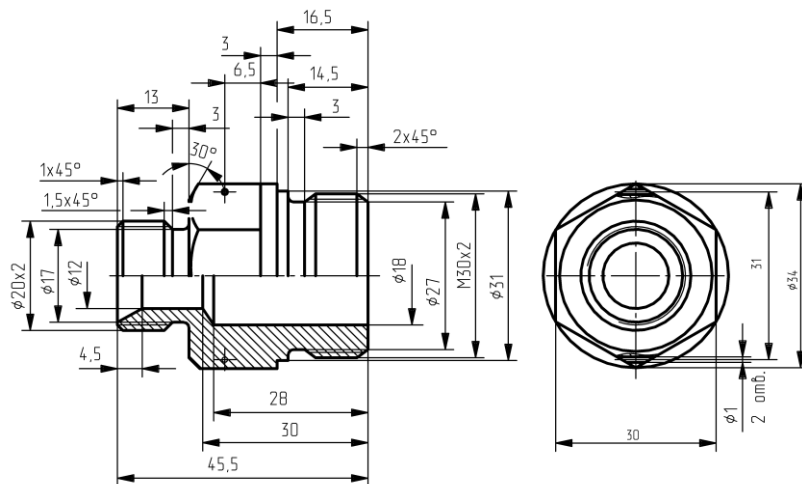


Рисунок 5.7 – Чертёж переходника

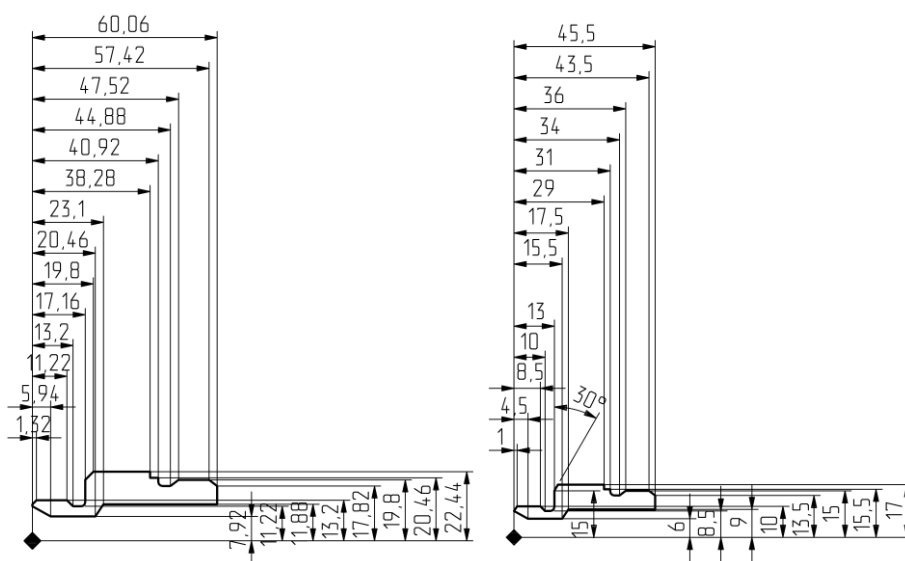


Рисунок 5.8 – Эскиз и чертёж контура переходника

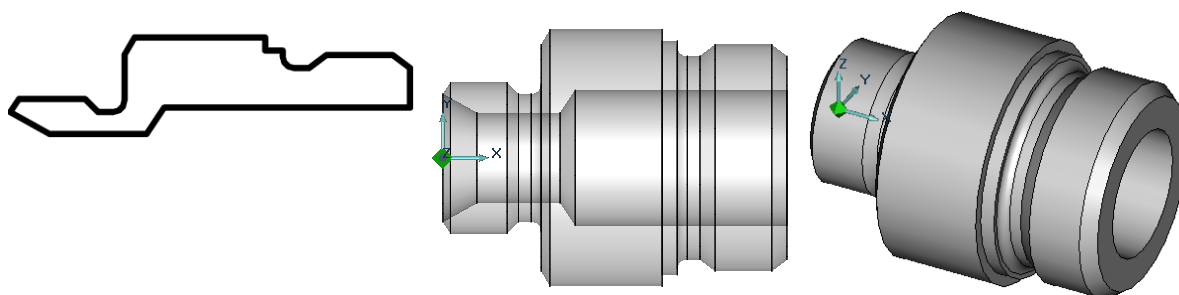


Рисунок 5.9 – 3D модель контура переходника

Установите  начало координат в центре грани, как показано на рисунке 5.10,а. Для формирования граней постройте шестигранник, у которого вторая точка лежит на координате $Y = 18$ мм. Извлечением тела постройте (см. выше) грани шестигранника (рисунок 5.10,б). Для построения буртика установите в начало координат окружность диаметром = 34 мм. Операцией **Смещение**  (введя высоту = -3 мм), получите модель буртика (рисунок 5.10,в).

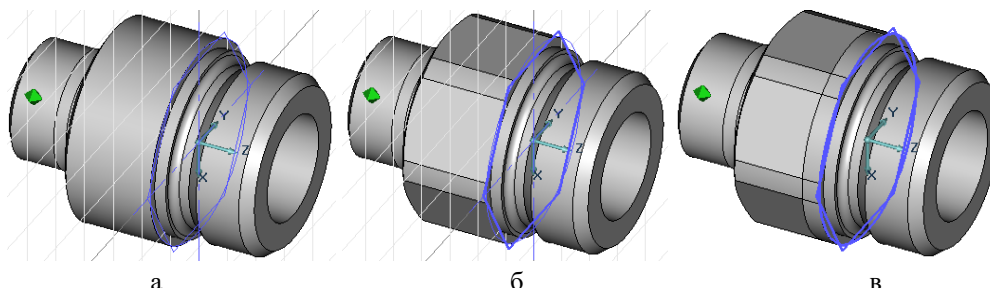


Рисунок 5.10 – Формирование профилей, граней гайки и буртика

Выполните булеву операцию **Объединение** моделей буртика и переходника (рисунок 5.11,а). «Просверлите» отверстия под контровку (диаметром = 1 мм, с координатами в абсолютной рабочей плоскости XY : $X = 19,5$ мм, $Y = 15,5$ мм и $X = 19,5$ мм, $Y = -15,5$ мм (рисунки 5.11,а и 5.11,б).

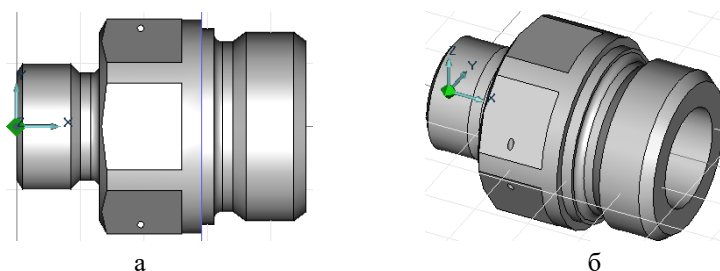


Рисунок 5.11 – Формирование отверстий под контровку

Формирование наружной резьбы переходника аналогично моделированию резьбы на стержне болта (см. лабораторную работу 3). Следует только учесть, что по чертежу переходника резьба слева $M20 \times 2$, а справа $M30 \times 2$. На рисунке 5.12 показана последовательность моделирования наружной резьбы.

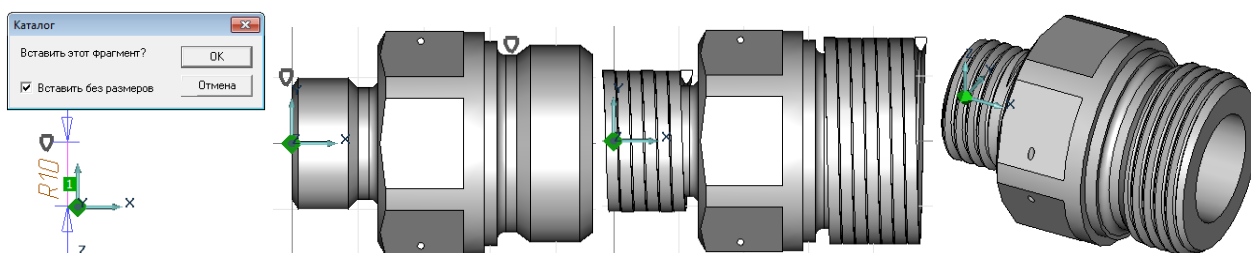


Рисунок 5.12 – Формирование наружной резьбы переходника

Запишите полученную 3D модель переходника в архив.

Чтобы реализовать сборку переходника и гайки, последовательно откройте сохраненные файлы в двух окнах. Возьмите, например, изображение гайки в группу, нажмите одновременно клавиши **Ctrl + C**, по запросу системы обязательно укажите точку привязки (**Home**).

Войдя во второе окно (с моделью переходника), нажмите одновременно клавиши **Ctrl+V** и, по запросу системы о точке привязки, укажите точку привязки (**Home**). Клавишами клавиатуры со стрелками переместите модель гайки, контролируя визуально, в нужное место, меняя (уменьшая) при необходимости значения шага курсора, **Esc** (рисунок 5.13).

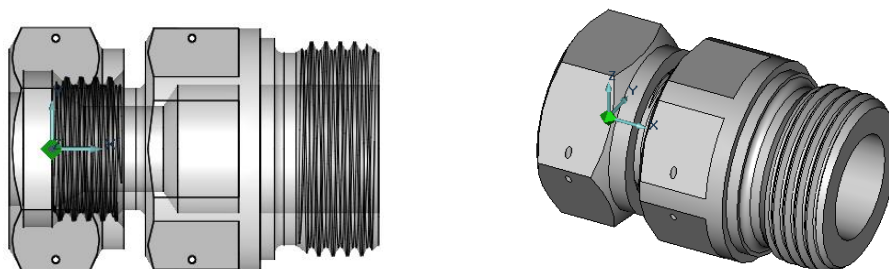


Рисунок 5.13 – Формирование сборки

Выбрав **абсолютную рабочую плоскость XY** , , как показано на рисунке 5.14, включите режим отображения исходных профилей , постройте прямоугольный контур и последовательно вырежьте (функция **Сквозное отверстие** ) четверть гайки и четверть переходника, указав соответственно профиль и тела (рисунок 5.14).

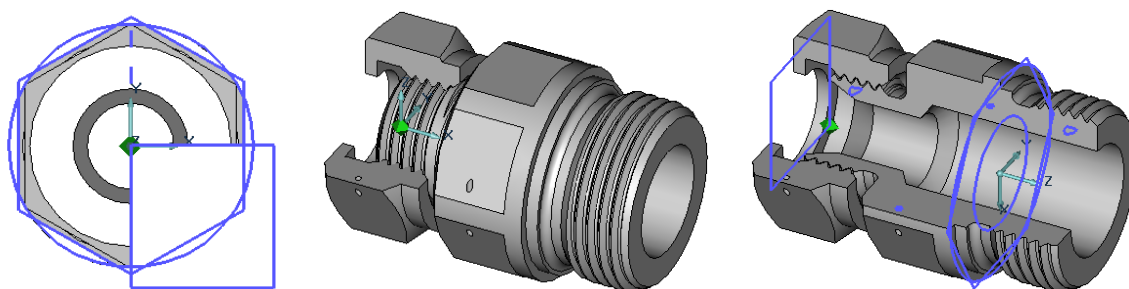
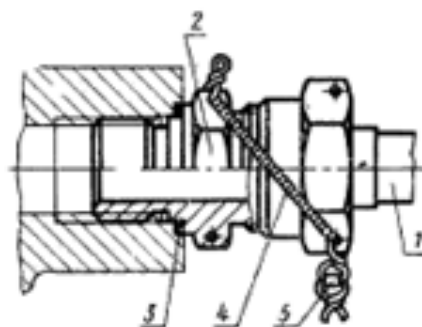


Рисунок 5.14 – Формирование четвертного выреза

На рисунке 5.15 представлены схема установки второго конца переходника в корпус и пример контровки от отворачивания с использованием проволоки по ГОСТ.



1—труба в сборе по ГОСТ 13854—74; 2—проходник, свертной под металлическое уплотнение по ГОСТ 20194—74; 3—кольцо уплотнительное; 4—проволока; 5—пломба

Рисунок 5.15 – Схема установки переходника в корпус

6. ПОСТРОЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПО НАБОРУ КРИВЫХ

Метод построения 3D модели произвольной формы по сечениям является наиболее универсальным для задания поверхностей сложных пространственных объектов. В качестве примера рассмотрим методику построения 3D модели статорной лопатки компрессора авиационного газотурбинного двигателя (рисунок 6.1).

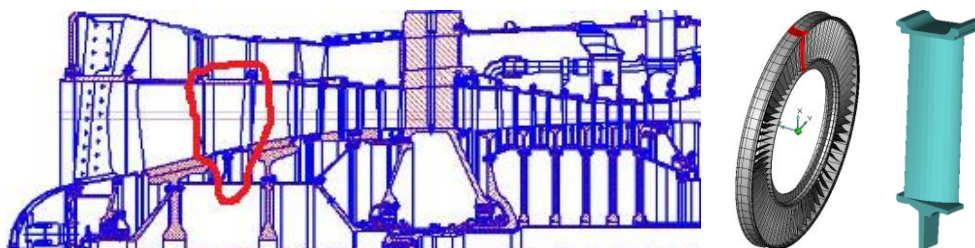


Рисунок 6.1 – Продольный разрез ГТД НК-16 (фрагмент), ступень компрессора и лопатка

Такая деталь может иметь «закрутку» как вокруг оси Z, так и пространстве (рисунок 6.2).

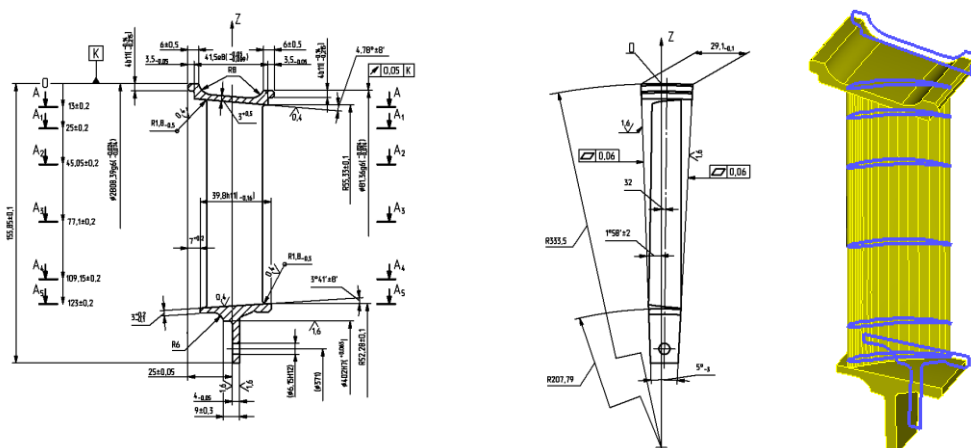


Рисунок 6.2 – Чертеж и модель двухполочной лопатки

Поверхность «пера» лопатки состоит из выпуклой части – «спинки» и вогнутой – «корытца», которые сопряжены поверхностями кромок – входной (слева) и выходной.

На рисунке 6.3 показаны точки, принадлежащие каждому из 6 сечений (рисунок 6.2 справа), которые расположены в плоскостях, параллельных плоскости XY.

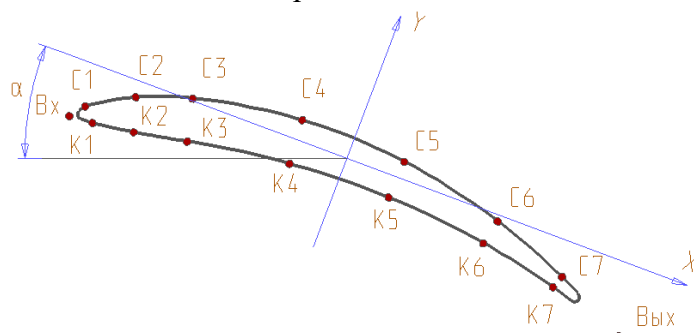


Рисунок 6.3 – Точки по сечениям лопатки

Элементом **Замкнутый контур** , соблюдая размеры рисунка 6.4, постройте (вводя последовательно координаты X и Y каждой точки с соответствующим знаком, относительно начала координат) профиль одного из сечений (в последовательности – см. рисунок 6.3: Вх, С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7, Вых, К7, К6, К5, К4, К3, К2, К1, **Esc**).

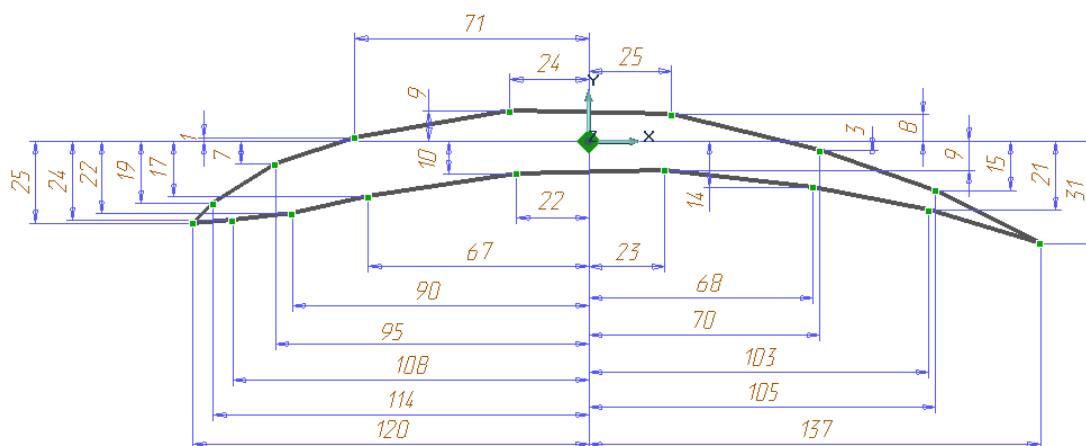


Рисунок 6.4 – Положение точек профиля в сечении лопатки

Функцией **Скругление среднего узла**  *очень аккуратно* последовательно укажите точки профиля «спинки» С2, С4, С6 и точки профиля «корытца» К2, К4, К6, а также «снимите» функцией **Скругление**  кромки радиусом в точках **Вх** и **Вых**. (см. рисунок 6.3). Радиусы кромок по сечениям постоянны ($R_{\text{вх}} = 3 \text{ мм}$, $R_{\text{вых}} = 1,2 \text{ мм}$).

Результат действий представлен на рисунке 6.5.

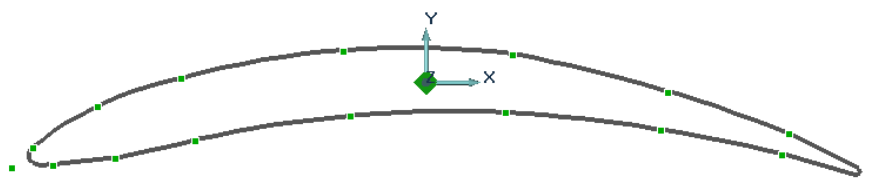


Рисунок 6.5 – Откорректированный профиль сечения лопатки

Создайте параметрическую модель профиля, как показано на рисунке 6.6. Строго соблюдайте последовательность создания параметрических размеров: сначала точек входа и выхода, затем точек спинки (С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7) и точек корытца (К1, К2, К3, К4, К5, К6 и К7) (см. рисунок 6.3).

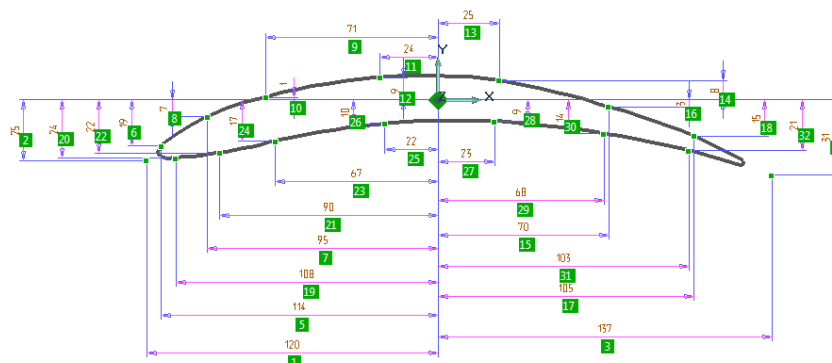


Рисунок 6.6 – Параметрическая модель сечения лопатки

Запишите полученную модель в виде .CAT файла (например, *ПРМ пера .cat*) (**точка привязки!** – в начале координат). Таблицу параметров заполните по данным таблицы 6.1. Каждой строке создаваемой таблицы соответствует столбец таблицы 6.1. Угол α – для справки.

Таблица 6.1. Координаты точек по сечениям лопатки

Координаты	Сечения						Параметры
	1	2	3	4	5	6	
X вх	- 18,00	- 18,00	- 18,00	- 18,00	- 18,00	- 18,00	1
Y вх	- 3,75	- 3,75	- 3,75	- 3,75	- 3,75	- 3,75	2
X вых	20,55	20,55	20,55	20,55	20,55	20,55	3
Y вых	- 4,65	- 4,65	- 4,65	- 4,65	- 4,65	- 4,65	4
X с1	- 17,22	- 17,22	- 17,21	- 17,20	- 17,18	- 17,18	5
Y с1	- 2,81	- 2,69	- 2,51	- 2,23	- 1,94	- 1,74	6
X с2	- 14,34	- 14,33	- 14,32	- 14,28	- 14,25	- 14,24	7
Y с2	- 1,08	- 1,00	- 0,87	- 0,68	- 0,49	- 0,34	8
X с3	- 10,82	- 10,81	- 10,80	- 10,77	- 10,74	- 10,72	9
Y с3	0,14	0,20	0,28	0,39	0,48	0,59	10
X с4	- 3,62	- 3,61	- 3,61	- 3,60	- 3,58	- 3,58	11
Y с4	1,30	1,34	1,36	1,37	1,38	1,41	12
X с5	3,60	3,60	3,59	3,58	3,57	3,57	13
Y с5	1,12	1,13	1,15	1,16	1,18	1,20	14
X с6	10,69	10,69	10,67	10,66	10,64	10,63	15
Y с6	- 0,40	- 0,35	- 0,27	- 0,16	- 0,07	- 0,01	16
X с7	15,90	15,89	15,89	15,87	15,86	15,85	17
Y с7	- 2,33	- 2,23	- 2,08	- 1,84	- 1,60	- 1,42	18
X к1	- 16,41	- 16,41	- 16,42	- 16,44	- 16,46	- 16,47	19
Y к1	- 3,67	- 3,56	- 3,40	- 3,13	- 2,87	- 2,69	20
X к2	- 13,66	- 13,67	- 13,69	- 13,72	- 13,75	- 13,76	21
Y к2	- 3,28	- 3,20	- 3,09	- 2,91	- 2,74	- 2,61	22
X к3	- 10,18	- 10,19	- 10,21	- 10,23	- 10,29	- 10,29	23
Y к3	- 2,62	- 2,58	- 2,50	- 2,40	- 2,32	- 2,22	24
X к4	- 3,38	- 3,39	- 3,40	- 3,41	- 3,42	- 3,42	25
Y к4	- 1,64	- 1,63	- 1,61	- 1,60	- 1,58	- 1,56	26
X к5	3,46	3,44	3,44	3,43	3,43	3,43	27
Y к5	- 1,43	- 1,42	- 1,40	- 1,38	- 1,35	- 1,30	28
X к6	10,31	10,32	10,33	10,34	10,36	10,37	29
Y к6	- 2,08	- 2,03	- 1,95	- 1,85	- 1,77	- 1,68	30
X к7	15,60	15,60	15,61	15,63	15,64	15,64	31
Y к7	- 3,18	- 3,17	- 2,93	- 2,70	- 2,47	- 2,30	32
Угол α	27,3	27,5	27,9	28,9	30,1	30,8	

Руководствуясь содержанием чертежа (см. рисунок 6.2 слева) и рисунка 6.7, постройте параметрическую модель профилей полок.

Запишите полученную модель в формате .CAT файла (например, *ПРМ полок .cat*). Вторую строку таблицы параметров заполните по данным таблицы 6.2 (в этой строке представлены параметры полок лопатки аналогичной конструкции другой ступени компрессора).

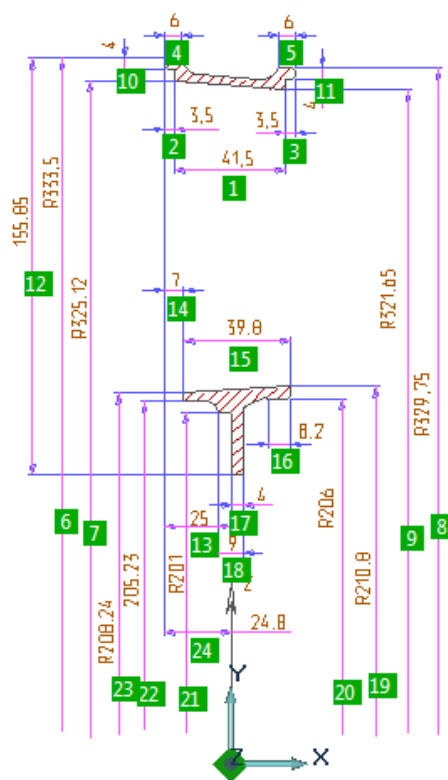


Рисунок 6.7 – Параметрическая модель профилей полок

Таблица 6.2. Значения размеров параметрической модели полок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	41.500	3.500	3.500	6.000	6.000	333.500	325.123	329.750	321.650	4.000	4.000	155.850
2	43.500	3.500	3.500	6.000	6.000	343.150	334.600	337.500	329.700	4.000	4.000	170.700
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
13	25.000	7.000	39.800	8.200	4.000	9.000	210.800	206.000	201.000	205.232	208.238	24.800
14	26.400	6.550	43.800	8.500	4.000	9.000	204.850	201.000	196.000	199.900	202.900	23.070

На этом предварительная работа закончена. Приступим к непосредственному моделированию лопатки по сечениям полок и пера.

Используя файл *PPM полок .cat*, укажите верхнюю строку таблицы и последовательно выведите (ОК) на экран без размеров профиля полок (точка привязки начало координат **Home**, Пробел, Пробел, Esc), как показано на рисунке 6.8:

- в рабочей плоскости XY;
- в рабочей плоскости XY, повернутой в положительном направлении вокруг оси X (Разворот рабочей плоскости , Вокруг X, Угол = 2,5 градусов, ОК);
- в рабочей плоскости XY, повернутой в отрицательном направлении вокруг оси X (Разворот рабочей плоскости , Вокруг X, Угол = - 5 градусов, ОК).

Включив режим Сечения , последовательно укажите (снизу вверх) профили трех сечений нижней полки, Esc, Esc, затем последовательно укажите (снизу вверх) профили трех сечений верхней полки, Esc, Esc. Ожидаемый результат представлен на рисунке 6.9 слева.

Не забудьте! вернуть рабочую плоскость в исходное положение, так как сечения пера мы будем располагать в исходном положительном направлении оси **Z**.

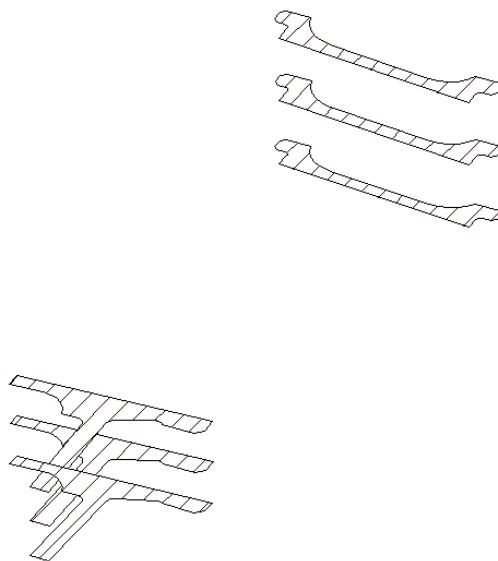


Рисунок 6.8 – Моделирование полок

Включите режим **Абсолютная рабочая плоскость XZ** , измените направление оси **Z** на противоположное , чтобы, как показано на рисунке 6.9, расположить последовательно 6 сечений в направлении от начала координат.

Используя файл *ПРМ пера .cat*, последовательно вводите строки из таблицы параметров (начиная с последней строки), с координатами сечений в соответствии с чертежом:

- **Y абс.** параметров сечения пера шестой строки = 206,8 мм, **ОК**;
- **Y абс.** параметров сечения пера пятой строки = 224,5 мм, **ОК**;
- **Y абс.** параметров сечения пера четвертой строки = 256,5 мм, **ОК**;
- **Y абс.** параметров сечения пера третьей строки = 288,5 мм, **ОК**;
- **Y абс.** параметров сечения пера второй строки = 308,5 мм, **ОК**;
- **Y абс.** параметров сечения пера первой строки = 324,5 мм, **ОК**.

Включив режим **Сечения** , последовательно укажите (слева направо) профили шести сечений пера лопатки, **Esc**, **Esc**. Результат показан на рисунке 6.9 справа.

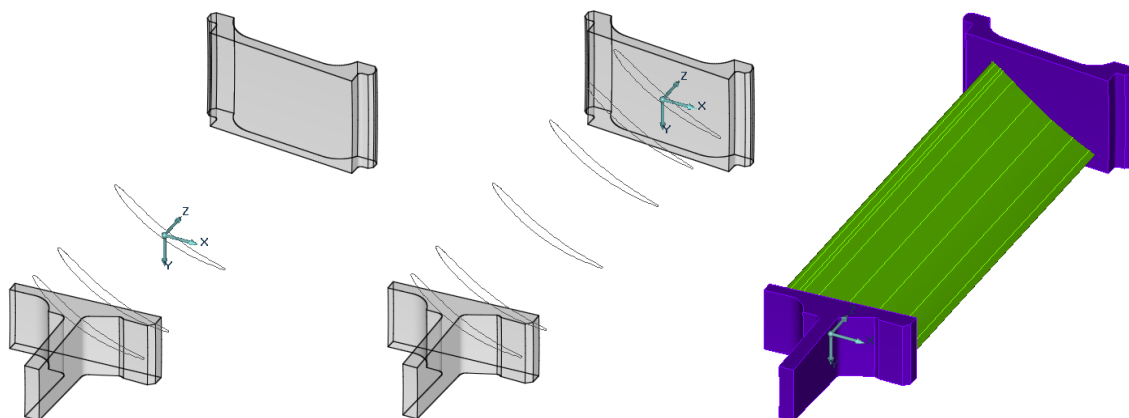


Рисунок 6.9 – Моделирование пера

Включив режим **Объединение элементов** , произведите булеву операцию сложения построенных 3D моделей полок и пера лопатки.

Включите режим **Постоянное скругление** , и, как показано на рисунке 6.10 слева, указав цепочку ребер, произведите радиусное сопряжение «прикомлевых» участков пера лопатки с нижней полкой (**Радиус** = 0.8 мм) (рисунок 6.10 посередине) и с верхней полкой (**Радиус** = 1.2 мм) (рисунок 6.10 справа).

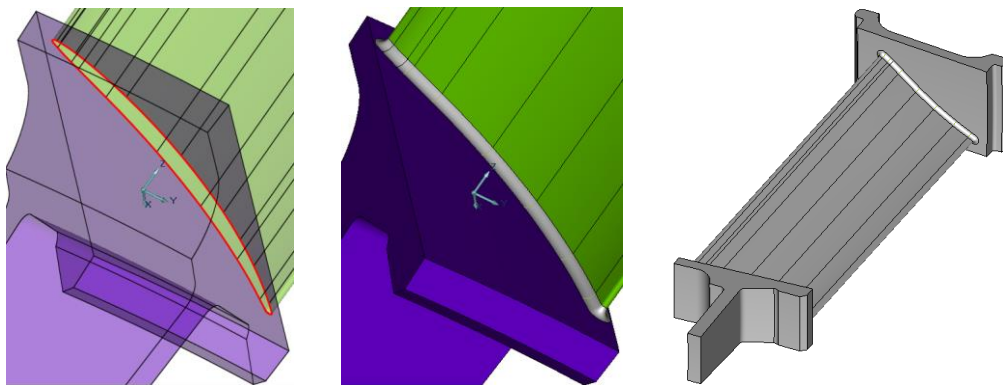


Рисунок 6.10 – Моделирование радиусов перехода

Сохраните полученную 3D модель статорной (направляющей) лопатки компрессора в своем архиве.

7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ С СОПРЯЖЕНИЯМИ

Геометрическое черчение регламентирует правила построения и оформления чертежей (применение форматов, масштабов, типов линий, шрифтов, простановки размеров), выполнения геометрических построений. При этом традиционно используются те или иные чертежные инструменты. Компьютерные системы предлагают свои приемы.

В качестве примера рассмотрим возможности построения некоторых сопряжений, автоматизированную простановку размеров и оформление чертежа поводка в CAD модуле ADEM v. 8.1 на основе построенной по индивидуальному заданию его 3D модели.

Деталь «Поводок» предназначена для механического задания закона перемещения сопрягаемой с ней детали в виде цилиндрического стержня. Подпружиненный стержень устанавливается в жестко закрепленную втулку и совершает в ней возвратно-поступательное движение по закону, передаваемому ему от внешней поверхности поводка при равномерном вращении валика, на котором посредством шпонки установлен поводок.

Традиционно контуры строятся на бумаге с помощью чертежных инструментов. При этом сначала находят положение центров окружностей. Затем выполняют вспомогательные построения, находят положение центров радиусов сопряжений и точек касания и обводят контур детали. Нанесение размерной сетки, выполнение форматки и заполнение основной надписи производят также вручную.

Так же как при получении чертежей на бумаге, для создания изображения поводка в электронном виде необходимо произвести вспомогательные построения.

На рисунке 7.1 представлена модель поводка.

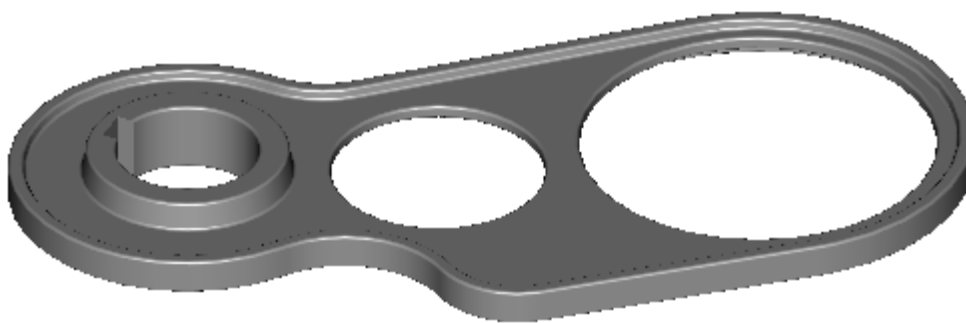


Рисунок 7.1 – Модель поводка

Как показано на рисунке 7.2, в соответствии с выданным индивидуальным заданием в точку начала координат установите центр окружности, который является центром отверстия, благодаря которому осуществляется передача вращения от валика: точка 1 ($X=0$, $Y=0$).

Используя функцию **Окружность заданного диаметра** (которая находится под полем меню **Окружность**), последовательно установите в точку 1 центры двух окружностей (D1 – диаметр фрагмента наружной поверхности поводка и D2 – диаметр отверстия для установки на валик), значения которых указаны в задании.

Аналогично задайте положения центров окружностей в точках 2 и 3, введя соответствующие заданию координаты точек X и Y (рисунок 7.2). Установите в центры окружностей (точки 1, 2 и 3) вспомогательные узлы, N (в виде квадратиков зеленого цвета), притянувшись к точкам 1, 2, 3 курсором C . Установите в них центры окружностей (D3, D4) (см. задание), определяющих геометрию соответствующих фрагментов наружной поверхности поводка (). В случае ошибочных действий нажмите **Отмена** или **Повтор** .

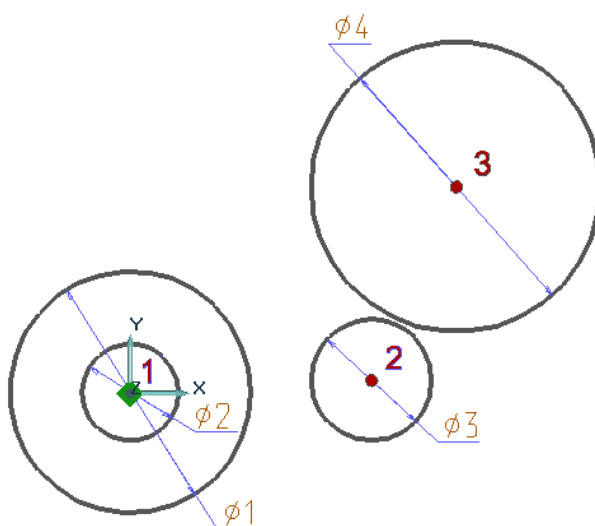


Рисунок 7.2 – Предварительные построения

Под заданным углом к окружности D4 проведите, воспользовавшись функцией **Построение линии касательной окружности или дуге, проходящей под заданным углом** (ко-

которая находится под полем меню **Отрезок** , вспомогательную касательную прямую (рисунок 7.3).

Постройте окружности диаметрами D5 (см. задание) (касательную к окружностям, проведенным из точек 1 и 2) и D6 (касательную к вспомогательной прямой и окружности D1), воспользовавшись функцией **Построение окружности, касательной двум элементам** , которая находится под полем меню **Окружность** .

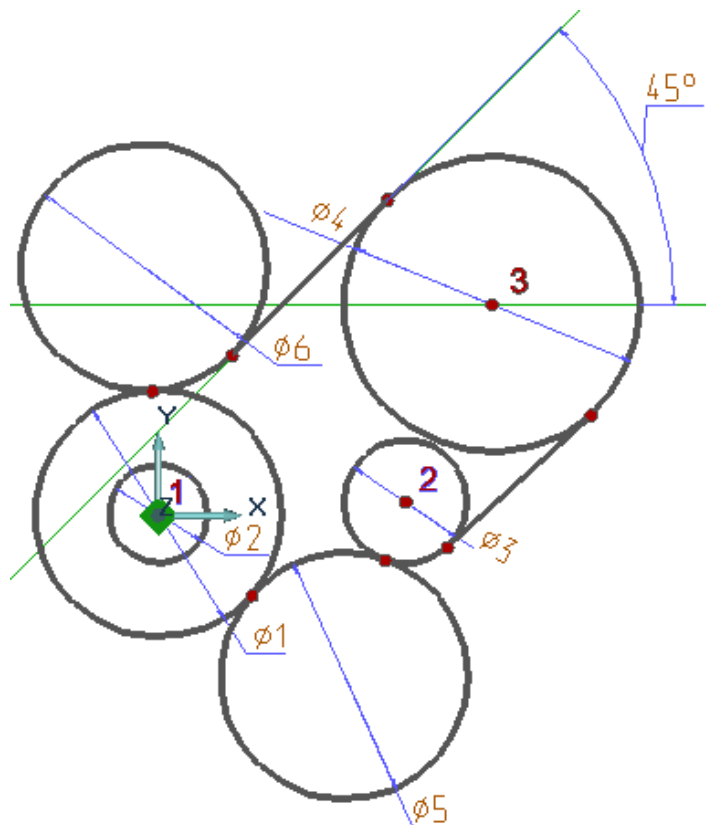


Рисунок 7.3 – Построение касательных

Используя функцию **Построение линии, касательной к двум элементам** , (которая находится под полем меню **Отрезок** ), проведите прямую, касательную к окружностям D3, D4 (рисунок 7.3).

Произведите разметку паза (рисунок 7.4), проведя на расстоянии $S/2$ (см. задание) от начала координат две расположенные горизонтально вспомогательные прямые (**L**, угол = 0, **Enter**) и на расстоянии **L** (см. задание) вертикальную вспомогательную прямую (**L**, угол = 90, **Enter**).

Используя функцию **Обрезка элементами**, расположенную под полем меню **Тримирование** , последовательно удалите ненужные части дуг окружностей D3, D4, D5 и D6 (рисунок 7.3). Постройте отрезок, касательный D4 и D6, соединив точки касания (рисунок 7.4).

Функцией **Сборка элемента** (под кнопкой **Дополнительные функции** ) соберите внешний контур поводка.

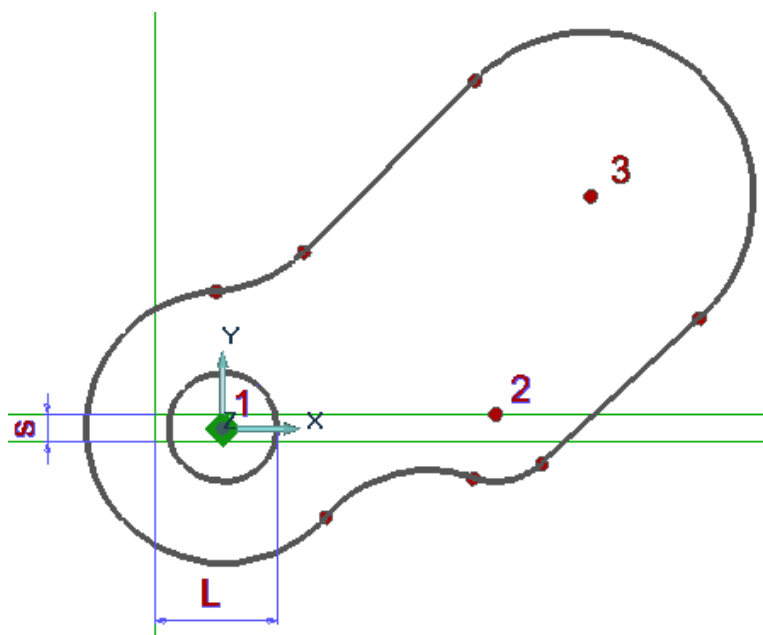


Рисунок 7.4 – Построение внешнего контура и разметка шпоночного паза

На расстоянии 5 мм внутри от внешнего контура поводка (**Дельта** = 5 мм) и 10 мм вне от окружности под валик проведите эквидистанты, воспользовавшись функцией построения **Эквидистанта** (под кнопкой **Дополнительные функции** ) (рисунок 7.5) .

Используя функцию **Обрезка элементами**, расположенную под полем меню **Триммирование** , удалите часть дуги диаметром D2, расположенную между горизонтальными вспомогательными прямыми (рисунок 7.5).

Используя функцию **Ломаная линия**, постройте контур паза под шпонку (рисунок 7.5). Функцией **Сборка элемента** (под кнопкой **Дополнительные функции** ) соберите контур отверстия для приводного валика, собрав часть дуги и контур под шпоночный паз.

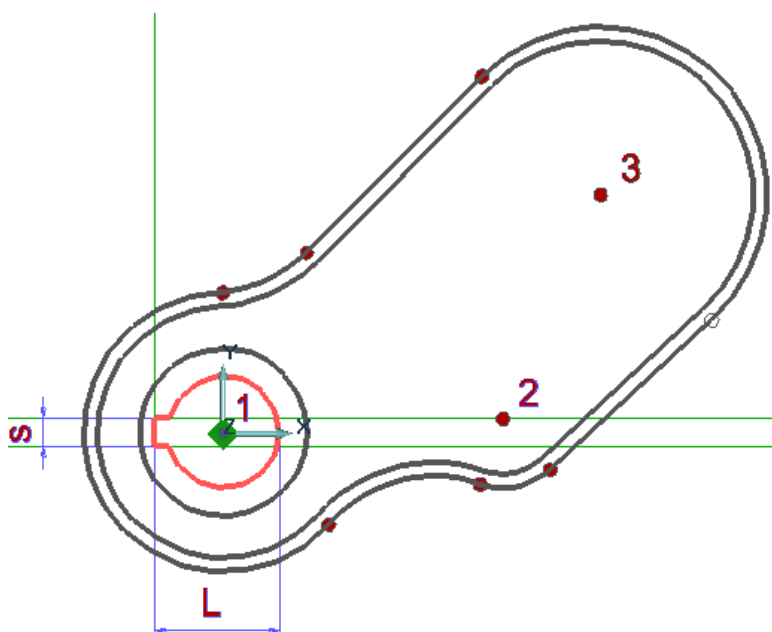


Рисунок 7.5 – Построение эквидистант и контура отверстия

Постройте окружности для отверстий облегчения конструкции, как показано на рисунке 7.6. Центр одного из них лежит в точке 3 (рисунок 7.6), центр другого расположен произвольно так, чтобы обеспечить примерно равные расстояния между построенными элементами.

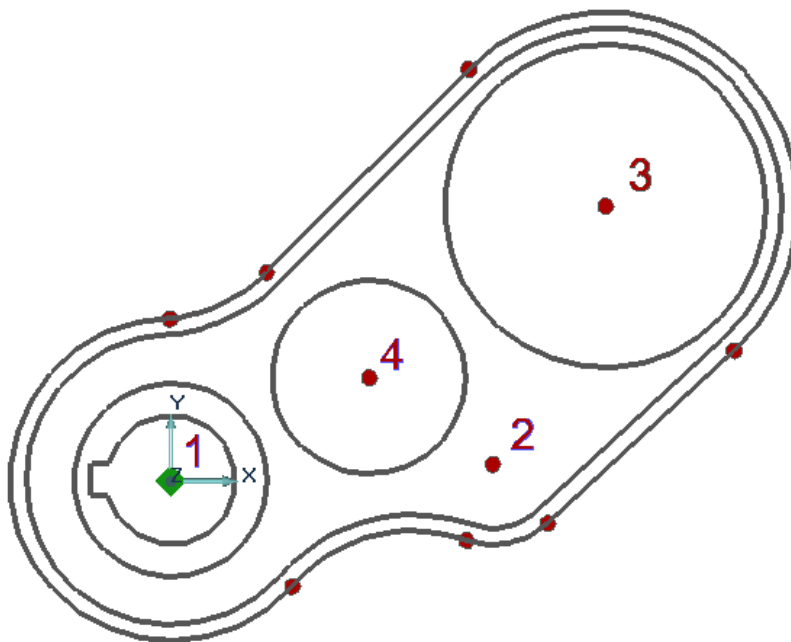


Рисунок 7.6 – Построение контуров отверстий облегчения

Используя построенные контуры (профили), создайте 3D модели элементов верхней части поводка (рисунок 7.7).

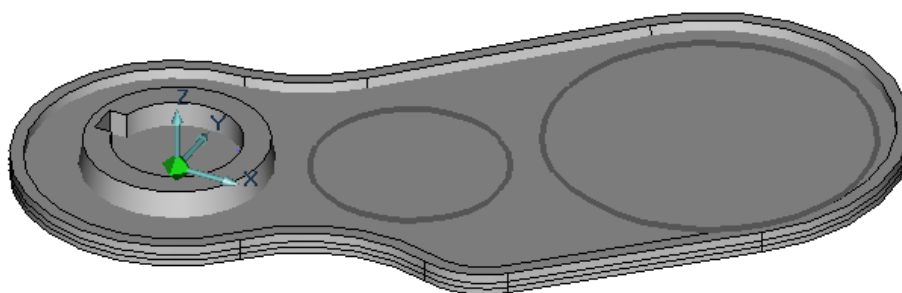


Рисунок 7.7 – Построение 3D модели элементов верхней части поводка

Постройте пластину поводка функцией **Смещение** , указав внешний контур поводка и введя значения **Высоты** и **Глубины** равными 2 мм.

Так же функцией **Смещение**  постройте буртик, указав последовательно наружный контур поводка и эквидистанту к нему, введя значение **Высоты** равной 5 мм и **Угол отв.** = 5.

Постройте верхнюю часть ступицы функцией **Смещение** , указав контуры отверстия для валика и эквидистанту к окружности, введя значение **Высоты** = 10 мм и **Угол уклона** = 10.

Выделите только что построенные верхнюю часть буртика и верхнюю часть ступицы и, используя режим **Зеркальное отражение** , получите их зеркальное отображение относи-

тельно горизонтальной оси, проходящей через начало координат, предварительно выбрав **Абсолютную рабочую плоскость XZ**  и **Вид на рабочую плоскость**  для совмещения ее с плоскостью экрана (рисунок 7.8).



Рисунок 7.8 – Построение нижних частей ступицы и бурта

Как показано на рисунке 7.9, создайте сквозные отверстия для облегчения конструкции поводка и для установки поводка на валик, используя функцию **Сквозное отверстие** , объедините  все 3D элементы (режим **Объединение элементов**) и скруглите  ребра бурта и ребра в отверстиях, введя соответствующие значения радиусов скругления.

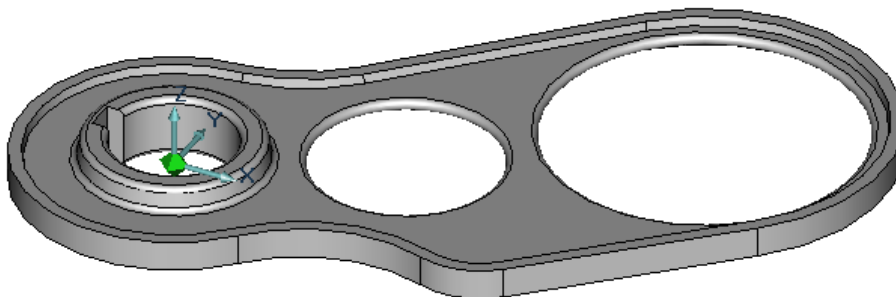


Рисунок 7.9 – 3D модель поводка

Включите **Режим, Формат листа**, выберите формат **A3**, **Загрузить первый лист**, **Рисовать границу**.

Постройте 2D модель вида сверху поводка по его 3D модели, включив **Создание главных видов по 3D модели** , **Главные виды**, заполнив диалог **Получение видов**, как показано на рисунке 7.10.

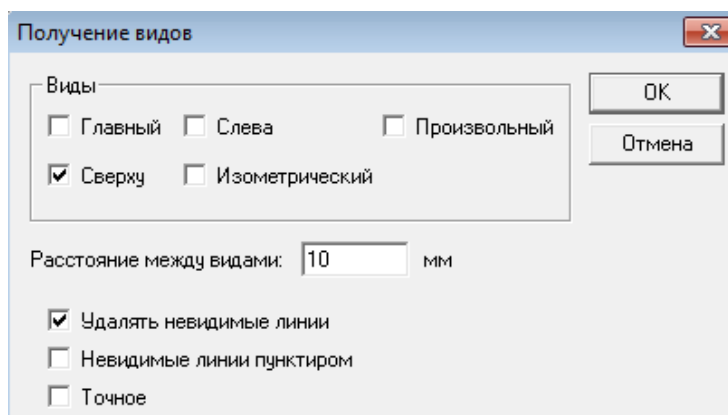


Рисунок 7.10 – Получение видов

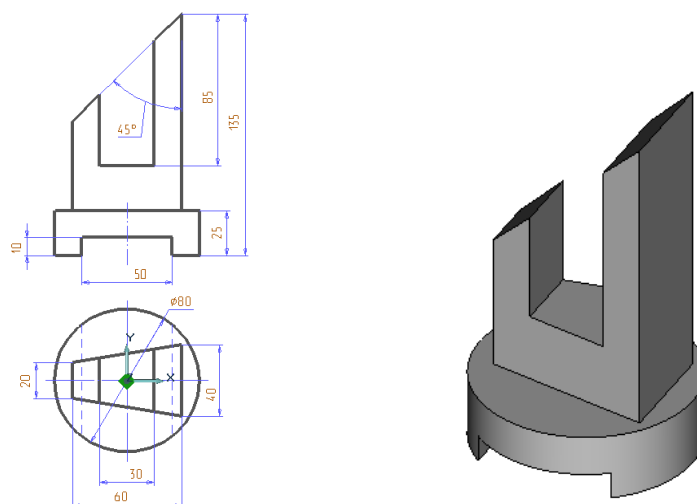


Рисунок 8.1 – Чертёж детали и модель детали

Построение моделей с использованием библиотеки 3D ПРМ БЭФ

В случае использования параметрических моделей библиотеки 3D ПРМ БЭФ необходимо выбрать из неё цилиндр и 3 параллелепипеда с соответствующими параметрами. Один из параллелепипедов необходимо доработать, используя операцию переноса рёбер. Затем правильно расположить БЭФ относительно друг друга и произвести булевы операции вычитания и объединения.

Сделаем вывод о том, что использование этого способа в нашем случае нецелесообразно по причине его сравнительной трудоёмкости.

Построение моделей с использованием профилей

В практике моделирования объёмных объектов помимо библиотек параметрических моделей БЭФ используются, как известно, плоские контуры (профили). Способы построения твердотельной модели объекта, чертёж которого представлен на рисунке 7.1 слева, с использованием профилей рассмотрим на примерах.

Пример 1.

Как показано на рисунке 8.2,а, **Замкнутым контуром**  постройте профили отдельных фрагментов детали: паза в основании, призмы и «резака» для создания в призме поперечного паза.

Постройте модель основания: функцией **Окружность заданного диаметра**  (под кнопкой **Окружность** ) постройте окружность диаметром 80 мм и функцией **Смещение**  (указав построенную окружность, **Esc** и введя высоту смещения равной 25 мм, **OK**).

Постройте модель призмы: функцией **Смещение** , выбрав профиль призмы, сместите его на 135 мм. Аналогично постройте модели пазов: последовательно выбрав профиль паза в основании и профиль выреза в призме, сместите его на 80 мм и 60 мм, соответственно (рисунок 8.2,б).

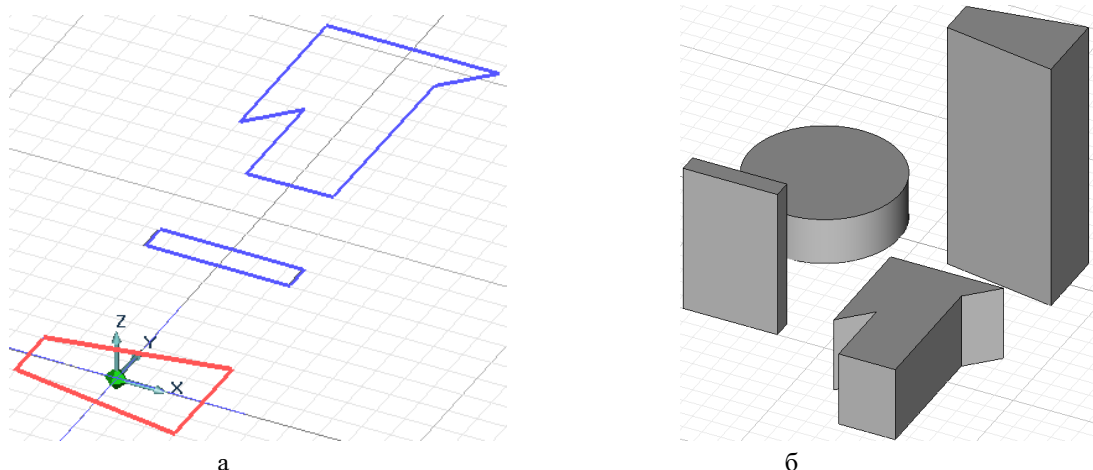


Рисунок 8.2 – Модели и профили фрагментов детали

Поверните рабочую плоскость вокруг оси **Y** на 90^0 . Поверните модели паза и выреза в призме на угол 90^0 (, **3D только**) вокруг начала координат **Home**. Последовательно перенесите модели пазов на соответствующее им место (рисунок 8.3,а).

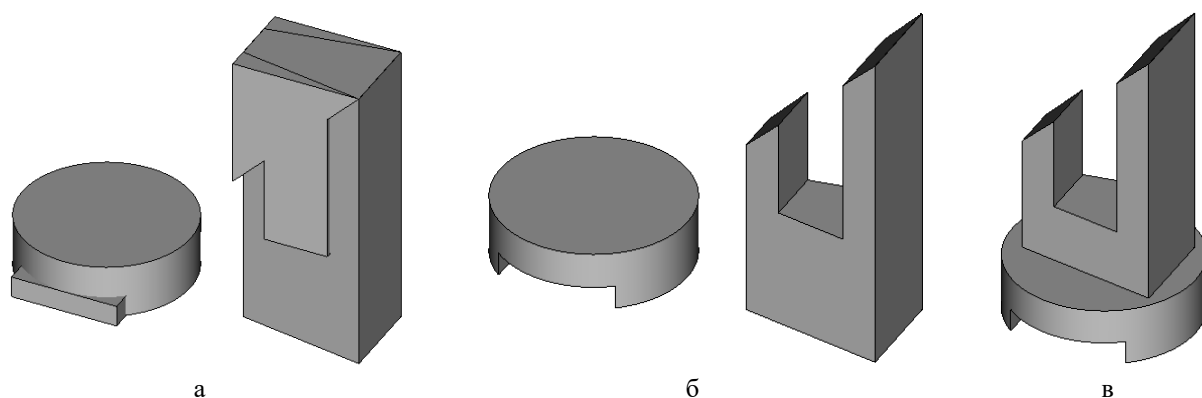


Рисунок 8.3 – Позиционирование, вычитание и объединение фрагментов детали

Произведите вычитание пазов (рисунок 8.3,б) и, после соответствующего взаимного позиционирования, объединение основания и призмы (рисунок 8.3,в).

Трудоёмкость этого способа соизмерима со случаем работы с библиотекой 3D ПРМ БЭФ: необходимо построить 3 профиля, построить 4 модели фрагментов, установить их друг относительно друга и произвести логические операции.

Пример 2.

Используя функции построения вспомогательной прямой **L**, профилей **Окружность заданного диаметра** (под кнопкой **Окружность**), **Замкнутый контур** , **Отрезок** и, соблюдая проекционные связи, постройте две проекции детали (см. рисунок 8.1 слева). Функцией **Смещение** , указав профиль цилиндрического основания, **Esc** и введя высоту смещения равной 25 мм, **ОК** постройте объёмную модель основания (рисунок 8.4,а). Аналогично, выбрав профиль верхней части детали на виде сверху, сместите его на 135 мм (рисунок 8.4,б).

Поверните рабочую плоскость  вокруг оси **Y** на 90^0 , поверните  две построенных 3D модели (, **3D только**) вокруг начала координат **Home** на угол *минус* 90^0 , **ОК** (рисунок 8.4,в).

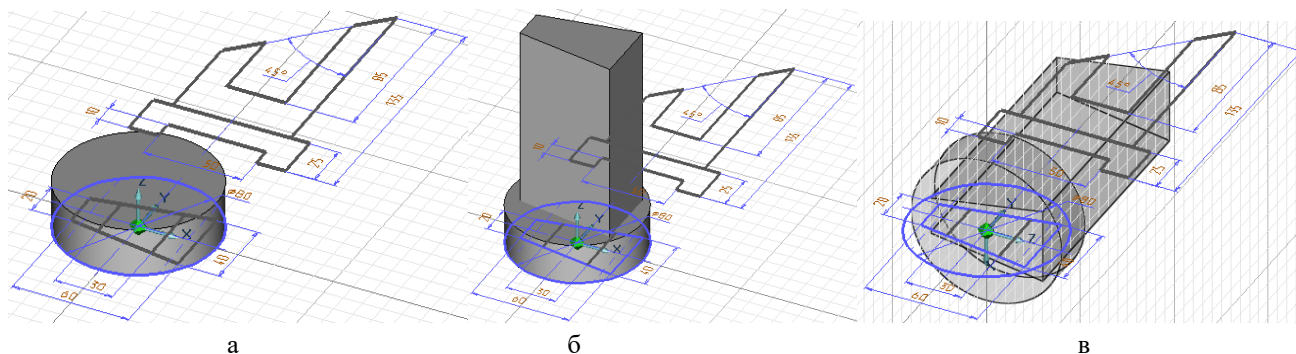


Рисунок 8.4 – Построение внешних обводов 3D модели по 2D видам

Объедините обе 3D модели в одну . В плоскости **XY** ,  передвиньте  модель вверх до совмещения с видом спереди (рисунок 8.5,а). Функцией **Сквозное отверстие**  произведите моделирование пазов, выделив соответствующие профили на виде спереди (рисунок 8.5,б). Для того чтобы впоследствии по 3D модели получить правильно расположенные 2D модели (ортогональные виды), верните модель в положение, когда её вид сверху совпадает с проекцией вида сверху. Для этого вновь поверните рабочую плоскость  вокруг оси **Y** на 90^0 , поверните  построенную 3D модель (, **3D только**) вокруг начала координат **Home** на угол *плюс* 90^0 , **ОК** (рисунок 8.5,в).

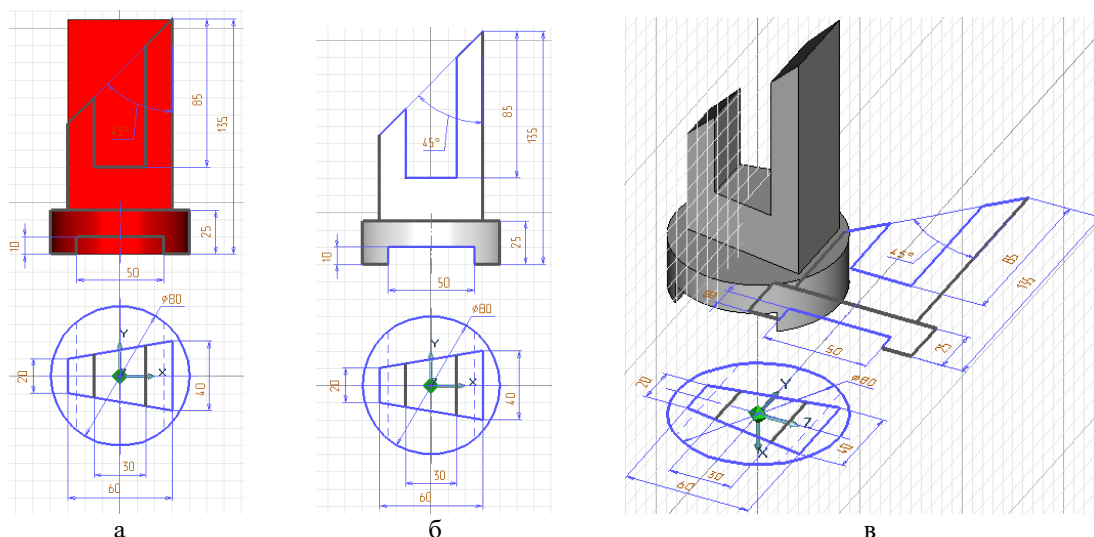


Рисунок 8.5 – Построение пазов

Используя функцию **Создание чертёжных видов по 3D модели** , **Главные виды**, **Изометрический**, **ОК**, постройте изометрическую проекцию детали (рисунок 8.6,а). Аналогично постройте ортогональные виды (рисунок 8.6,б).

Вывод. Такой способ моделирования является классическим. В нашем случае он наиболее рационален.

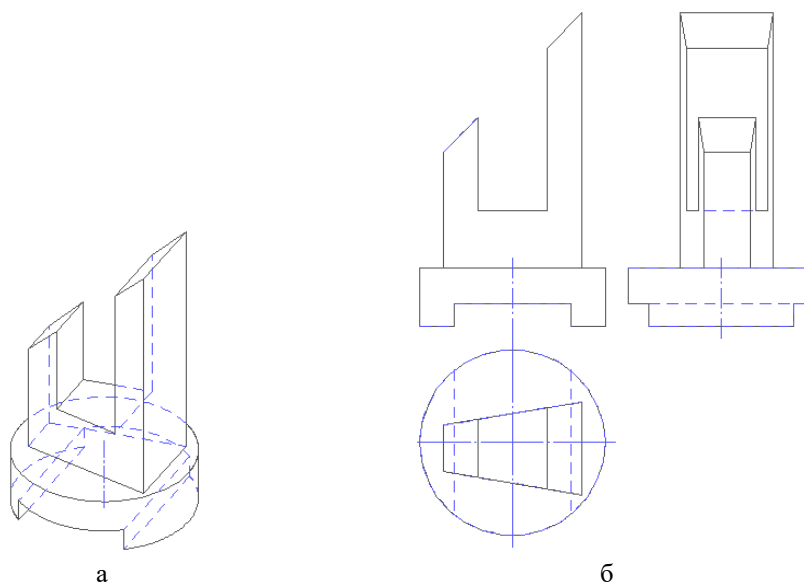


Рисунок 8.6 – Построение 2D видов по 3D модели

Пример 3.

Постройте 3D модель детали, используя функцию **Создание тела на основе двух или более проекций** , расположенную под кнопкой **Извлечение тела** .

В качестве исходных профилей возьмём построенные ранее в соответствии с заданием (см. рисунок 8.1 слева) проекции вида спереди и вида сверху (рисунок 8.7,а).

Если в ответ на запрос системы формально последовательно выделить профили вида спереди, **Esc**, вида сверху, **Esc**, на запрос о выделении профилей вида слева ответить отказом, нажав **Esc**, то, в зависимости от того, **как** построены профили, можно получить различные **неправильные** с нашей точки зрения варианты модели (рисунки 8.7,б,в).

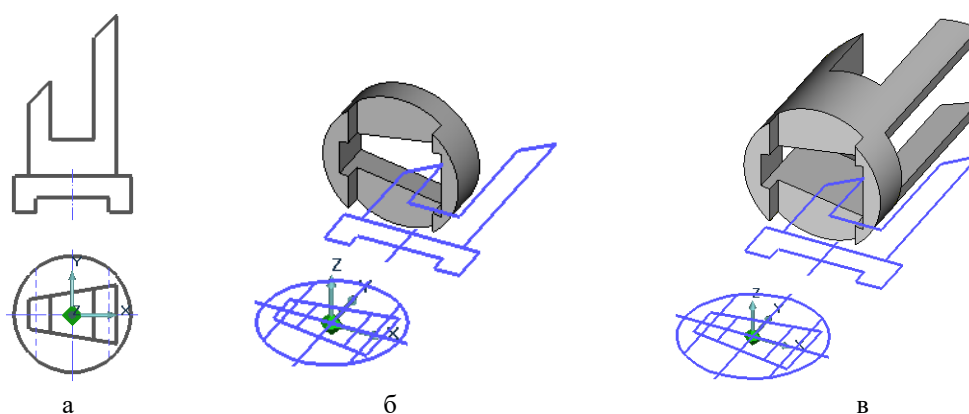


Рисунок 8.7 – Задание и возможные варианты его реализации

Повторите последовательность действий, перечисленных выше.

Для построения этим способом правильной 3D модели и затем определения по ней, при необходимости, вида слева сначала постройте 3D модель основания с пазом (рисунок 8.8,а), а потом 3D модель стоящей на нём скошенной призмы (рисунок 8.8,б). Требуемое решение получим, объединив только что созданные модели.

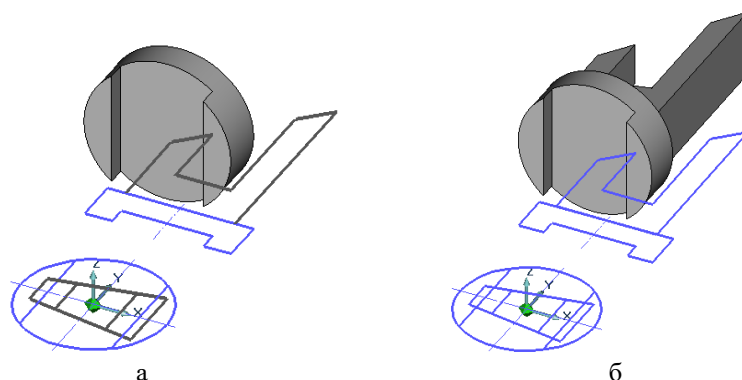


Рисунок 8.8 – Последовательность рационального построения 3D модели

Вывод. Такой способ моделирования является «экзотическим»: его использование предполагает предварительное осмысление последовательности создания 3D модели перед построением профилей (или их редактирование в случае неудачного решения). Однако он может быть успешно использован при создании 3D моделей более простых деталей (рисунок 8.9).

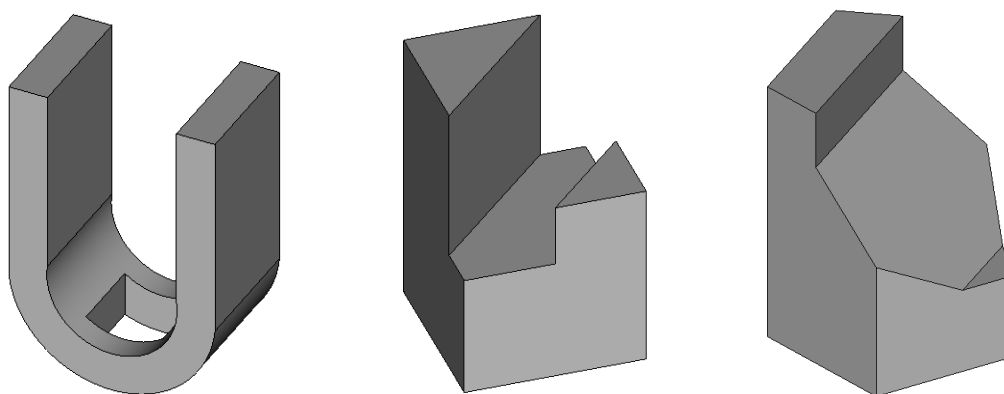


Рисунок 8.9 – Примеры построенных моделей по двум заданным проекциям

9. ВЫПОЛНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РИСУНКА ДЕТАЛИ ПО ЕЕ 3D МОДЕЛИ

Построение технического рисунка детали будем выполнять по предварительно построенной ее 3D модели.

На рисунке 9.1 слева представлен вариант задания в виде чертежа, состоящего из двух видов, на рисунке 9.1 справа – 3D модель детали задания с четвертным вырезом.

Прежде чем приступить к построению 3D модели, необходимо тщательно проанализировать содержание задания: прочесть чертёж, а также продумать всю последовательность рационального построения 3D модели.

На виде спереди представлено изображение внешнего контура детали. На виде сверху – протяженность детали в глубину, а также геометрия и расположение глухих и сквозных отверстий и пазов. Если мысленно представить деталь в пространстве, нетрудно установить, что чертёж задания не корректен: на виде спереди ошибочно проведена горизонтальная линия, как бы отделяющая основание от верхней части детали, хотя изображение торца детали должно представлять собой отсек плоскости (рисунок 9.1 справа).

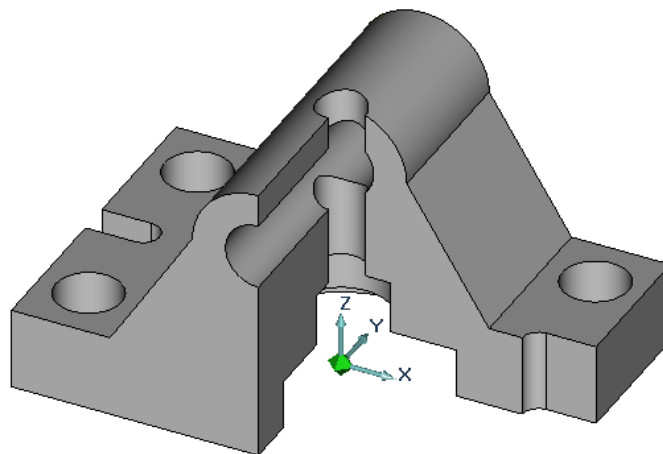
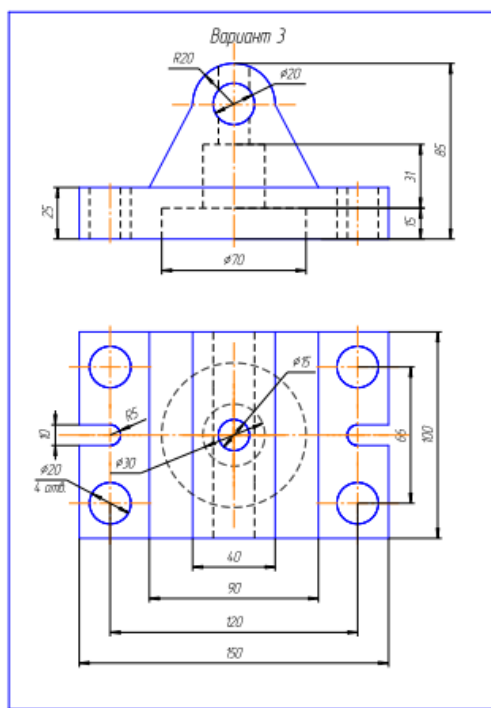


Рисунок 9.1 – Вариант задания и аксонометрическое изображение 3D модели детали с четвертным вырезом

3D модель детали на рабочем поле CAD модуля ADEM при взгляде на горизонтальную плоскость **XY** должна представлять собой вид сверху. Поэтому для того чтобы сразу получить внешний контур операций **Смещение**, следует воспользоваться плоскостью **XZ**.

Моделирование отверстий и пазов следует производить, используя плоскость **XY**.

Войдите на рабочее поле CAD модуля, **Home, Пробел, Q, E**, активизируйте **Абсолютную рабочую плоскость XZ** .

На рисунке 9.2 проиллюстрирован процесс построения внешнего контура детали в соответствии с заданием (рисунок 9.1 слева): **Замкнутым контуром**  последовательно задайте положение 9 точек с координатами:

т.1: **X = - 75 мм, Y = 0, Enter, Пробел**; т.2: **X = - 75 мм, Y = 25 мм, Enter, Пробел**.

Установите вспомогательный узел (**N**) в точку с координатами **X = - 60 мм, Y = 25 мм**.

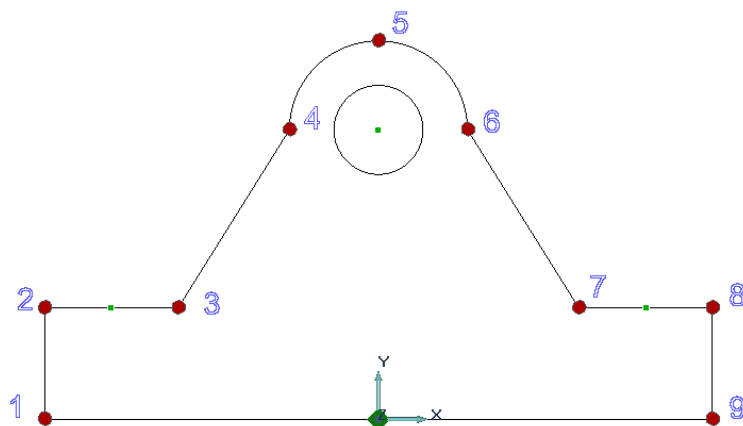


Рисунок 9.2 – Построение внешнего контура

т.3: $X = -45$ мм, $Y = 25$ мм, Пробел; т.4: $X = -20$ мм, $Y = 65$ мм, Пробел;

т.5: $X = 0$, $Y = 85$ мм, Пробел; т.6: $X = 20$ мм, $Y = 65$ мм, Пробел;

т.7: $X = 45$ мм, $Y = 25$ мм, Пробел.

Установите вспомогательный узел (N) в точку с координатами $X = 60$ мм, $Y = 25$ мм.

т.8: $X = 75$ мм, $Y = 25$ мм, Пробел; т.9: $X = 75$ мм, $Y = 0$, Пробел, Esc.

Функцией **Скругление среднего узла**  в точке 5 (рисунок 9.2) «скруглите» угол.

Центр **Окружности заданного диаметра**  $\varnothing = 20$ мм установите в точку с координатами $X = 0$, $Y = 65$ мм, Пробел.

Используя функцию **Смещение** , последовательно укажите построенные внешний контур детали и контур отверстия, Esc, введите высоту = 50 мм и глубину = 50 мм, ОК.

Для просмотра 3D модели в аксонометрии включите функцию **Изометрический вид**  (рисунок 9.3).

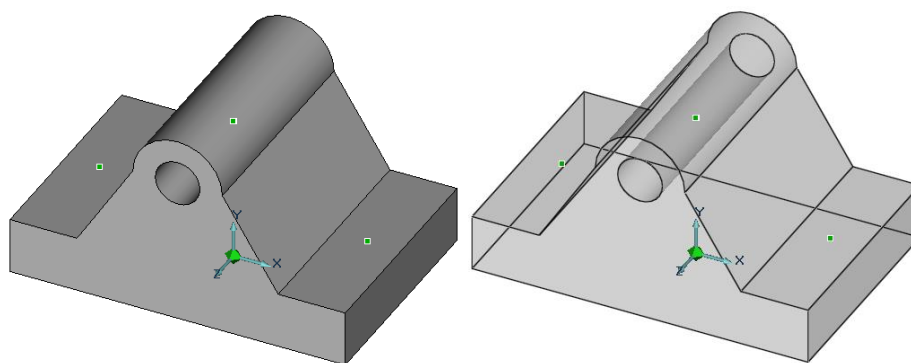


Рисунок 9.3 – Аксонометрическое изображение 3D модели

Активизируйте **Абсолютную рабочую плоскость XY** , и, как показано на рисунке 9.4, в соответствии с заданием последовательно установите на место контуры отверстий.

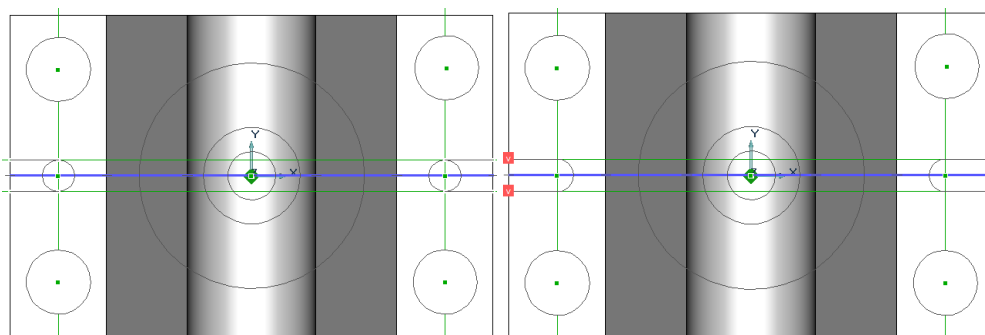


Рисунок 9.4 – Построение контуров (профилей) отверстий и пазов

Чтобы построить контуры пазов, воспользуйтесь вспомогательными линиями, расположенными горизонтально, проведите отрезки, воспользуйтесь функцией тримирования и объедините полученные отрезки с оставшимися дугами окружностей (рисунок 9.4).

Используя функцию **Сквозное отверстие** , последовательно укажите контуры пяти отверстий и двух пазов и построенную 3D модель (рисунок 9.5).

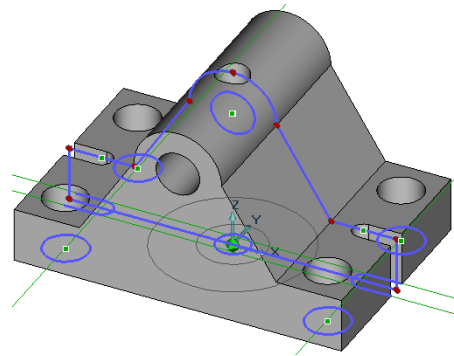
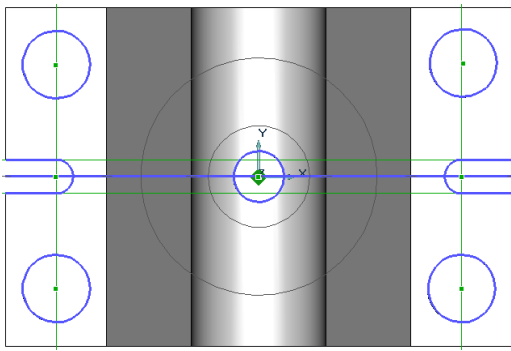


Рисунок 9.5 – Моделирование сквозных отверстий и пазов

Используя функцию **Отверстие** (глухое) , последовательно укажите контур отверстия диаметром 30, глубиной 31 мм и 3D модель, затем диаметром 70, глубиной 15 мм и 3D модель (рисунок 9.6).

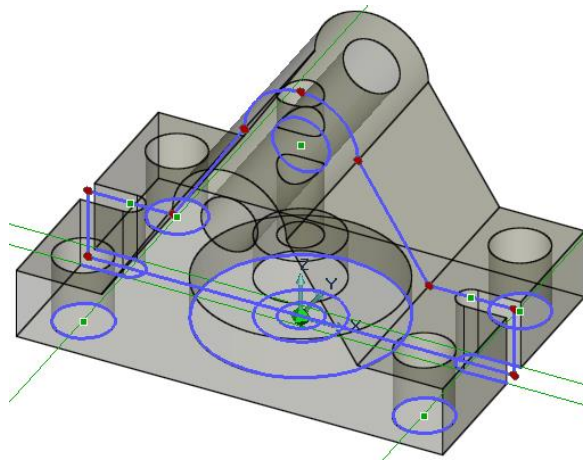


Рисунок 9.6 – Аксонометрическое изображение готовой 3D модели

Постройте контур прямоугольника, как показано на рисунке 9.7, и, используя функцию **Сквозное отверстие** , постройте модель четвертного выреза.

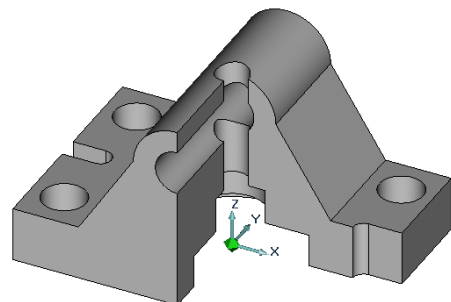
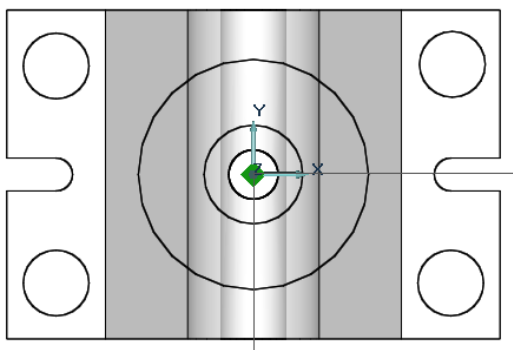


Рисунок 9.7 – Аксонометрическое изображение 3D модели с вырезом

Выберите формат чертежа: **Режим, Формат листа, A4, Вертикальный, Загрузить 1-й лист, ОК**. Заполните основную и дополнительную надпись: **Свойства** , **Общие:** *Наимено-*

вание – Технический рисунок, *Обозначение* – Задание N варианта (в нашем случае Задание 3), *Разработал* – Фамилия И.О. студента, *Проверил* – Фамилия И.О. преподавателя, **ОК**.

Включите режим **Создание чертежных видов по 3D модели** , **Главные виды, Изометрический, Удалять невидимые линии, Точное**, расстояние между видами = 10 мм, **ОК**, установите аксонометрию модели на место, удалите 3D модель (рисунок 9.8).

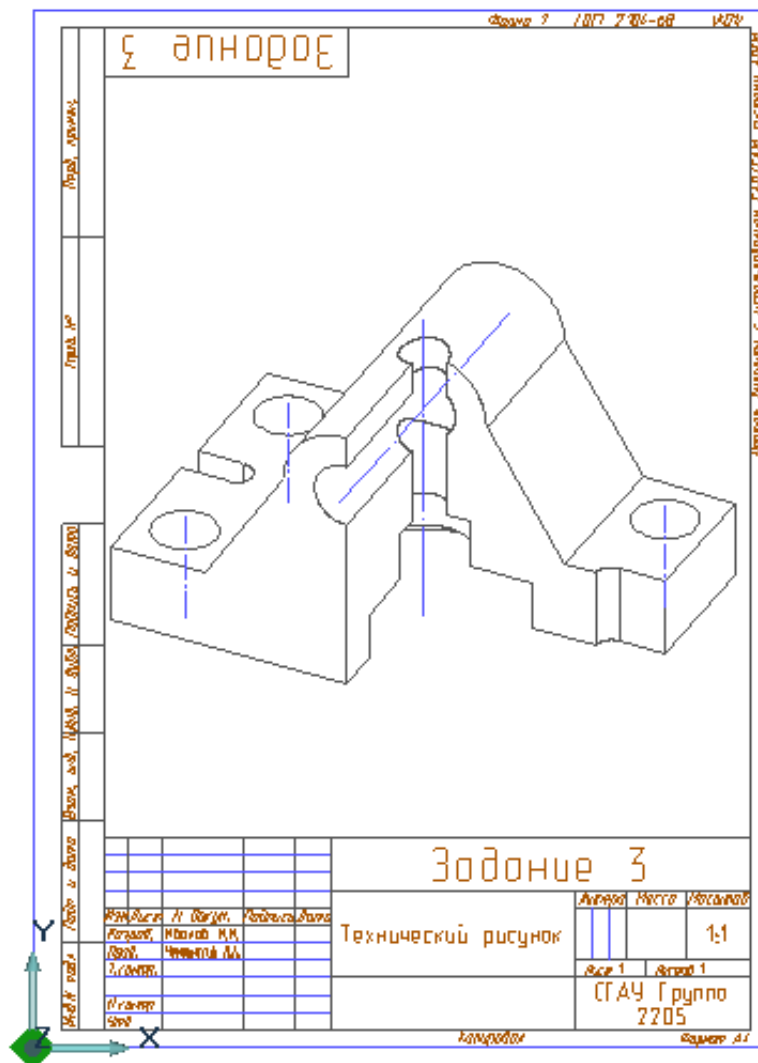


Рисунок 9.8 – Аксонометрическое изображение 3D модели с вырезом

Оцените угловое положение аксонометрических осей (**Alt+C**, поле значения угла), определите коэффициенты искажения по осям, измерив действительные значения ширины, высоты, глубины (режим **Измерения, Точка-Точка**) (рисунок 9.8) и сопоставив их с размерами, указанными в задании. Распечатайте работу на формате A4 и, руководствуясь материалами лекции и методических пособий, выполните технический рисунок, используя шрафировку и правильную штриховку плоскостей выреза.

10. ОБЪЁМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛИ, ПОСТРОЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Настройка параметров моделирования

Перед началом моделирования установите:

- режимы отображения и формат листа;
- окно проекта;
- режим объёмного моделирования.

Настройка режимов отображения и формата листа

Для этого нажмите поля **Режимы отображения** (внизу экрана слева) и **Параметры** (внизу экрана справа). Появится диалог **Изображение**. Установите параметры так, как показано на рисунке 10.1, и нажмите **ОК**. Выберите формат листа A3 (поле **Режим** вверху экрана, **Формат листа, ОК**) – рисунок 10.2.

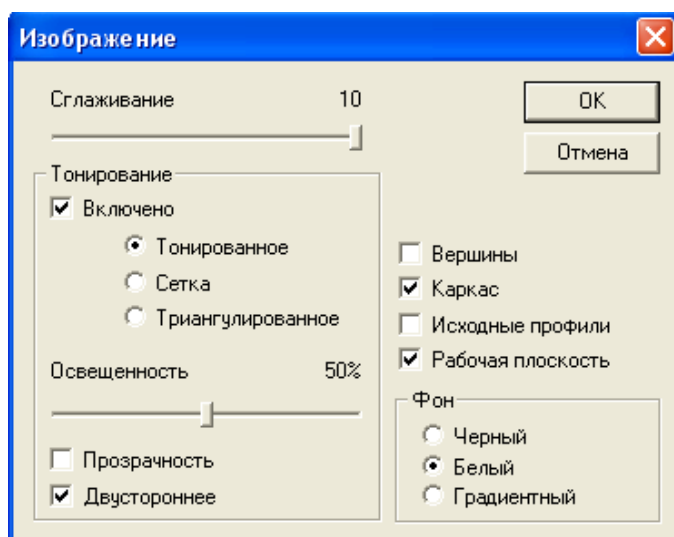


Рисунок 10.1 – Параметры отображения

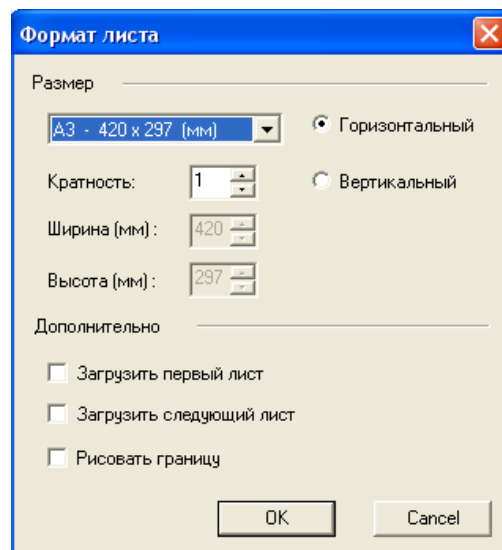


Рисунок – 10.2 Выбор формата листа

Для отображения рабочей плоскости нажмите клавишу **T** на клавиатуре.

Включение окна проекта

Для более удобной работы с объёмными моделями можно использовать дерево. В дереве отражаются все операции, выполняемые с 3D моделями.

Для включения отображения дерева модели установите флажок возле пункта **Окно проекта** в меню **Сервис**. В появившемся окне проекта (слева экрана) выберите закладку **3D**.

Работа в режиме объёмного моделирования

Для построения контуров в рабочей плоскости и в пространстве активизируйте **Пространственный режим** – точку между иконками  и **3D**, включив **Режимы построений** внизу экрана слева.

Последовательно постройте 3D модель корпуса (рисунок 10.3) и чертёж корпуса на ее основе (рисунок 10.4).

3. Осмотрите сферу, вращая рабочую плоскость: **Shift** + левая кнопка мыши (+ перемещение курсора). Возвратите сферу и рабочую плоскость в исходное положение, нажав кнопку **Вид на рабочую плоскость** .

Команда **Триммирование рабочей плоскостью** рассекает объёмное тело текущей рабочей плоскостью и удаляет выбранную часть. Для триммирования сферы установите рабочую плоскость параллельно ее плоскости проекций XY на расстоянии 5 мм:

1. Нажмите клавишу **Z**. Появится строка ввода значений.
2. В поле **Z абс.** введите значение **минус 5** и нажмите кнопку **ОК** или **Enter**. Рабочая плоскость будет смещена на 5 мм по оси Z (перпендикулярно экрану и от наблюдателя).
3. Поверните изображение так, чтобы рабочая плоскость стала перпендикулярна экрану (Вращение – **Shift** + левая кнопка мыши (+перемещение курсора)).
4. Для триммирования сферы нажмите кнопку **Триммирование рабочей плоскостью**  на панели **Редактирование 3D**. Появится запрос **Удаляемая часть**.

5. Укажите часть сферы, которая лежит в области отрицательных значений Z (см. рисунок 10.6). Указанная часть будет удалена. Верните рабочую плоскость в плоскость экрана .

Для удаления еще одной части сферы постройте две вспомогательных линии и переместите рабочую плоскость:

1. Нажмите **Абсолютная рабочая плоскость XZ**  на панели **Рабочая плоскость**. Рабочая плоскость будет установлена в абсолютное положение XZ.
2. Нажмите клавишу **Home**. Курсор будет установлен в точку начала системы координат.
3. Нажмите клавишу **L** на клавиатуре. Появится запрос **Угол =**.
4. Введите значение 31 в соответствующее поле и нажмите кнопку **ОК** или **Enter**. На втором слое будет построена вспомогательная прямая линия под углом 31 градус к оси X.
5. Установите шаг и угол движения курсора. Нажмите клавишу **D** на клавиатуре. Появится запрос **Шаг =**, **Угол =**. В поле **Шаг** введите значение 33. В поле **Угол** введите значение 31 и нажмите **Enter**.
6. Последовательно нажмите клавиши **Home** и **9** на дополнительной части клавиатуры (режим **Num Lock** должен быть включен). Курсор переместится на 33 миллиметра вправо и вверх под углом 31 градус.
7. Нажмите комбинацию клавиш **Alt+L**. Будет построен перпендикуляр к первой вспомогательной линии (рисунок 10.7,а).

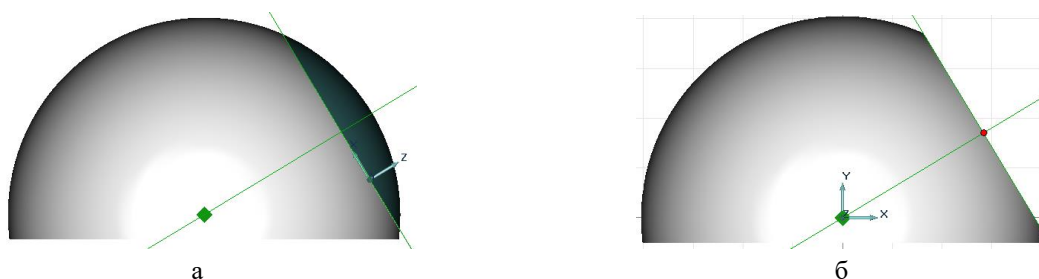


Рисунок 10.7 – Моделирование сферической части

Команда **Совмещение системы координат**  позволяет устанавливать рабочую плоскость в пространстве, используя грани и ребра элементов. При этом центр относительной системы координат совмещается с указанной точкой.

1. Нажмите и удерживайте кнопку **Совмещение системы координат**  на панели **Рабочая плоскость**. В появившемся дополнительном меню выберите **Ребро**.

2. Укажите точку пересечения вспомогательных прямых (рисунок 10.7,а). Установите начало координат в этой точке так, чтобы направление оси X совпадало со второй вспомогательной прямой. Продолжайте выполнять построения, хотя изображение сферы развернулось.

3. Нажмите и удерживайте кнопку **Разворот рабочей плоскости**  на панели **Рабочая плоскость**. В появившемся дополнительном меню выберите **Вокруг X**.

4. В строке ввода значений введите 90 и нажмите кнопку **ОК** или **Enter**. Рабочая плоскость будет развернута на 90 градусов вокруг оси X.

5. Удалите часть сферы, которая лежит в области положительных значений Z (между рабочей плоскостью и наблюдателем), включив **Триммирование рабочей плоскостью**  на панели **Редактирование 3D**.

6. Установите рабочую плоскость в абсолютное положение **XZ**. Для этого нажмите кнопку **Абсолютная рабочая плоскость XZ**  на панели **Рабочая плоскость** (рисунок 10.7,б).

Для создания тела вращения (правой части поверхности корпуса: см. на рисунке 10.3) воспользуйтесь следующими командами моделирования:

- построение вспомогательных прямых;
- ломаная линия;
- точные построения при помощи шага и угла движения курсора;
- вращение.

Команда **Вращение**  позволяет создавать объёмные тела вращением профиля вокруг заданной оси на заданный угол. Профиль может быть замкнутым или разомкнутым. При вращении незамкнутого профиля на угол, не равный 360 градусам, будет создана открытая оболочка.

Последовательность построения тела вращения представлена на рисунке 10.8.

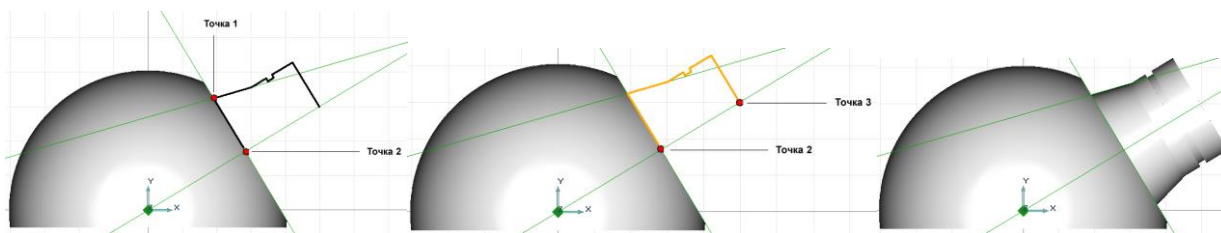


Рисунок 10.8 – Последовательность построения тела вращения

Сначала постройте профиль тела вращения:

1. Включите режим **Автопривязка** в закладке **Режимы построений** (под кнопкой  поставьте галочку перед **Выбрать все, ОК**).

2. Нажмите кнопку **Ломаная линия**  на панели **2D объекты**.

3. Нажмите клавишу **D** на клавиатуре. В поле **Шаг** = введите 25 и нажмите **Enter**.

4. Подведите курсор к точке пересечения вспомогательных линий (см. рисунок 10.7,б) и одновременно нажмите левую и среднюю кнопку мыши или клавишу **C** на клавиатуре. Курсор притянется к точке пересечения вспомогательных линий.

5. Нажмите клавишу **9** (перемещение курсора вправо-вверх) на дополнительной части клавиатуры. Курсор сместится вдоль вспомогательной линии на 25 мм.

6. Постройте узел ломаной линии, нажав клавишу **Пробел** на клавиатуре.

Обратите внимание: при перемещении курсора в любую сторону из места построенной точки появляются *линейка* желтого цвета и значения шага и угла перемещения курсора.

7. Измените шаг движения курсора. Для этого нажмите клавишу **D** на клавиатуре, в поле **Шаг** = введите 15 и нажмите **Enter**.

8. Сместите курсор влево-вверх вдоль линейки на величину более половины введенного шага – курсор сместится перпендикулярно вспомогательной прямой на 15 мм, и нажмите левую кнопку мыши или клавишу **Пробел** на клавиатуре.

9. Сместите курсор параллельно вспомогательной линии влево-вниз на 10 мм (предварительно введя новое значение шага) и нажмите левую кнопку мыши или клавишу **Пробел** на клавиатуре.

10. Введите новое значение шага = 1 мм, сместите курсор вправо-вниз, **Пробел**.

11. Сместите курсор влево-вниз вдоль линейки на 2 мм (значения шага перемещения курсора вводить не нужно, так как 2 кратно введенному до этого шагу = 1) параллельно первой вспомогательной прямой, **Пробел**. Курсор установится ровно на 2 мм от предыдущей точки.

12. Сместите курсор влево-вверх вдоль линейки на 1 мм перпендикулярно первой вспомогательной прямой, **Пробел**.

13. Сместите курсор влево-вниз вдоль линейки на 5 мм параллельно первой вспомогательной прямой, **Пробел**.

14. Нажмите клавишу **L** на клавиатуре. В строке ввода значений введите 5 и нажмите **Enter**. Будет построена еще одна вспомогательная линия под углом 5 градусов к оси X.

15. Подведите курсор к точке **1** (рисунок 10.8 слева) и привяжитесь к ней (**C**). Курсор притянется к точке **1**, **Пробел**.

16. Привяжите курсор к точке **2** (рисунок 10.8 слева), **Пробел**.

17. Для завершения построения профиля нажмите среднюю кнопку мыши или клавишу **Esc**.

Теперь постройте тело вращения:

1. Нажмите кнопку **Вращение**  на панели **3D объекты 1**.

2. На запрос системы **Выберите Профили/Esc** укажите профиль тела вращения (рисунок 8.8 посередине), **Esc**.

3. На запрос **Угол** = введите значение 360 в соответствующее поле и нажмите кнопку **ОК** или клавишу **Enter**.

4. На запрос **Точка оси** притянитесь курсором к точке **3** (рисунок 10.8 посередине), **Пробел**; притянитесь курсором к точке **2**, **Пробел**. Результат построения тела вращения – рисунок 10.8 справа.

Для объединения двух построенных Вами объёмных элементов модели в один воспользуйтесь операцией **Объединение элементов** .

1. Нажмите и удерживайте кнопку **Выбор элементов**  на панели **Операции с группами объектов**. В дополнительном меню выберите **3D только**.

2. На запрос системы **Выберите Тела** заключите в окно («резиновый прямоугольник») все объёмные элементы.

3. Нажмите кнопку **Объединение элементов**  на панели **Операции с группами объектов**. Выбранные тела будут объединены.

Для создания сквозного отверстия воспользуйтесь следующими командами моделирования:

- окружность заданного диаметра;
- установки рабочей плоскости;
- сквозное отверстие.

Команда **Сквозное отверстие**  позволяет создавать сквозные отверстия в указанных телах методом проецирования профиля по нормали к плоскости профиля. Форма отверстия определяется профилем. Команда может быть применена к нескольким телам, в этом случае отверстия будут проделаны во всех выбранных телах.

Для построения профиля отверстия расположите рабочую плоскость на торце тела вращения:

1. Поверните модель так, чтобы был виден торец тела вращения (удерживая клавишу **Shift**, нажмите левую кнопку мыши и перемещайте курсор).

2. Нажмите и удерживайте кнопку **Совмещение системы координат**  на панели **Рабочая плоскость**. В дополнительном меню выберите **Центр грани**.

3. На запрос системы **Положение** подведите курсор к центру торца тела вращения. Система координат притянется к центру грани. Нажмите левую кнопку мыши (рисунок 10.9 слева).

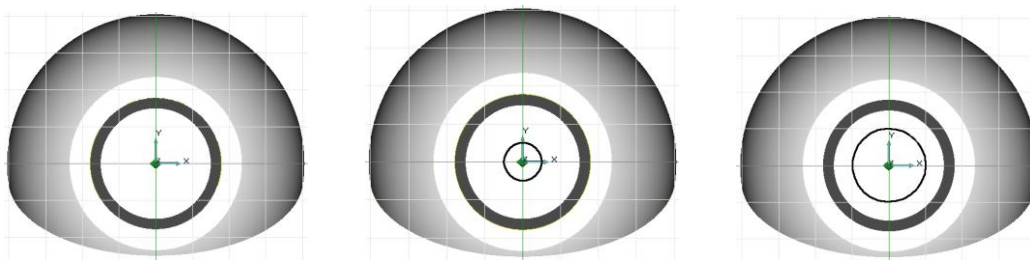


Рисунок 10.9 – Последовательность построения сквозного и отверстия заданной глубины

Постройте профиль и сквозное отверстие:

1. Нажмите кнопку **Окружность заданного диаметра**  на панели **2D объекты**.
2. Введите в окне ввода значений (внизу экрана) число 10 (диаметр окружности), **ОК**.
3. Для построения окружности диаметром 10 мм на торце тела вращения нажмите **Home**, **Пробел**, **Esc**.
4. Нажмите **Сквозное отверстие**  на панели **3D объекты 2**.
5. В ответ на запрос системы **Выберите Профили/Esc** укажите профиль отверстия, **Esc**.
6. На запрос **Выберите тело/Esc** – укажите объёмный элемент. Результат – сквозное отверстие диаметром 10 мм – на рисунке 10.9 посередине.

Для создания отверстия заданной глубины воспользуйтесь командами моделирования:

- окружность заданного диаметра;
- отверстие.

Команда **Отверстие** позволяет создавать отверстия (удалять материал) в указанном твердом теле методом проецирования профиля на заданную глубину с заданным углом стенок. Профиль проецируется по нормали к плоскости профиля. Профиль должен быть замкнут.

Постройте глухое отверстие:

1. Нажмите **Окружность заданного диаметра**  на панели **2D объекты**.
2. Введите в окне ввода значений (внизу экрана) число 20 (диаметр окружности), **ОК**.
3. Для построения профиля отверстия диаметром 20 мм на торце тела вращения нажмите **Home, Пробел, Esc**.
4. Нажмите **Отверстие**  на панели **3D объекты 2**.
5. В ответ на запрос системы **Выберите Профили/Esc** укажите профиль отверстия, **Esc**.
6. На запрос **Выберите тело/Esc** – укажите объёмный элемент.
7. Внизу рабочего поля экрана в поле **Глубина от контура** введите число 20, **ОК, Esc**.

Результат представлен на рисунке 10.9 справа.

Для создания внутренней поверхности вращения воспользуйтесь командами моделирования:

- вспомогательные построения;
- ломаная линия, вращение;
- вычитание.

Установите рабочую плоскость в абсолютное положение XZ, нажав **Абсолютная рабочая плоскость XZ**  на панели **Рабочая плоскость**. Чтобы рабочая плоскость соответствовала плоскости экрана, удерживая клавишу **Ctrl**, щелкните правой кнопкой мыши (или нажмите кнопку **Вид на рабочую плоскость** ). Для отключения отображения части модели над рабочей плоскостью нажмите **Открыть**  в закладке **Режимы отображения**.

Постройте ось тела вращения:

1. Притяните курсор к точке **1** – пересечения вспомогательных линий (C) – рисунок 10.10 слева.

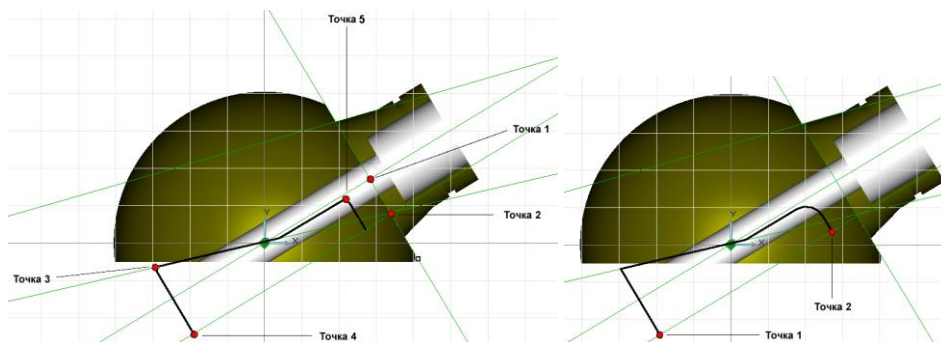


Рисунок 10.10 – Схема построения профиля внутренней поверхности

2. Измените шаг движения курсора. Для этого нажмите клавишу **D** на клавиатуре. В поле **Шаг** = введите число 11 и нажмите **Enter**.

3. Переместите курсор на 11 мм (вправо-вниз). Для этого нажмите клавишу **3** на цифровой клавиатуре.

4. Постройте ось тела вращения, нажав комбинацию клавиш **Alt+L**.

Постройте профиль тела вращения:

1. Нажмите **Ломаная линия**  на панели **2D объекты**.
2. Установите шаг движения курсора равным 8 мм.

3. Притянитесь курсором к точке **2** (рисунок 10.10 слева) и нажмите клавишу «**1**» на цифровой клавиатуре (влево-вниз), **Пробел**.

4. Установите шаг движения курсора равным 10 мм.

5. Сместите курсор влево-вверх вдоль линейки на 10 мм (см. рисунок 10.10 слева, точка **5**), **Пробел**.

6. Сместите курсор влево-вниз вдоль линейки на 20 мм, **Пробел**.

7. Постройте вспомогательную линию под углом 13 градусов к оси X (**L**, в поле **Угол** введите число 13, **Enter**).

8. Подведите курсор к произвольному месту на только что построенной вспомогательной прямой снизу от детали (см. рисунок 10.10 слева, точка **3**).

9. Одновременно нажмите правую и среднюю кнопку мыши. Курсор притянется к вспомогательной прямой. Нажмите левую кнопку мыши или клавишу **Пробел**.

10. Переместите курсор вниз к осевой линии тела вращения и одновременно нажмите правую и среднюю кнопку мыши. Курсор притянется к осевой линии (см. рисунок 10.10 слева, точка **4**), **Пробел**, **Esc**.

11. Для построения скругления нажмите **Скругление**  на панели **Операции 2D**.

12. В строке ввода значений введите число 5. Нажмите кнопку **ОК**.

13. Укажите точку 5 (рисунок 10.10 слева). Будет построено скругление радиусом 5 мм – рисунок 10.10 справа.

Постройте тело вращения:

1. Нажмите кнопку **Вращение**  на панели **3D объекты 1**.

2. На запрос **Выберите Профили/Esc** укажите профиль тела вращения, **Esc**.

3. На запрос **Угол =** введите число 360, **ОК** или **Enter**.

4. Постройте тело вращения (рисунок 10.11). Для этого на запрос системы **Точка оси** притянитесь курсором к точке **1** (см. рисунок 10.10 справа), **Пробел**, притянитесь курсором к точке **2** (рисунок 10.10 справа), **Пробел**.

Команда **Вычитание** позволяет вычесть объёмные тела из первого выбранного объёмного тела. Из первого указанного тела последовательно вычитаются все остальные выбранные тела.

Вычтите построенное тело вращения из основного корпуса детали – рисунок 10.12:

1. Включите отображение части модели над рабочей плоскостью, отключив **Открыть**  в закладке **Режимы отображения**.

2. Отключите режим автоматической привязки в закладке **Режимы построений**.

3. Нажмите и удерживайте кнопку **Объединение тел**  на панели **Операции с группами объектов**. На появившейся панели выберите **Вычитание тел** .

4. На запрос **Выберите Тела** укажите корпус детали, укажите тело вращения, **Esc**.

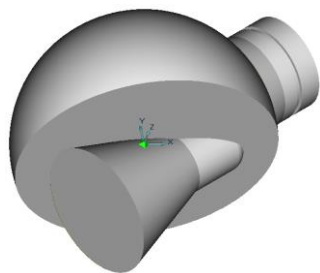


Рисунок 10.11 – Результат построения
тела вращения

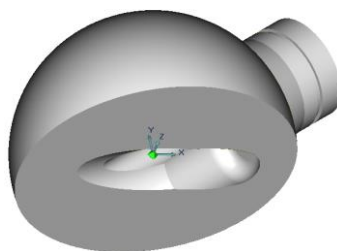


Рисунок 10.12 – Объёмная модель
корпуса без фланцев

Удалите вспомогательные построения:

1. Нажмите клавишу **Tab**. Будет активизирован второй (вспомогательный) слой.

2. Из системного меню выберите **Общие, Удалить, Активный слой**. Вспомогательные построения будут удалены.

3. Для активизации первого слоя повторно нажмите клавишу **Tab**.

Для создания фланцев воспользуйтесь следующими командами моделирования:

- вспомогательные построения;
- построение временных проекций;
- смещение, скругление, скругление постоянного радиуса;
- угловое копирование объёмных элементов;
- и др.

Разместите начало координат рабочей плоскости в центре нижней грани модели:

1. Нажмите и удерживайте **Совмещение системы координат**  на панели **Рабочая плоскость**.

2. В появившемся дополнительном меню выберите **Грань**. Укажите нижнюю плоскую грань модели (повернув модель). Рабочая плоскость будет расположена на этой грани.

3. Нажмите клавишу **A**. Начало системы координат переместится в абсолютный ноль рабочей плоскости.

4. Нажмите кнопку **Вид на рабочую плоскость**  на панели **Камера**

Постройте фланец:

1. Нажмите **Home**. Курсор притянется к центру координат.

2. Нажмите **L**. На запрос **Угол** = введите число 0. Будет построена вспомогательная прямая под углом 0 градусов.

3. Включите **Профили** в закладке **Режимы отображения**.

Временные проекции

ADEM позволяет создавать временные проекции объёмной модели и ее фрагментов. Временные проекции могут быть использованы как для построения объёмных тел, так и в качестве вспомогательных построений для привязок и черчения. В большинстве случаев временная проекция – это система обычных 2D элементов с атрибутом сплошной тонкой линии.

1. Нажмите и удерживайте кнопку **Проекция грани**  на панели **Временные проекции**.

2. На появившейся панели выберите **Получение контуров грани** .

3. Постройте временную проекцию нижней грани, указав ее на запрос **Выберите Грань** (рисунок 10.13).

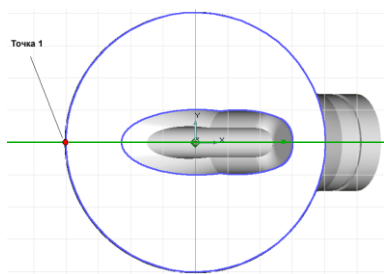


Рисунок 10.13 – Нижняя грань модели

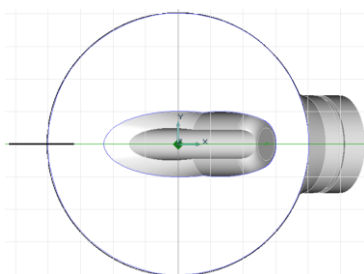


Рисунок 10.14 – Построение отрезка

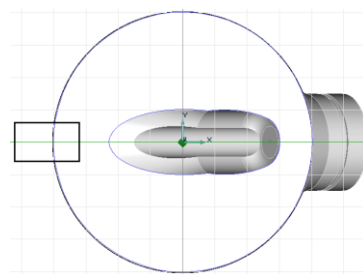


Рисунок 10.15 – Построение контура фланца

1. Включите режим автоматической привязки в закладке **Режимы построений**.
2. Нажмите кнопку **Отрезок**  на панели **2D объекты**.
3. Нажмите клавишу **D**. В строке **Шаг** = введите число 5, **Enter**.
4. Подведите курсор к точке **1** (рисунок 10.13), **C**. Курсор притянется к точке пересечения вспомогательной прямой и временной проекции нижней грани.
5. Нажмите клавишу **Стрелка-вправо** на клавиатуре.
6. Нажмите левую кнопку мыши или клавишу **Пробел**.
7. Трижды нажмите клавишу **Стрелка влево**. Курсор сдвинется на 15 мм от предыдущего положения.
8. Нажмите **Пробел**. Будет построен отрезок длиной 15 мм (рисунок 10.14).
9. Для удаления временных проекций нажмите **Удалить проекцию**  на панели **Временные проекции**.
10. Нажмите кнопку **Скругление**  на панели **Редактирование 2D**.
11. В поле **R** = введите число 10 и нажмите **Enter**.
12. На запрос **Узел элемента** укажите один из концов построенного отрезка. Будет построен контур фланца (рисунок 10.15).

Команда **Смещение** позволяет создавать объёмные тела смещением профиля в направлении оси Z текущей системы координат на заданную высоту с заданным углом стенок. В качестве профиля могут быть выбраны плоские элементы, ребра или грани объёмных тел. Если выбраны несколько отдельных элементов и ребер, то будет построено несколько отдельных тел.

1. Нажмите кнопку **Смещение**  на панели **3D объекты 1**.
2. На запрос системы **Выберите Профили/Esc**, укажите профиль фланца, **Esc**.
3. В поле **Высота** введите число 0. В поле **Глубина** введите число 5.
4. Нажмите **ОК** или **Enter**.

Удалите вспомогательные построения:

1. Нажмите клавишу **Tab**. Будет активизирован второй (вспомогательный) слой.
 2. Из системного меню выберите **Общие, Удалить, Активный слой**. Вспомогательные построения будут удалены.
 3. Для активизации первого слоя вновь нажмите **Tab**.
- Поверните модель так, чтобы были видны два ребра фланца – рисунок 10.16.

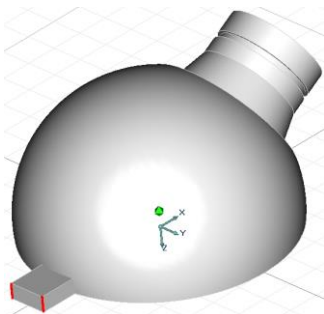


Рисунок 10.16 – Аксонометрия построенной части модели

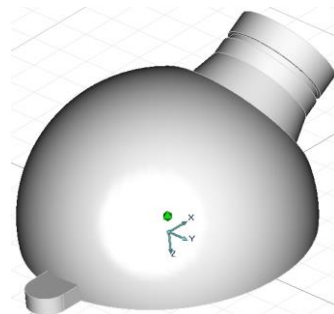


Рисунок 10.17 – Построение скруглений ребер на фланце

Постройте скругления на фланце:

1. Нажмите кнопку **Постоянное скругление**  на панели **Редактирование 3D**.

2. На запрос **Выберите Ребра** укажите два ребра фланца (см. рисунок 10.16), **Esc**.
3. В поле **Радиус** введите число 5, **ОК** или **Enter**. На двух ребрах фланца будут построены скругления радиусом 5 мм (рисунок 10.17).

Создайте отверстия во фланце:

1. Нажмите кнопку **Вид на рабочую плоскость**  на панели **Камера**.
2. Нажмите кнопку **Получение контуров грани**  на панели **Временные проекции** и укажите грань фланца. Будет построена временная проекция грани фланца (рисунок 10.18 слева).

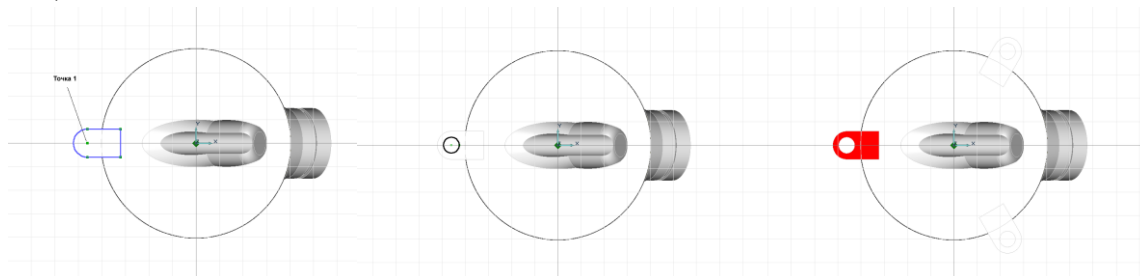


Рисунок 10.18 – Последовательность построения отверстия во фланце

1. Нажмите кнопку **Окружность заданного диаметра**  на панели **2D объекты**.
2. В строке ввода значений введите число 5, **ОК** или **Enter**.
3. Подведите курсор к точке 1 (рисунок 10.18 слева), **C**. Курсор притянется к этой точке.
4. Нажмите **Пробел**, **Esc**. Будет построен профиль отверстия (рисунок 10.18 посередине).
5. Нажмите кнопку **Удалить проекцию**  на панели **Временные проекции**.
6. Нажмите кнопку **Сквозное отверстие**  на панели **3D Объекты 2**.
7. На запрос системы **Выберите Профили/Esc** укажите контур отверстия, **Esc**.
8. На запрос **Выберите Тело/Esc** укажите фланец. Будет построено сквозное отверстие – рисунок 10.18 справа.

Создайте две копии фланца:

1. Включите панель **Выбор группы** внизу экрана и в поле меню **Выбор группы для визуализации** включите **3D только**.
2. Нажмите и удерживайте кнопку **Копия**  на панели **Операции с группами объектов**. На дополнительной панели выберите **Угловая**.
3. На запрос **Выберите Тела** укажите фланец, **Esc**.
4. На запрос **Центр** укажите центр углового копирования. Для этого последовательно нажмите клавиши **Home** и **Пробел**.
5. В появившейся строке ввода значений введите: **Угол = 120**, **Число = 2**; **ОК** или «**Enter**». Будет построено две копии фланца.

Для объединения трех фланцев и основного корпуса:

1. Нажмите и удерживайте кнопку **Выбор элементов**  на панели **Операции с группами объектов**. В дополнительном меню выберите **3D только**.
2. На запрос **Выберите Тела** возьмите в окно все объемные элементы.
3. Нажмите кнопку **Объединение тел**  на панели **Операции с группами объектов**. Выбранные тела будут объединены.

Для построения скруглений на ребрах между сферической поверхностью модели и вертикальными гранями фланцев:

- 1.Нажмите кнопку **Постоянное скругление**  на панели **Редактирование 3D**.
- 2.На запрос **Выберите ребра** укажите все 6 нужных элементов – рисунок 10.19, **Esc**.

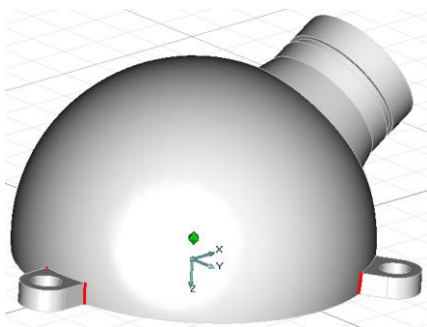


Рисунок 10.19 – Выбор ребер

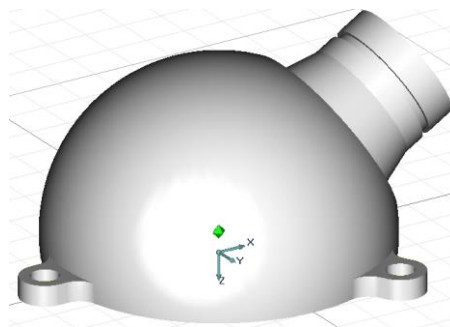


Рисунок 10.20 – Результат скругления ребер

3. В строке ввода значений введите число 5, **OK** или **Enter**. На выбранных ребрах будут построены скругления радиусом 5 мм – рисунок 10.20.

Для построения скругления между основной сферической частью модели и поверхностью вращения:

1. Поверните модель так, как показано на рисунке 10.21.
2. Нажмите кнопку **Постоянное скругление**  на панели **Редактирование 3D**.
3. На запрос **Выберите ребра** укажите ребро модели (рисунок 10.21), **Esc**.
4. В строке ввода значений введите число 2, **OK** или **Enter**. На выбранном ребре будет построено скругление радиусом 2 мм (рисунок 10.22).

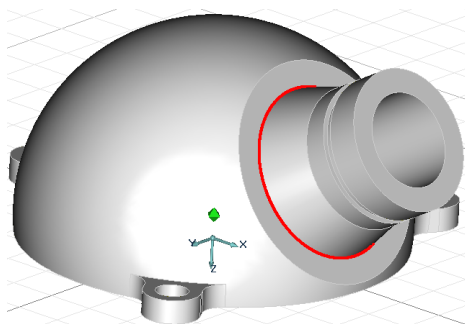


Рисунок 10.21 – Вид на скругляемое ребро

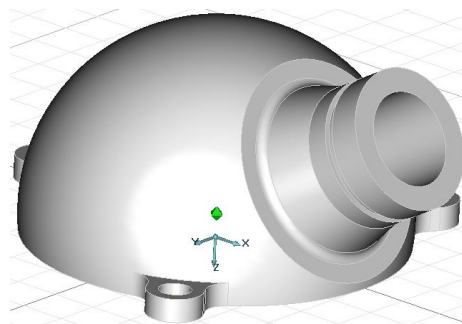


Рисунок 10.22 – Результат скругления ребра

Для создания фаски на цилиндрической части детали:

1. Поверните модель так, как это показано на рисунке 10.23.

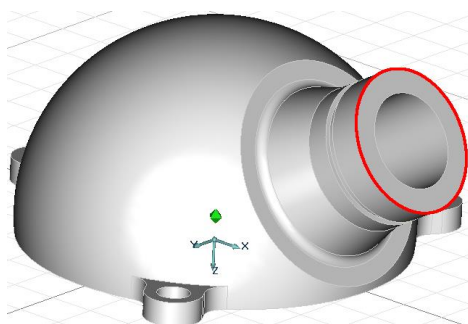


Рисунок 10.23 – Вид на ребро для создания фаски

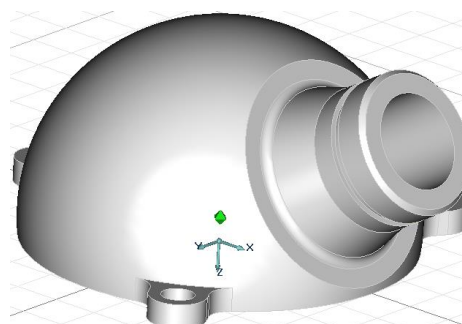


Рисунок 10.24 – Результат создания фаски

2. Нажмите кнопку **Фаска на ребре**  на панели **Редактирование 3D**.
3. На запрос **Выберите ребра** укажите внешнее ребро цилиндрической части модели, **Esc**.
4. В строке **Фаска1=** введите число 1, **OK** или **Enter**. На выбранном ребре будет построена равносторонняя фаска (рисунок 10.24).

Таким образом, Вы построили объёмную твердотельную модель корпуса в соответствии с чертежом.

Редактирование объёмной модели

Для редактирования объёмной модели используйте:

- регенерацию 3D модели;
- дерево модели в окне проекта;
- редактирование профилей.

Для редактирования объёмной модели можно использовать дерево модели. Дерево содержит все элементы, из которых состоят 3D модели (рисунок 10.25). Можно изменять параметры элементов дерева и затем перестраивать модель при помощи кнопки регенерации.

Для изменения глубины отверстия:

1. В дереве модели выберите элемент **Отверстие 1**. Дважды щелкните левой кнопкой мыши на этом элементе.
2. В строке **Глубина от контура** = введите число 30, а в строку **Угол** = введите число 15, **OK** или **Enter**.
3. Нажмите кнопку **Регенерация 3D**  на панели **Редактирование 3D**. Модель перестроится в соответствии с внесенными изменениями (рисунок 10.25)

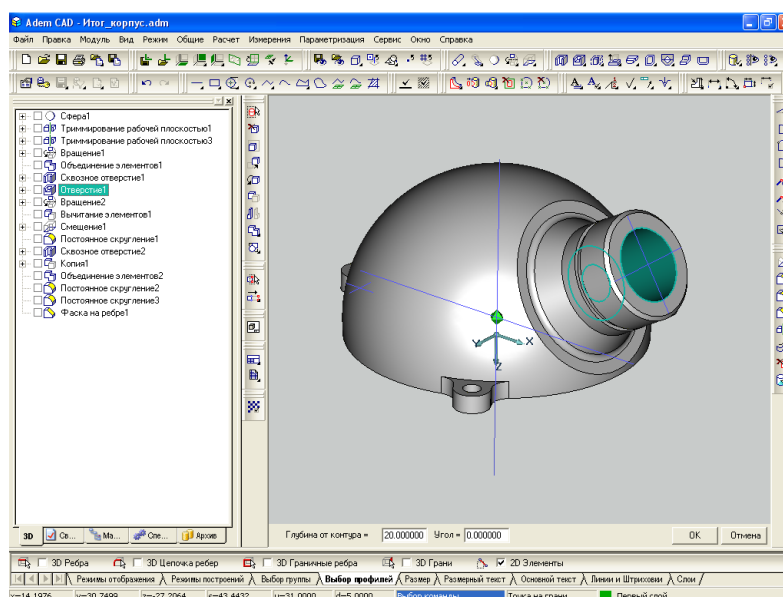


Рисунок 10.25 – Объёмная модель корпуса. Редактирование отверстия

Для редактирования некоторых элементов объёмной модели можно использовать профили, по которым построены эти элементы. Редактирование профилей происходит подобно редактированию плоской геометрии. После окончания редактирования профилей необходимо перестраивать модель при помощи кнопки регенерации .

Для изменения фаски:

1. Нажмите кнопку **Абсолютная рабочая плоскость XZ**  на панели **Рабочая плоскость**.
2. Для включения отображения профилей нажмите пустое поле перед **Профили**  на панели **Режимы отображения**. Если отображение профилей уже включено, то галочку перед полем **Профили** отжимать не нужно.
3. Нажмите кнопку **Фаска**  на панели **Редактирование 2D**.
4. В поле **Фаска** = введите число 3, **ОК** либо **Enter**.
5. Укажите узел в точке **1** (рисунок 10.26).

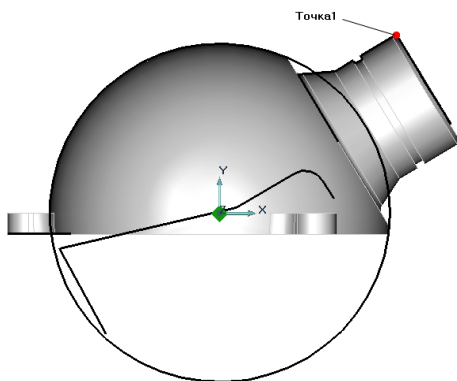


Рисунок 10.26 – Редактирование фаски

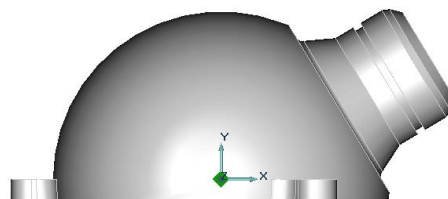


Рисунок 10.27 – Результат внесения изменений

1. Нажмите кнопку **Регенерация 3D**  на панели **Редактирование 3D**. Модель перестроится в соответствии с внесенными изменениями.
2. Для выключения отображения профилей нажмите на галочку перед полем **Профили**  на панели **Режимы отображения**.

На рисунке 10.27 представлен результат внесения изменений за счет редактирования профиля фаски.

Построение чертежей при помощи объёмной модели

Работая в системе ADEM, конструктор или технолог при проектировании может идти как в прямом (от 2D к 3D), так и в обратном (от 3D к 2D) направлении. Программа позволяет создавать объёмные модели на основе плоской геометрии, а также формировать виды, сечения и разрезы на основе 3D модели. Все плоские построения связаны с геометрией объёмной модели. При изменении параметров 3D модели можно перестроить геометрию плоской (2D) модели.

Создание чертежа

Функция создания главных видов позволяет получить основные проекции и изометрический вид модели. Построение проекций ведется относительно абсолютной системы координат.

В соответствии с ЕСКД изображение чертежа располагается в стандартных рамках.

Для вызова рамки на поле чертежа:

1. Укажите поле **Вид** системного меню и команду **Восстановить** или нажмите кнопку **R** на клавиатуре. Изображение модели переместится в левый нижний угол экрана.

Укажите поле **Режим** системного меню и команду **Формат листа**. В меню **Формат листа** заполните поля, как показано на рисунке 10.28, **ОК** или **Enter**. Рамка чертежа займет место на экране.

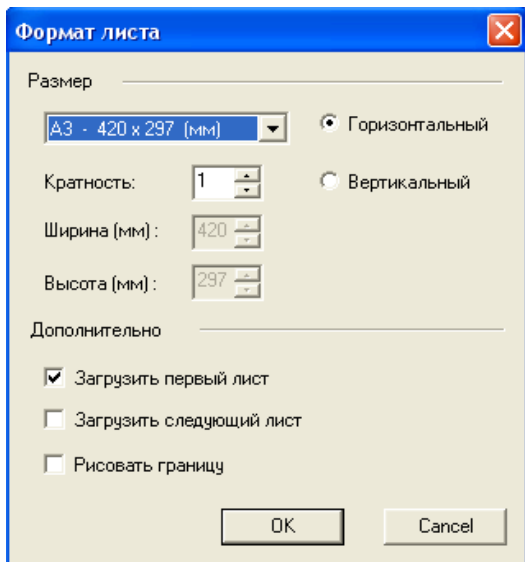


Рисунок 10.28 – Меню «Формат листа»

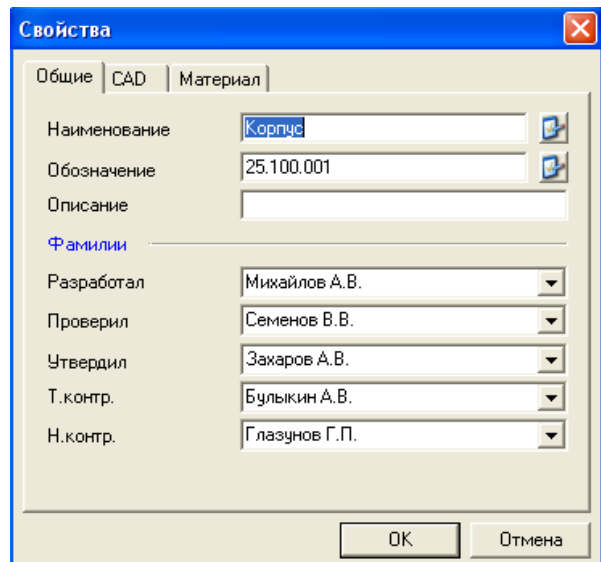


Рисунок 10.29 – Пример заполнения закладки

Для заполнения основной надписи:

Нажмите кнопку **Свойства**  на панели **AdemVault**.

1. В открывшемся меню **Свойства** заполните поля диалога в закладках **Общие**, **CAD** и **Материал**, **OK**. На рисунке 10.29 показан пример заполнения закладки **Общие**.

2. Нажмите кнопку **Заполнение штампа**  на панели **Заполнение штампа**. Данные из диалога будут внесены в поля основной надписи (рисунок 10.30 слева).

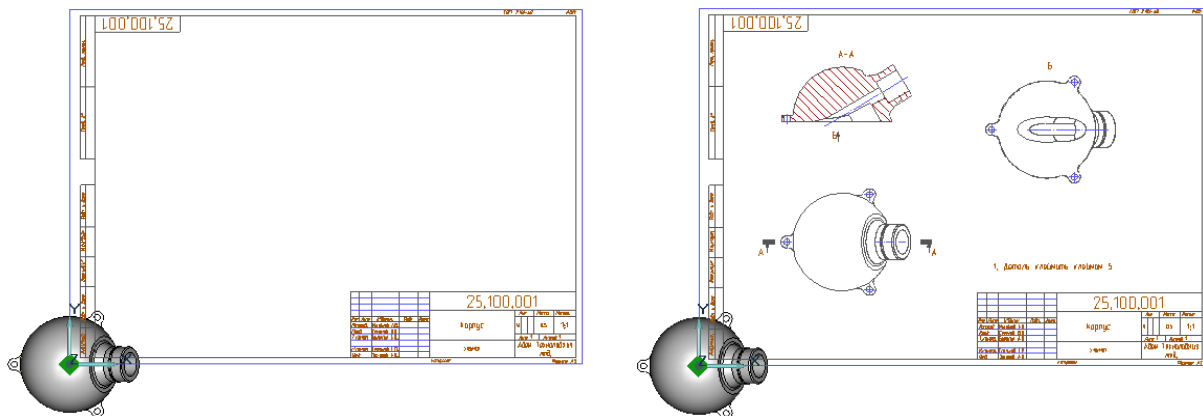


Рисунок 10.30 – Пример заполнения основной и дополнительной надписи, построения видов и разреза, нанесения технических требований

Для создания вида сверху:

1. Нажмите и удерживайте кнопку **Создание чертежных видов по 3D модели**  на панели **Черчение по 3D**. В дополнительном меню выберите **Главные виды**.

2. В появившемся меню диалога выберите **Вид сверху** и **Удалять невидимые линии**, **OK**.

3. Установите вид сверху на поле чертежа (рисунок 10.30 справа).

Для построения изображения фронтального разреза:

1. Выберите тип штриховки разреза на панели **Линии и Штриховки**  внизу экрана.

2. Нажмите и удерживайте кнопку **Создание чертежных видов по 3D модели**  на панели **Черчение по 3D**. В дополнительном меню выберите **Разрез ступенчатый**.

3. В появившемся меню диалога выберите масштаб 1:1, **ОК**.

4. На запрос системы **Плоский вид?** укажите вид сверху; на запрос **Этот Y/N?** нажмите **Y**.

5. На запрос **Линия разреза** последовательно укажите точку слева изображения вида на продолжении оси и справа изображения вида на продолжении оси, **Esc**.

6. В поле диалога введите обозначение вида (букву А), **ОК** или **Enter**.

7. Установите полученный разрез над видом сверху (рисунок 10.30 справа), **Esc**.

Для создания изображения вида снизу:

1. Нажмите и удерживайте кнопку **Создание чертежных видов по 3D модели**  на панели **Черчение по 3D**. В дополнительном меню выберите **Чертежный вид**.

2. В появившемся меню диалога выберите масштаб 1:1, **ОК**.

3. На запрос системы **Плоский вид?** укажите вид спереди; на запрос **Этот Y/N?** – **Пробел**.

4. На запрос **Стрелка (начало)** укажите положение верхнего конца стрелки; на запрос **Направление** укажите точку ниже конца стрелки.

5. В поле диалога введите обозначение вида (букву Б), **ОК** или **Enter**.

6. Установите полученный вид правее вида спереди (рисунок 10.30 справа), **Esc**.

Команда **Технические требования** позволяет создавать и редактировать список технических требований в соответствии с ЕСКД.

Для создания технических требований:

1. Откажитесь от последнего произведенного действия (удалите вид по стрелке Б), нажав на поле .

2. Нажмите кнопку **Технические требования**  на панели **Заполнение штампа**

3. В появившемся меню диалога **Технические требования** (рисунок 10.31) сформируйте список ТТ при помощи кнопки  или выберите их из базы при помощи кнопки .

4. При необходимости удаления ТТ воспользуйтесь кнопкой . При необходимости поменять порядок требований в списке воспользуйтесь кнопками  или .

5. После составления списка нажмите **ОК** (рисунок 10.31).

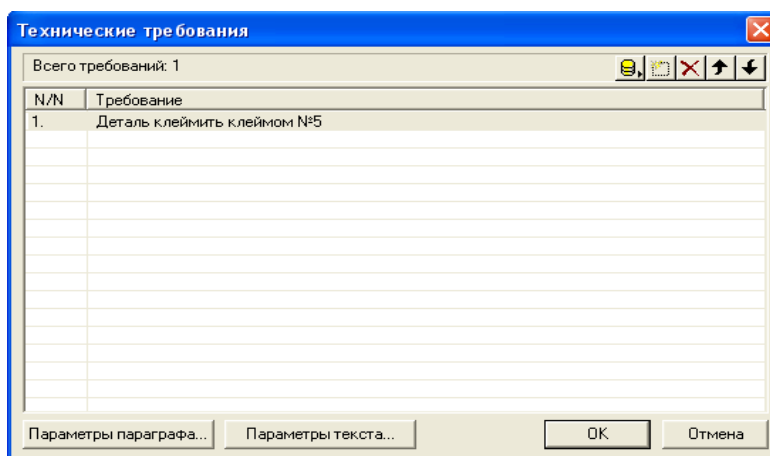


Рисунок 10.31 – Меню диалога «Технические требования»

Простановка размеров осуществляется в CAD ADEM с использованием автоматизированного режима. Проставьте необходимые размеры, руководствуясь заданием (см. рисунок 10.4).

11. ПОСТРОЕНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Методы гибридного моделирования рассмотрим на примере построения 3D модели детали, внешний вид и вид с вырезом четверти которой представлены на рисунке 11.1.

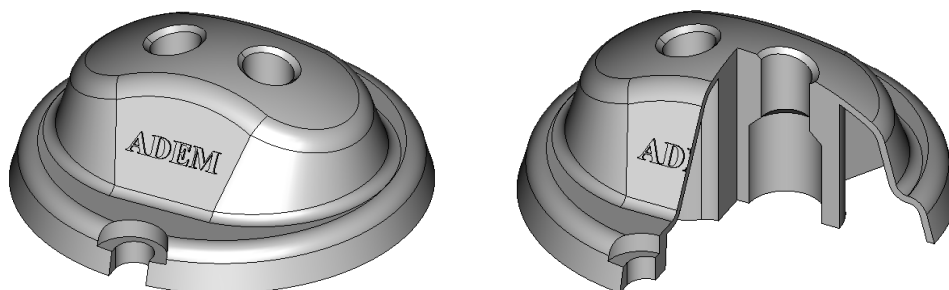


Рисунок 11.1 – 3D модель детали

Установите начало координат в центре экрана **Home, Q, E**. Как показано на рисунке 11.2, слева на расстоянии 20 мм левее начала координат установите центр, из которого постройте окружность диаметром 100 мм. На таком же расстоянии (20 мм) правее начала координат постройте дугу окружности радиусом 50 мм. Полученные контуры одновременно сместите на высоту 50 мм с углом наклона 30° (рисунок 11.2 справа).

Сделайте видимой рабочую плоскость **T**. Совместите начало координат с центром верхнего основания конуса , **Центр грани** (рисунок 11.3,а), рабочую плоскость поставьте вертикально  (*относительная* рабочая плоскость **YZ**) (рисунок 11.3,б) и триммируйте  конус рабочей плоскостью, удалив правую его часть (рисунок 11.3,в)

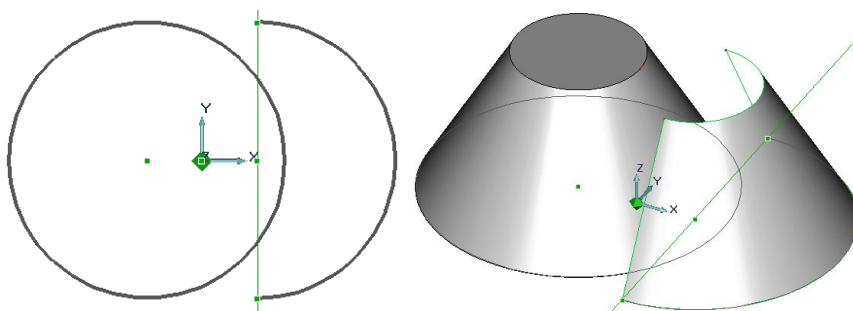


Рисунок 11.2 – Исходные контуры и 3D объекты

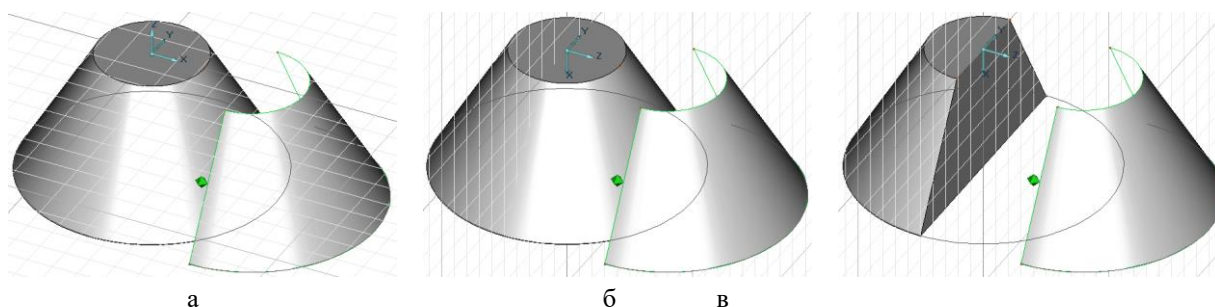


Рисунок 11.3 – Триммирование конуса рабочей плоскостью

Установите рабочую плоскость в положение **XZ**  и совместите её с плоскостью экрана . Последовательно поверните часть конуса вокруг нижней крайней точки справа на 15° влево и аналогично часть цилиндрической поверхности на **минус** 15° вправо. Для этого последовательно выделите объекты , **3D только** и воспользуйтесь функцией **Поворот**  (рисунок 11.4,а). Произведите разборку тела конуса на грани **Разборка**  (под кнопкой ), выделите 3 грани (верхнюю, нижнюю и вертикальную) , **3D только** (рисунок 11.4,б) и удалите их **Delete**. Соедините две конических поверхности **Затяжка**  (под кнопкой ), последовательно указывая по два профиля (рёбра) и завершая затяжку двойным нажатием **Esc** (рисунок 11.4,в).

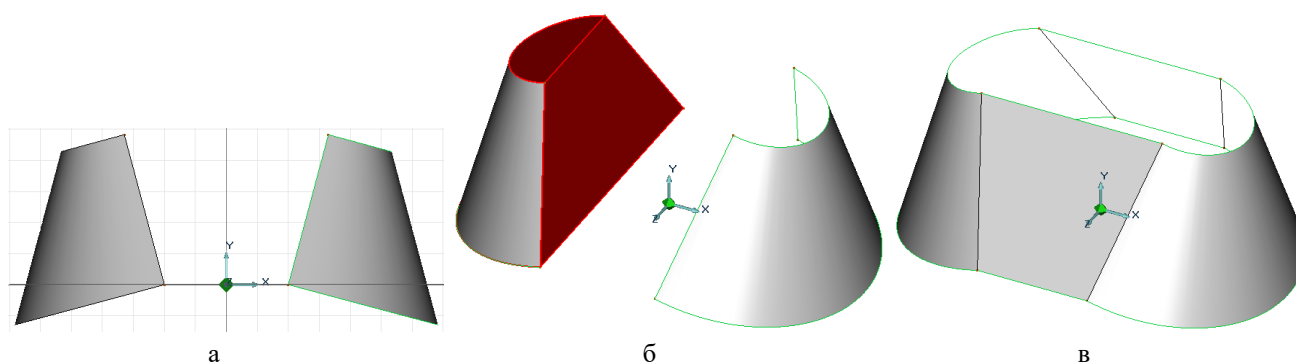


Рисунок 11.4 – Поворот объектов, разборка части конуса на грани и затяжка

Включите , постройте окружность диаметром 200 мм с центром, расположенным на 55 мм ниже начала координат. Функцией **Сфера**  постройте сферу (рисунок 11.5,а). Включив режим **Отрезание части тела другим телом**  (под кнопкой ) на запрос системы последовательно укажите сферу и отрезаемую ею поверхность (рисунок 11.5,б). Выделите удаляемую часть поверхности , **3D только** и удалите её **Delete** (рисунок 11.5,в).

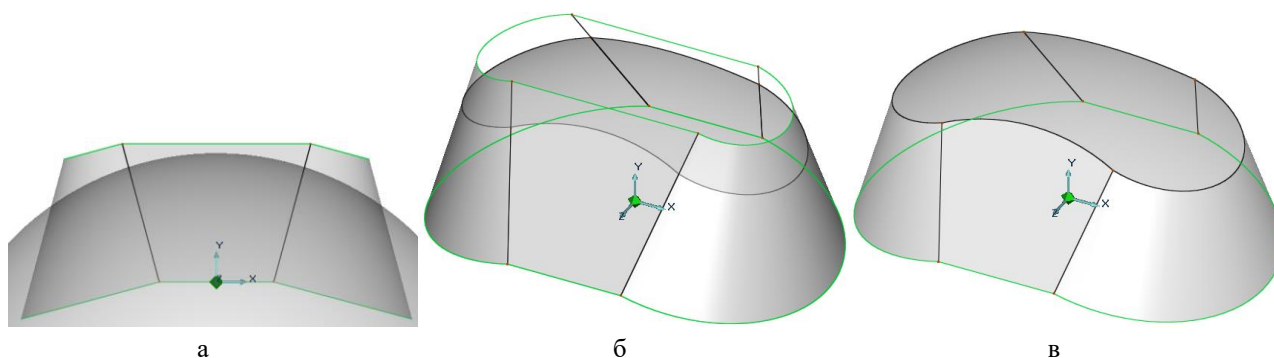


Рисунок 11.5 – Моделирование сферы и отрезание ею поверхности

Установите рабочую плоскость в положение **XY**  (рисунок 11.6 слева) и отрежьте ею нижнюю часть поверхности (рисунок 11.6 справа).

Совместите рабочую плоскость с плоскостью экрана .

Постройте окружность диаметром 150 мм с центром в начале координат (рисунок 11.7 слева). Используя окружность, постройте основание детали , высота = 0, угол наклона = 15^0 , глубина = 15 мм. Объедините  поверхность и тело основания (рисунок 11.7 справа).

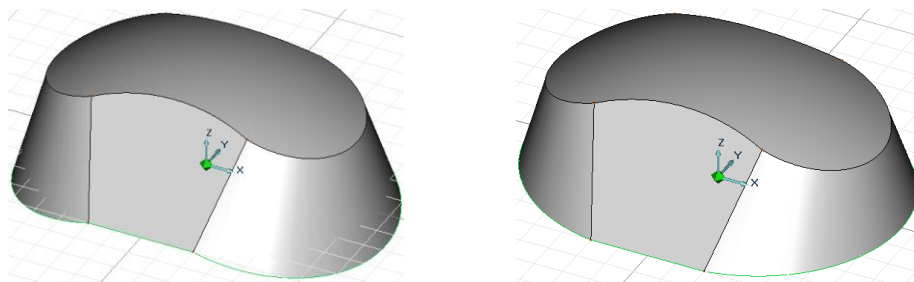


Рисунок 11.6 – Отрезание поверхности рабочей плоскостью

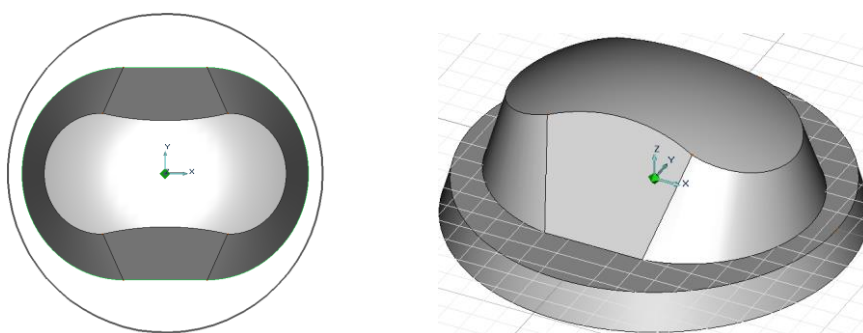


Рисунок 11.7 – Моделирование тела детали

Завершите моделирование внешней поверхности детали. Для этого скруглите рёбра: цепь верхних радиусом равным 10 мм (рисунок 11.8,а), цепь на стыке верхней части с основанием – 8 мм (рисунок 11.8,б), радиус скругления ребра основания 5 мм (рисунок 11.8,в).

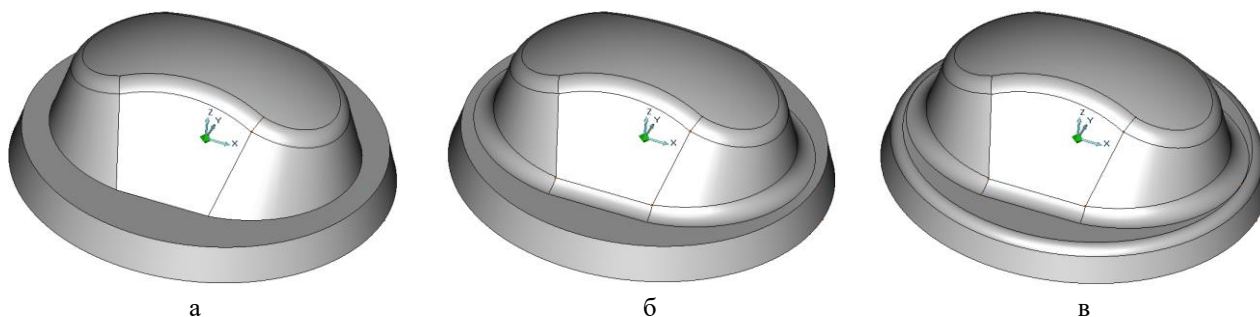


Рисунок 11.8 – Скругление рёбер на внешней поверхности детали

Внутреннюю поверхность начнём строить с выполнения операции **Оболочка** . По запросу системы последовательно укажите тело модели и её нижнюю грань, **Esc**, введите значения высоты (толщины оболочки) = 3 мм и глубины = 0 (рисунок 11.9,а). Измените направление оси **Z** на противоположное, введите значение положения рабочей плоскости $Z = 20$ мм и разверните её в плоскость экрана  (рисунок 11.9,б). Постройте окружность диаметром 45 мм и установите её на расстоянии 20 мм левее и правее начала координат (рисунок 11.9,в). Выделите

окружности , **2D только** и выполните булеву операцию объединения  окружностей. Скруглите  места слияния полученной кривой радиусом 10 мм (рисунок 11.9,г).

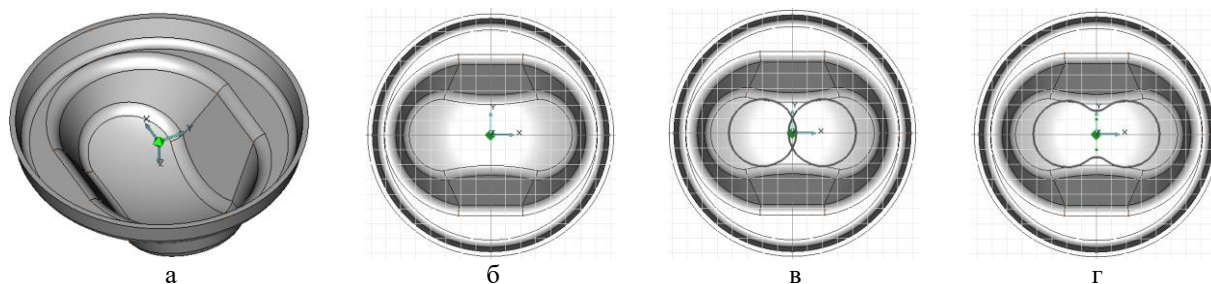


Рисунок 11.9 – Моделирование внутренней поверхности детали

Операцией **Добавление смещением до тела**  сформируйте внутренний прилив (рисунок 11.10,а). Совместите начало координат с центром плоскости среза оболочки , **Центр грани**, измените направление оси **Z** на противоположное . Совместите рабочую плоскость с плоскостью экрана . По концам диагонали с координатами $X_1 = -20$ мм, $Y_1 = 0$; $X_2 = -17$ мм, $Y_2 = 90$ мм постройте прямоугольник  (рисунок 11.10,б). Поверните его на угол 30° вокруг центра, лежащего в первой точке диагонали (рисунок 11.10,в).

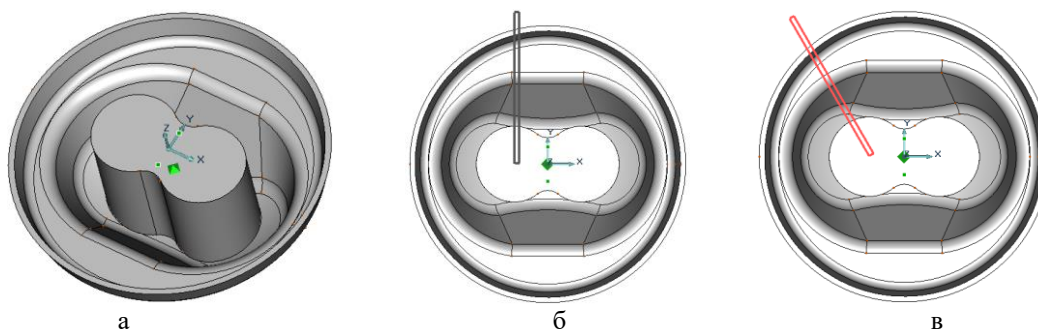


Рисунок 11.10 – Моделирование прилива и профиля ребра

Постройте модель ребра смещением профиля , введя угол наклона 5° и глубину 50 мм (рисунок 11.11,а). Произведите обрезание лишней части ребра телом , последовательно указав на ребро и тело (рисунок 11.11,б). Получите зеркальное отражение  ребра относительно XZ (рисунок 11.11,в) и затем зеркальное отражение двух рёбер относительно YZ. Объедините  все 5 элементов (рисунок 11.11,г).

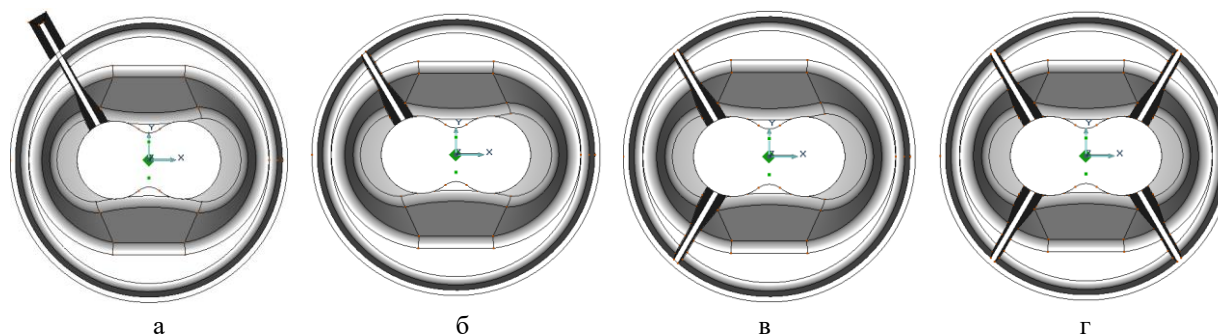


Рисунок 11.11 – Моделирование рёбер жёсткости

Измените направление оси Z , установите рабочую плоскость в положение XZ , совместите рабочую плоскость с плоскостью экрана .

Постройте замкнутый контур  по координатам точек (узлов): $X_1 = -20$ мм, $Y_1 = -25$ мм; $X_2 = -5$ мм, $Y_2 = -25$ мм; $X_3 = -5$ мм, $Y_3 = 15$ мм; $X_4 = -10$ мм, $Y_4 = 20$ мм; $X_5 = -10$ мм, $Y_5 = 55$ мм; $X_6 = -20$ мм, $Y_6 = 55$ мм, **Esc** (рисунок 11.12,а). Постройте фрагмент (моделирующий сквозное отверстие в теле) вращением построенного профиля  вокруг вертикальной оси (рисунок 11.12,б). Произведите зеркальное отображение  построенного тела относительно YZ (рисунок 11.12,в). Произведите вычитание  двух построенных фрагментов из тела и «снимите»  равнобедренные фаски катетом, равным 2 мм на выходе отверстий (рисунок 11.12,г).

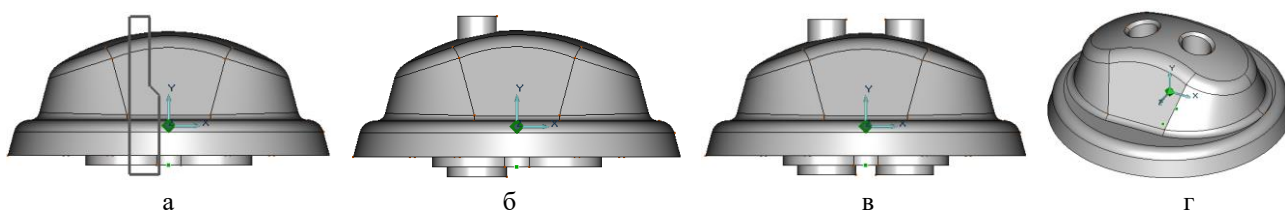


Рисунок 11.12 – Моделирование сквозных отверстий

Включите плоскость XY , смените направление оси Z , совместите рабочую плоскость с плоскостью экрана , установите начало координат в центр нижней плоскости основания детали . Как показано на рисунке 11.13,а, центры двух окружностей диаметром 40 мм установите симметрично относительно начала координат на расстоянии 80 мм. Сместите  контуры этих окружностей на 15 мм: угол уклона 5° , глубина 15 мм (рисунок 11.13,б), отрежьте выступающие за деталь части сегментов (рисунок 11.13,в) и объедините три части в одно тело (рисунок 11.13,г).

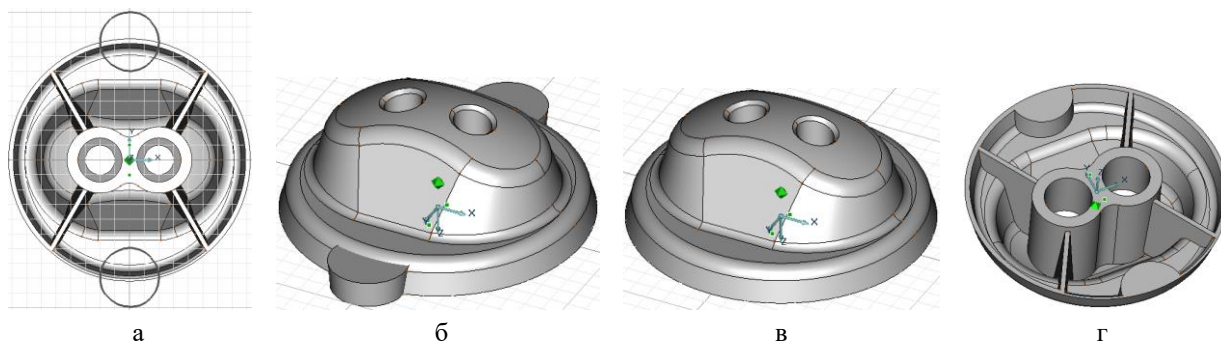


Рисунок 11.13 – Моделирование сегментов

Постройте ломаную  с координатами узлов: $X_1 = -8$ мм, $Y_1 = 84$ мм; $X_2 = -8$ мм, $Y_2 = 68$ мм; $X_3 = 8$ мм, $Y_3 = 68$ мм; $X_4 = 8$ мм, $Y_4 = 84$ мм, **Esc**. Скруглите узлы радиусом 8 мм (рисунок 11.14,а). Относительно XZ зеркально отобразите полученный профиль и постройте 2 сквозных отверстия (рисунок 11.14,б). Измените направление оси Z , установите начало координат в

центр верхней плоскости основания детали оболочки . Постройте две окружности диаметром 30 мм с центрами, симметрично удалёнными от начала координат на 80 мм (рисунок 11.14,в). Указав построенные окружности, постройте у модели два глухих отверстия глубиной по 8 мм (рисунок 11.14,г).

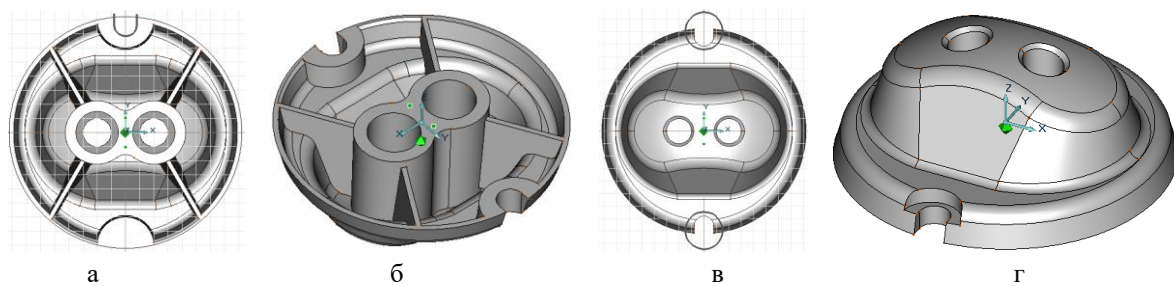


Рисунок 11.14 – Моделирование сегментов

Нанесите на одну из наклонных плоских граней текст. Для этого установите начало координат в центр плоской грани детали . Совместите рабочую плоскость с плоскостью экрана , при необходимости измените направление оси Z  и поверните  модель вокруг оси Z на нужный угол (рисунок 11.15,а). Включите режим написания текста с использованием шрифтов True Type  (под кнопкой **Текстовая строка** ). По запросу системы укажите точку привязки с координатами $X = -20$ мм, $Y = -5$ мм.

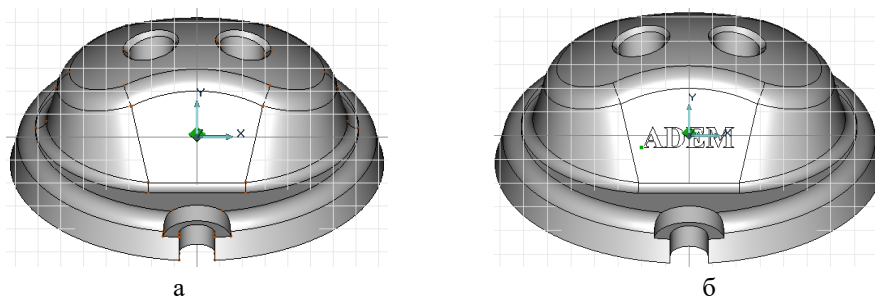


Рисунок 11.15 – Моделирование текстовой строки

В появившемся меню диалога **Текст** выберите параметры, как показано на рисунке 11.16, **ОК**. Результат установки текста в указанное место показан на рисунке 11.15,б.

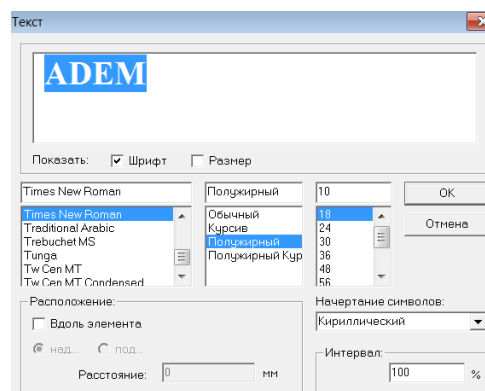


Рисунок 11.16 – Диалог создания текста

Включите режим **Добавить материал** . По запросу системы окном укажите профили текста, выберите тело модели детали, укажите параметр высоты равный 1 мм, **ОК**.

Воспользуйтесь «деревом» выполненной последовательности построений для просмотра и необходимого редактирования созданной 3D модели (рисунок 11.17).

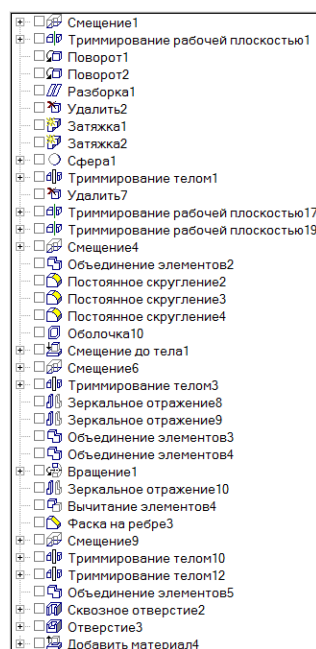


Рисунок 11.17 – Дерево последовательности построений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Силаев, Б.М. Расчет и конструирование деталей авиационных механических передач: учебно-справочное пособие / Б.М. Силаев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 150 с.
2. ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механообработка / А.В. Быков, В.В. Силин, В.В. Семенников, В.Ю. Феоктистов – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 320 с.
3. Чемпинский, Л.А. Основы геометрического моделирования в машиностроении: конспект лекций / Л.А. Чемпинский. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 160 с.
4. www.adem.ru

Учебное издание

Чемпинский Леонид Андреевич

**ПОСТРОЕНИЕ 3D И 2D МОДЕЛЕЙ
СТАНДАРТНЫХ И ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГТД**

Практикум

Редактор Т.К. К р е т и н и н а
Компьютерная верстка Л.Р. Д м и т р и е н к о

Подписано в печать 12.10.2020. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 10,0.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 9(Р2П) /2020.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.