

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЭЛЕМЕНТОВ ДВИГАТЕЛЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ И САД/САЕ
ЧАСТЬ 1**

2007



САМАРА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИГАТЕЛЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ И САД/САЕ
ЧАСТЬ 1

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методического указания*

САМАРА
Издательство СГАУ
2007

УДК 621.431.75:534
ББК 39.55



**Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий"**

Составители: *С.В. Фалалеев, П.В. Бондарчук, Н.В. Медников*

Рецензент д-р техн. наук, проф. В. Б. Б а л я к и н

Лабораторный практикум по проектированию элементов двигателей с использованием параметрического моделирования и CAD/CAE.: метод. указание / сост. С.В. Фалалеев, П.В. Бондарчук, Н.В. Медников – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 80 с.: ил.

Подробно разобраны методики создания 3D моделей элементов роторов авиационных двигателей и энергетических установок в системе UNIGRAPHICS.

Методическое указание предназначено для студентов факультета двигатели летательных аппаратов, обучающихся на кафедре конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов по специальности 160301 "Авиационные двигатели и энергетические установки".

УДК 621.431.75:534
ББК 39.55

Содержание

Предисловие.....	4
Введение.....	5
1. Создание 3D моделей деталей ротора ГТД.....	6
2.1 Построение 3D-модели лопатки компрессора.....	8
2.1.1 Построение рабочей лопатки третьей ступени КВД НК-56.....	8
2.2. Построение Диска 3 ступени компрессора высокого давления.....	22
2.3. Промежуточное кольцо.....	35
2.3.1. Промежуточное кольцо 2.....	35
2.3.2. Промежуточное кольцо 3.....	40
2.4. Трактовая проставка.....	44
2.4.1. Трактовая проставка 2.....	44
2.4.2. Трактовая проставка 3.....	50
2.5. Лабиринтное уплотнение.....	59
2.6. Передний носок вала.....	65
2.7. Болтовое соединение.....	70
2.7.1. Болт.....	70
2.7.2. Гайка.....	74
Заключение.....	79
Библиографический список.....	79

Предисловие

Создание современного конкурентоспособного авиационного двигателя - сложная задача, связанная с решением сложных мультидисциплинарных проблем. Конструктор должен решать комплексно вопросы газодинамического, термического, прочностного анализа, одновременно увязывая их с технологическими проблемами. Для этого он должен владеть рядом современных пакетов и представлять их возможности в целом.

Перед студентами ставится задача в рамках курсовой работы овладеть приемами проектирования основных узлов авиационных газотурбинных двигателей и энергоустановок на базе использования современного пакета трехмерного проектирования UNIGRAPHICS. Использование современного пакета позволит существенно улучшить понимание особенностей конструкции и подготовиться к проектированию двигателя с использованием IT-технологий.

Методическое обеспечение разработано для пользователей, владеющих основами инженерной графики и технического черчения и прослушавших курс лекций “Основы конструирования АД и ЭУ ” по специальности 160301 «Авиационные двигатели и энергетические установки». Данная дисциплина является составляющей цикла специальных дисциплин, формирующих всестороннюю подготовку конструкторов по авиационным двигателям и энергетическим установкам. Выполнение курсовой работы с использованием методических указаний позволит перейти на качественно другой уровень, заложив основы знаний твердотельного моделирования.

Введение

Создание современного высокоэффективного авиационного ГТД невозможно без использования передовых компьютерных технологий. Использование трехмерного моделирования позволяет существенно сэкономить время, затрачиваемое на проектирование, изготовление и доводку изделия.

UniGraphics NX является системой для цифрового создания изделия с полным набором интегрированных, полностью ассоциативных приложений по CAD/CAM/CAE. UniGraphics NX предлагает полный диапазон процессов по проектированию, симуляции и подготовке производства. Это позволяет создавать изделие, начиная от концептуального чертежа до его производства.

UniGraphics NX использует передовые технологии пространственного твердотельного моделирования, что позволяет:

- сократить число конструкторских ошибок;
- практически исключить потребность в прототипах изделия;
- ускорить внесение изменений в проект;
- повысить эффективность повторного использования проекта;
- ускорить последующие процессы, например, CAE-анализ, разработку инструмента, создание программ для станков с ЧПУ, разработку технической документации.

UniGraphics NX использует технологии, которые повышают производительность работы за счет отделения творческих замыслов конструктора от выполнения рутинных операций.

По всему миру UniGraphics NX широко используется в аэрокосмической промышленности, автомобилестроении, общем машиностроении, производстве бытовой техники, игрушек, медицинских инструментов.

Следует отметить, что в основе всего комплекса лежит трехмерное моделирование объекта на базе ядра Parasolid, которое принято как стандарт для многих CAD систем как среднего, так и высокого уровня, что также дает преимущество передачи уже готовых моделей в другие системы проектирования.

1. Создание 3D моделей деталей ротора ГТД

Ротор компрессора газотурбинного двигателя является сложным узлом состоящим из большого количества деталей, среди которых можно выделить ряд типовых, по уровню сложности в проектировании и построении:

- Рабочие Лопатки
- Диски рабочих колес
- Кольца трактовые
- Силовые кольца (соединяющие диски)
- Детали лабиринтных уплотнений
- Переходные элементы (валы, соединяющий компрессор с турбиной и передний короткий вал с подшипником, являющийся фиксирующей опорой ротора компрессора)
- Крепежные детали.

Далее будут подробно рассмотрены методики построения 3D моделей перечисленных выше деталей на примере конструкции компрессора высокого давления (КВД) двигателя НК-56 (Рис. 1).

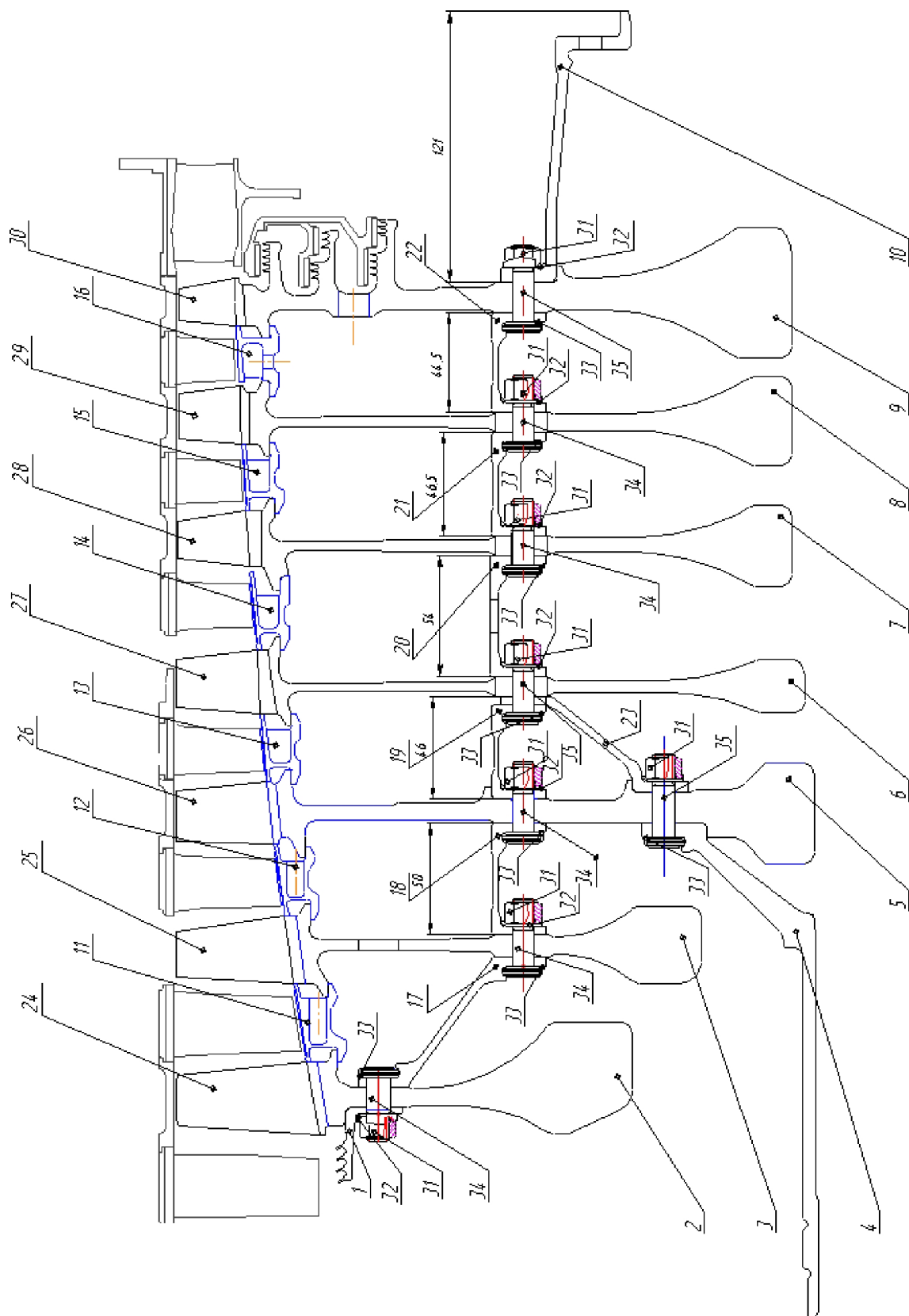


Рис. 1. Продольный разрез компрессора высокого давления. двигателя НК-56

2.1 Построение 3D-модели лопатки компрессора

2.1.1 Построение рабочей лопатки третьей ступени КВД НК-56

Для построения рабочей лопатки компрессора воспользуемся эскизами (Рис. 2) и данными по координатам профилей:

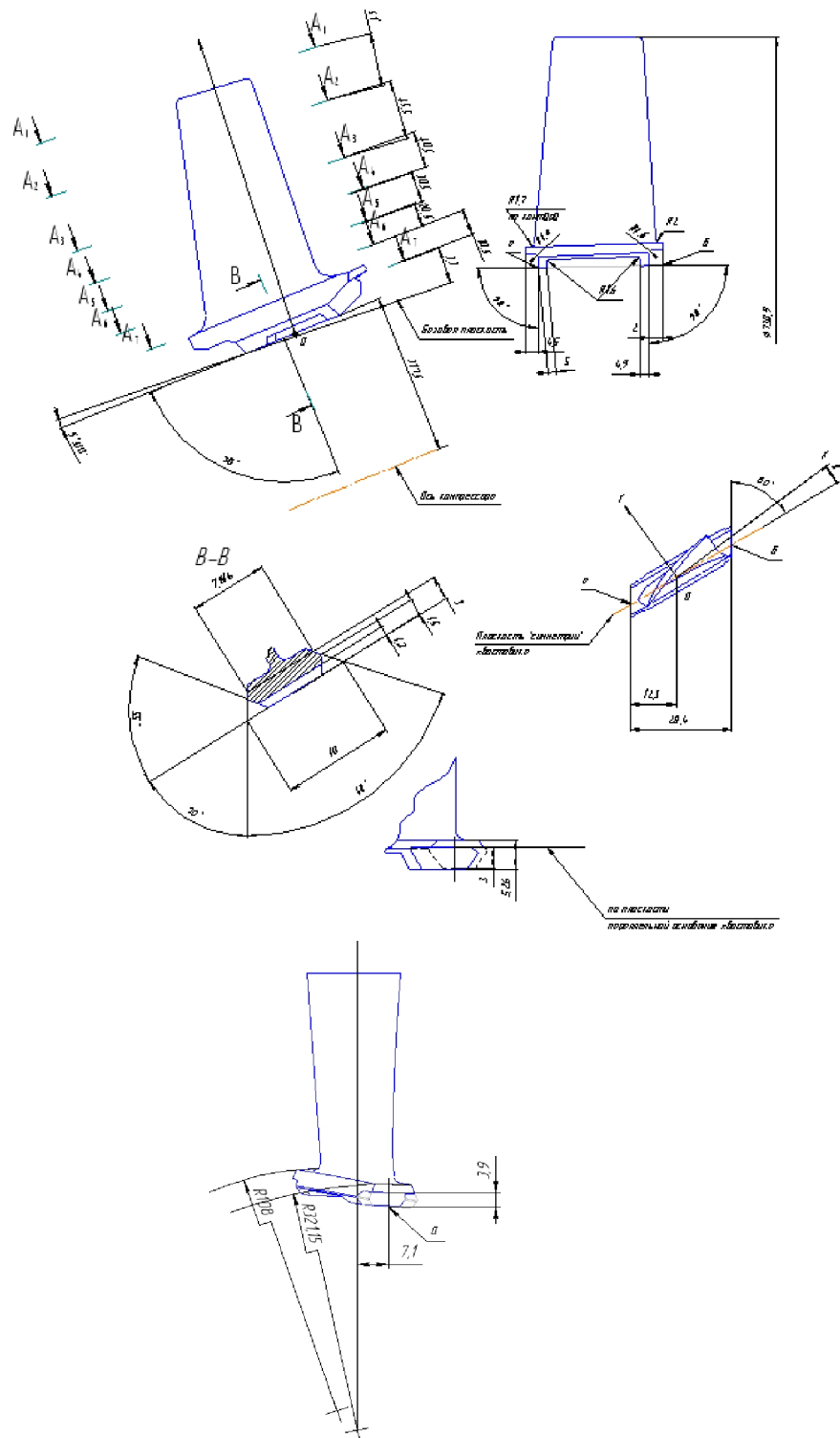


Рис. 2. Эскиз основных размеров лопатки

1. Запустите **Unigraphics**.
2. Войдите в режим **Modeling: Application** → **Modeling**.
3. Создайте вспомогательные плоскости в рабочей координатной системе: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**. Нажмите **ОК**. Создайте вспомогательные оси в рабочей координатной системе: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Axis**. Нажмите **ОК** (Рис. 3).

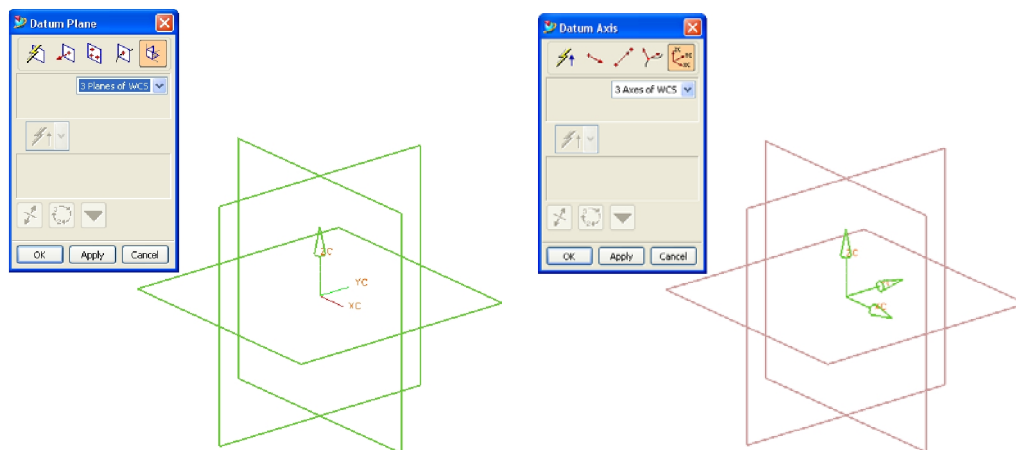



Рис. 3. Вспомогательные плоскости и оси

4. Создайте поперечное сечение хвостовика лопатки (сечение **B-B**). Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**, выберите вспомогательную плоскость **X-Y** и нажмите **ОК**. Постройте с помощью предлагаемого инструментария проекцию оси хвостовика (ось **X**, Рис. 2); на плоскости эскиза постройте отрезок, проходящий через центр координатной системы (проекция точки **O**) под углом 30 градусов (Рис. 4). Постройте вспомогательный отрезок, проходящий перпендикулярно проекции оси хвостовика, выйдите из режима эскиз. Создайте вспомогательную плоскость (плоскость симметрии хвостовика), проходящую через проекцию оси хвостовика, нажмите **ОК** (Рис. 5). Создайте эскиз в этой вспомогательной плоскости и постройте отрезок, соединяющий центр координатной системы и точку **O** и отрезок (лежащий в плоскостях симметрии и основания хвостовика), начинающийся в точке **O** и проходящий под углом 5 градусов к горизонтальной плоскости (плоскость **YC-XC**). Результат построения показан на Рис. 6. Выйдите из режима эскиз. Создайте вспомогательную плоскость, проходящую через точку **O** и перпендикулярную замку: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**. Выберите опцию **Point and Direction** (иконка ). Выберите точку **O** как основание плоскости и отрезок в плоскости основания хвостовика как направляющий вектор. Нажмите **ОК** (Рис. 7).

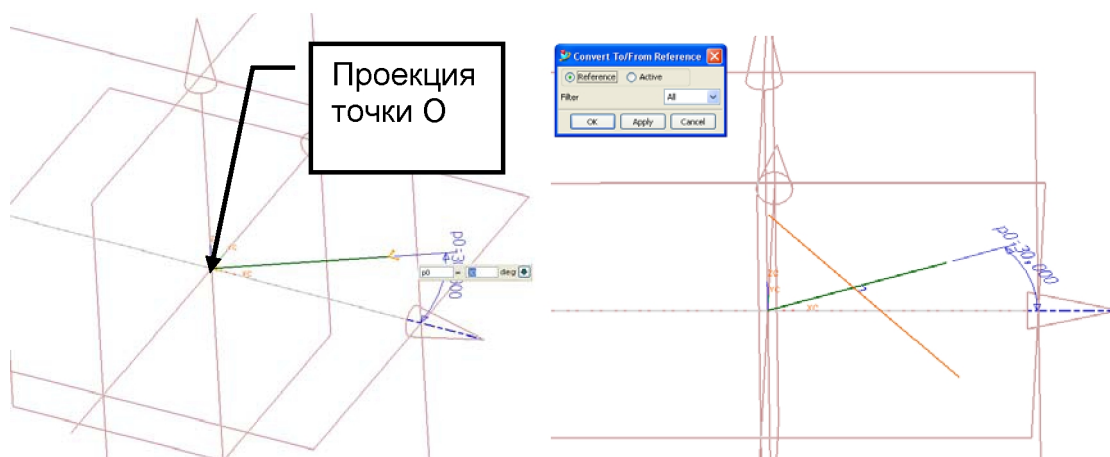


Рис. 4. Проекция оси хвостовика на плоскость эскиза

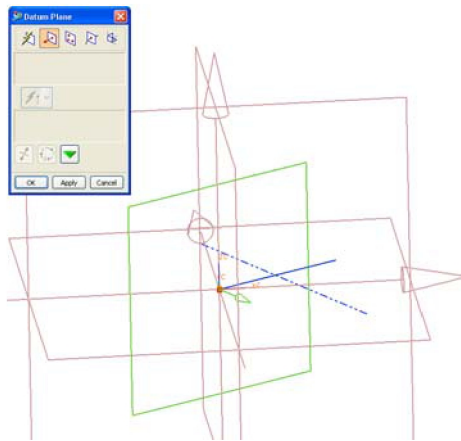


Рис. 5. Вспомогательная плоскость



Рис. 6. Построение вспомогательных отрезков

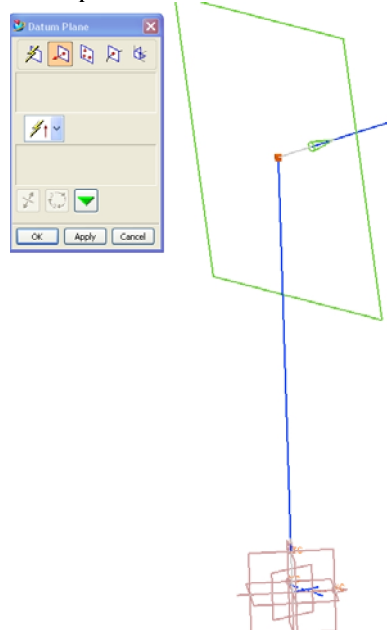



Рис. 7. Построения вспомогательных плоскостей для построения сечения хвостовика

5. Создайте **Datum Axis**, проходящую через точку **O** и перпендикулярную плоскости симметрии хвостовика: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Axis...** Выберите опцию **Point and direction** (кнопка ) , укажите на точку **O** и вспомогательную плоскость – плоскость симметрии хвостовика, нажмите **OK** (Рис. 8). Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**, выберите вспомогательную плоскость, перпендикулярную замку, совместите ось **X** эскиза с **Datum Axis**, нажмите **OK**. Постройте поперечное сечение хвостовика (Рис. 9). Выйдите из режима эскиз.

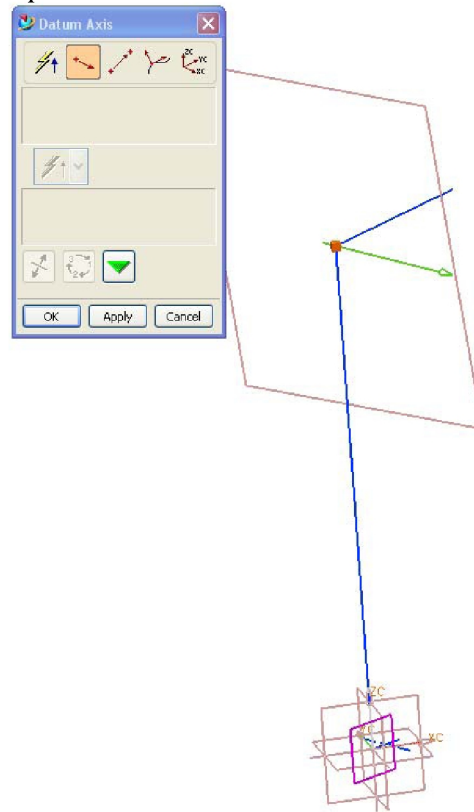


Рис. 8. Построения вспомогательных оси

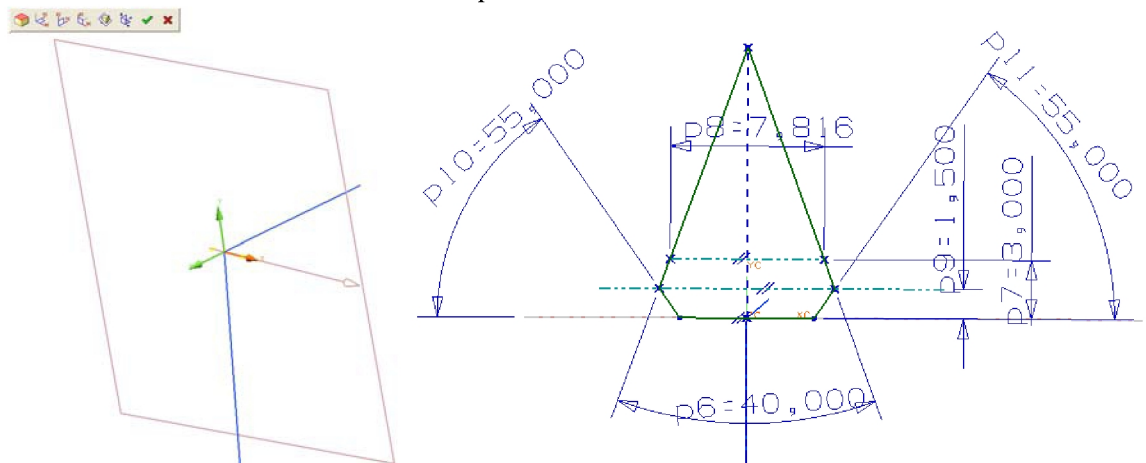



Рис. 9. Создание эскиза для построения сечения хвостовика

6. Протяните полученное сечение вдоль оси хвостовика: **Insert** → **Design Feature** → **Extrude** , активизируйте **Extrude dialog** (кнопка ) , задайте **Symmetric Distance** в **Limits**, задайте расстояние 30 мм в окне **Start** и нажмите **OK**. В результате получим тело хвостовика (Рис. 10).

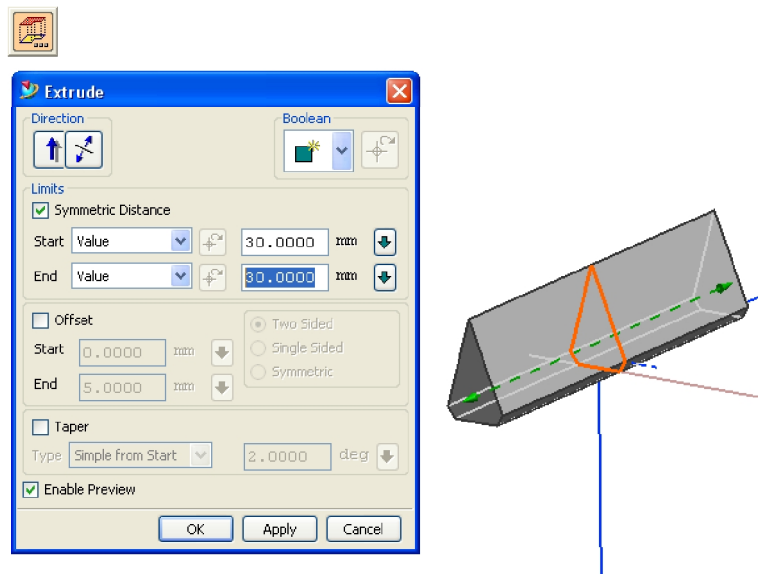


Рис. 10. Создание хвостовика лопатки

7. Создайте наружную и торцевые поверхности хвостовика: создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**, выберите вертикальную вспомогательную плоскость **XC-ZC**, нажмите **OK**. Выполните построения, как показано на Рис. 11. Выйдите из режима эскиз. Выполните обрезку тела хвостовика: **Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите в графической области отрезок, определяющий наружную поверхность хвостовика (Рис. 12), нажмите **OK**. Выберите опцию **Axis and Angle**, выберите в качестве оси вращения **XC axis**, оставьте по умолчанию центр вращения – 0,0,0 (**Base point**), нажмите **OK**. Принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 и конечный угол 360 градусов. В **Boolean Operation** выберите **Intersect**. В результате получим обрезанное тело хвостовика (Рис. 13).

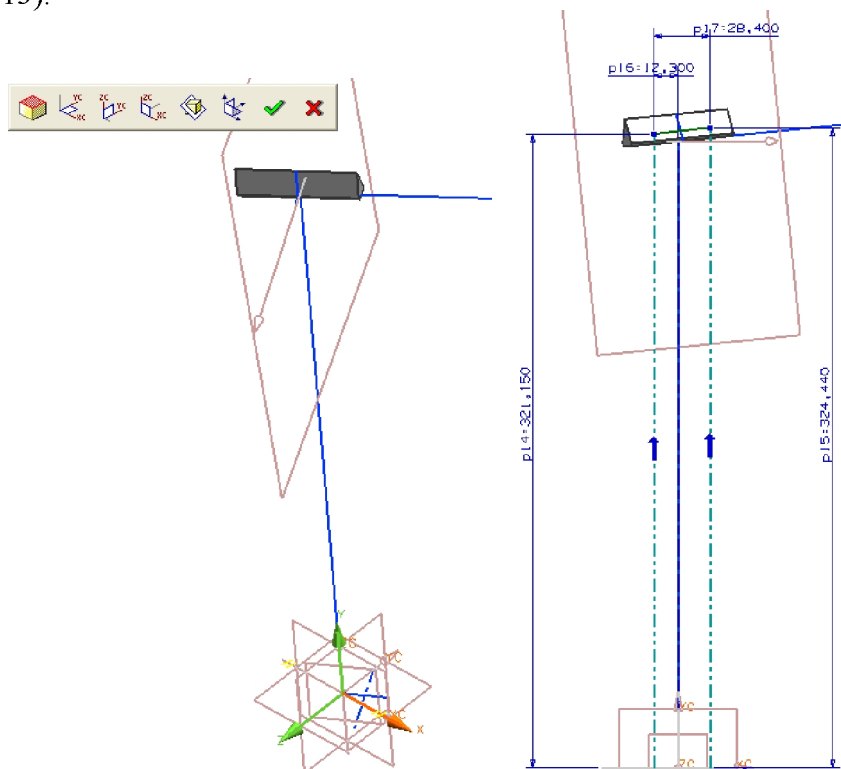


Рис. 11. Эскиз вспомогательных построений

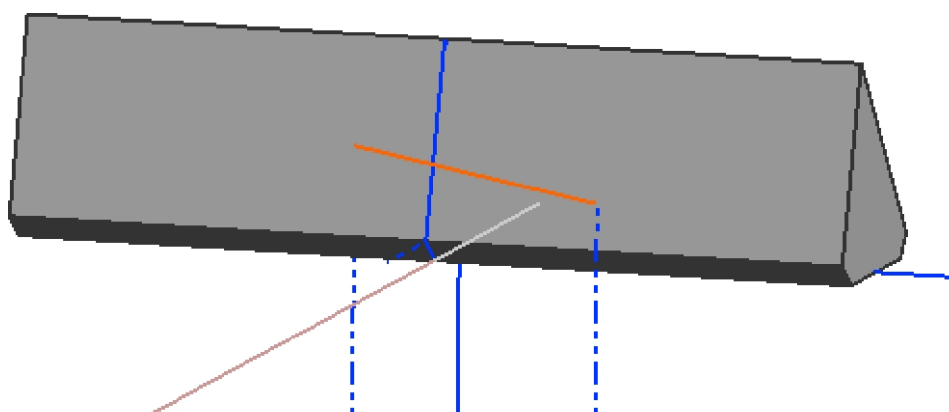
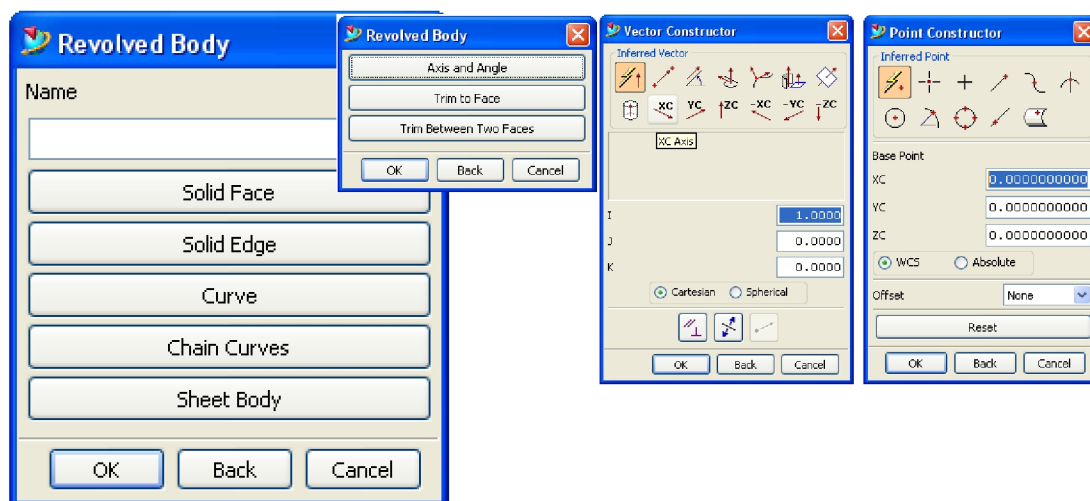


Рис. 12. Обрезка тела хвостовика

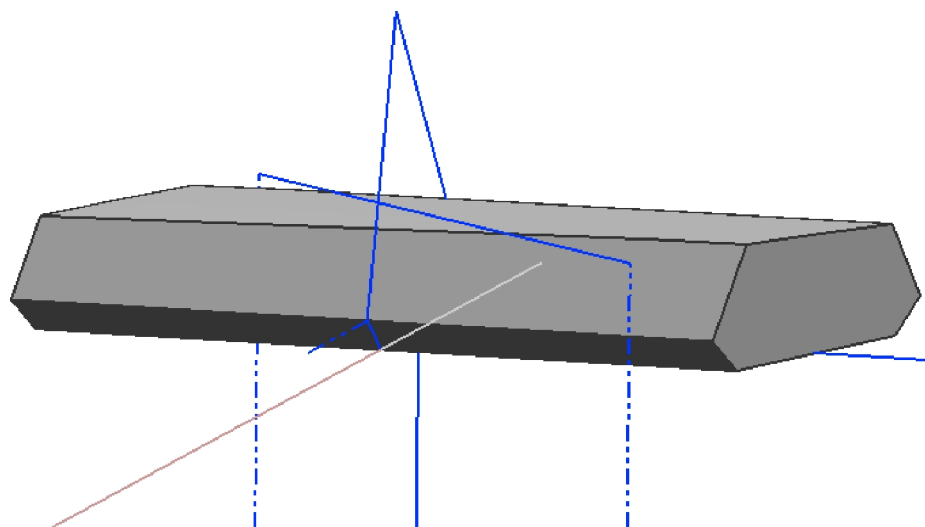


Рис. 13. Модель хвостовика


8. Постройте перо рабочей лопатки. Для этого выполните следующие действия:

- Создайте плоскости **Datum Plane** и **Datum Axis** в базовой плоскости хвостовика с центром в точке **O** и осями, направленными вдоль осей **Y** и **X** (повернутыми на угол $30+8$ градусов от оси компрессора), как задано в чертеже (Рис. 2). Скопируйте существующие **Datum Plane** и **Datum Axis**: **Edit** → **Transform...** и выберите **Datum Plane** и **Datum Axis**, как показано на Рис. 14. Выберите кнопку **Translate, Delta** и задайте

смещение **DZC** - 317.5 мм. Нажмите **OK**. Выберите в меню **Transformations** кнопку **Copy**. Нажмите кнопку **Transformation Type – Transl**, чтобы вернуть исходное состояние меню **Transformations**. Развернем скопированную плоскость и оси относительно точки **O**: выберите кнопку **Rotate About a Point** в **Transformations** и задайте **Angle** 30+8 градусов. Нажмите **OK, Move** (Рис. 15). Выйдите из меню **Transformations**. Нажмите **Cancel**.

- Создайте аналогичным образом вспомогательные плоскости и оси для построения сечений с учетом расстояния от оси компрессора до сечения и углов разворота сечения (Рис. 2). Созданные плоскости и оси для сечений лопатки **A₁-A₁ ... A₇-A₇** показаны на Рис. 16.

- Создайте сечение профиля для сечения **A₁-A₁**. создайте эскиз на соответствующей плоскости: **Insert** → **Sketch**. Обратите внимание на направление координатных осей эскиза, они должны иметь направление, как показано на Рис. 17.

- Постройте кривые, описывающие часть профиля со стороны «корыта» и «спинки»: нажмите кнопку  (**spline**) в меню **Sketch Curve**, выберите опцию **Through Points**, в меню **Spline Through Points** выберите кнопку **Points from file** и укажите местоположения файла с координатами точек «спинки» (Рис. 18). Нажмите **OK**. Выберите файл с координатами точек «корыта» (Рис. 19). Нажмите **OK, Cancel**. Пример формата файла показан на Рис. 20 (столбцы соответствуют координатам **X, Y, Z**).

- Создайте скругления на входной и выходной кромках. Воспользуйтесь данными, приведенными на (Рис.2). Создайте окружности, касательные к сплайнам и линиям, ограничивающим ширину профиля (Рис. 21).

- Создайте аналогичным способом остальные сечения (Рис. 22).

- Создайте тело пера лопатки: **Insert** → **Mesh Surface** → **Through Curves...**, выберите в графической области крайнее сечение пера лопатки (например **A₇-A₇**), нажмите **OK**. Повторите последовательно то же действие для остальных сечений и нажмите **OK, OK** (Рис. 23). Нажмите **OK, Create, Cancel** (Рис. 24).

- Соедините тело пера и хвостовика: **Insert** → **Combine Bodies** → **Unite...**, укажите тело пера и тело хвостовика, нажмите **OK** (Рис. 25).

- Создайте скругление между пером лопатки и замком: **Insert** → **Detail Feature** → **Edge Blend...**, выберите кромку в сопряжение пера лопатки с замком, задайте радиус 1.7 мм, нажмите **OK** (Рис. 26).

- Создайте выборки на основании хвостовика лопатки. Создайте эскиз в плоскости основания хвостовика в районе входной кромки пера: **Insert** → **Sketch**. Выполните построения, как показано на Рис. 27. Выйдите из режима эскиз. Создайте тело: **Insert** → **Design Feature** → **Extrude...**, задайте параметры протягивания – глубина 3 мм, **Boolean** – опцию **subtract**, нажмите **OK** (Рис. 28).

- Создайте остальные выборки аналогичным способом в соответствии с требованиями чертежа (Рис. 2). Выполните скругление в выборках радиусом 1.6 мм (Рис. 29). Нажмите **OK**.

- Выполните обрезку пера лопатки на диаметре 730.9 мм. Создайте эскиз **Insert** → **Sketch**, выполните построение, как показано на Рис. 30. Выйдите из эскиза. Создайте тело вращения, используя построенный эскиз: **Insert** → **Design Feature** → **Revolve...**, выберите ось вращения **Datum Axis**, примем по умолчанию угол 360 градусов, в **Boolean** выберите **Subtract**. Нажмите **OK**. Окончательная модель показана на Рис. 31.

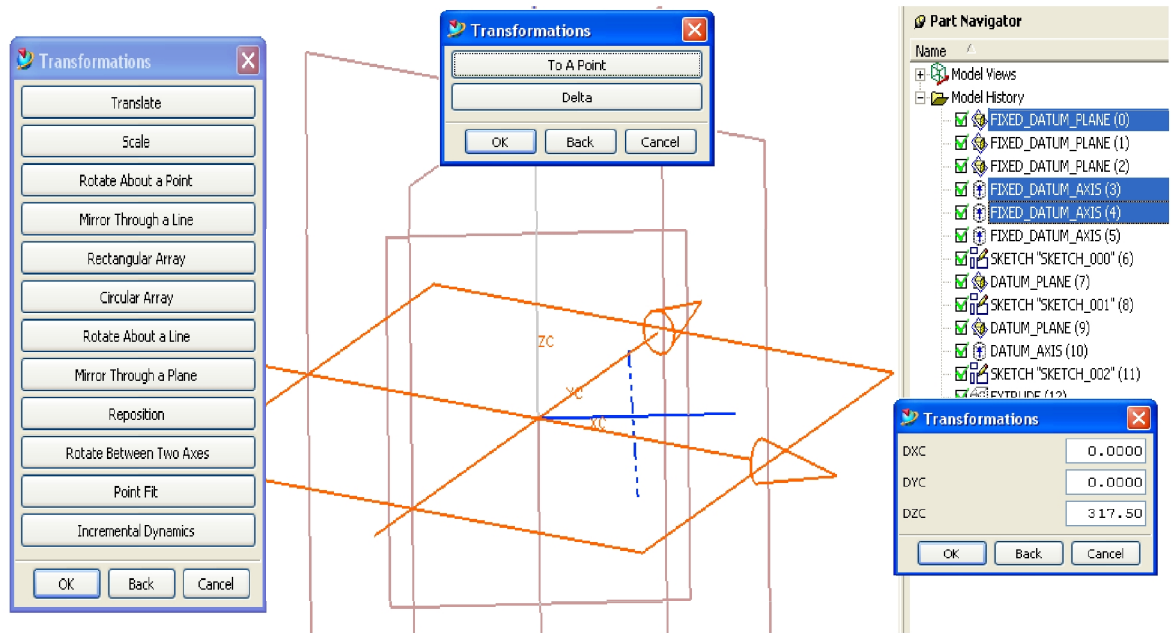


Рис. 14. Задание базовой плоскости для построения сечений профиля

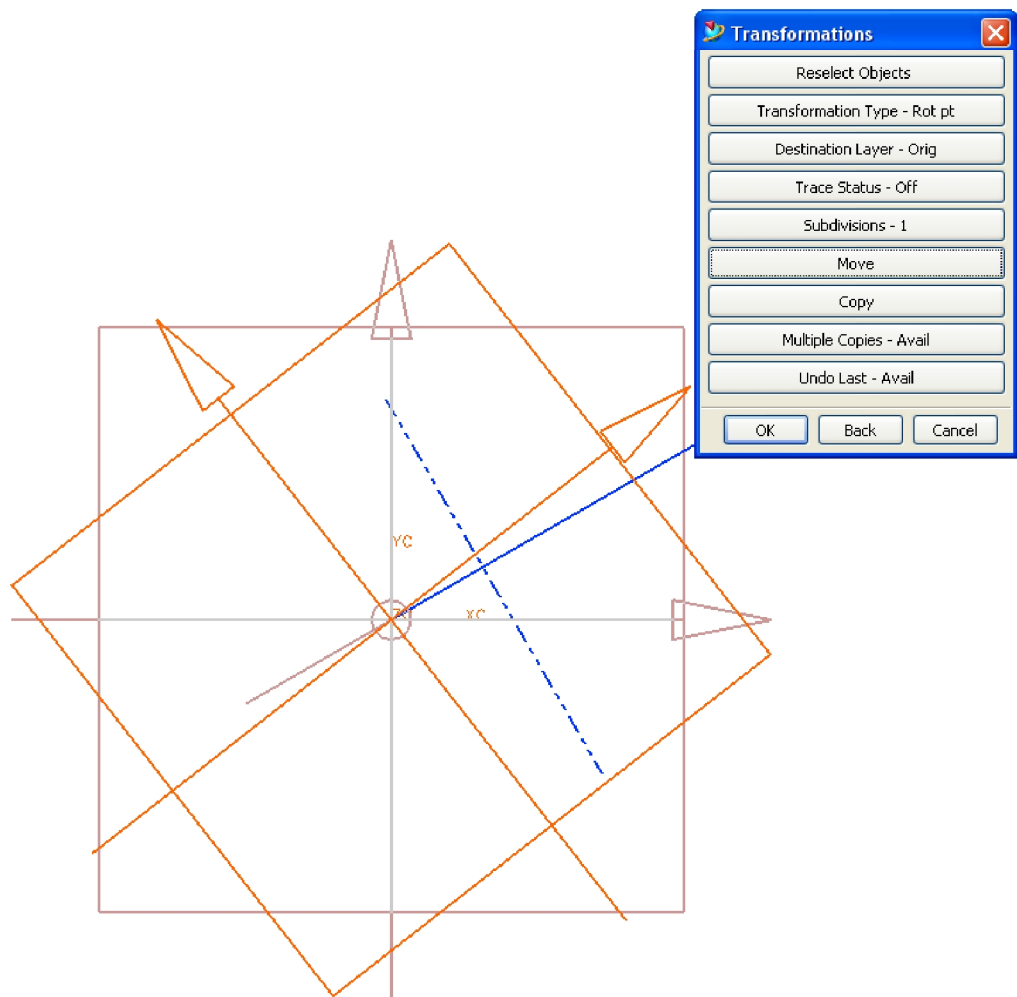


Рис. 15. Поворот базовой плоскости для построения сечений профиля

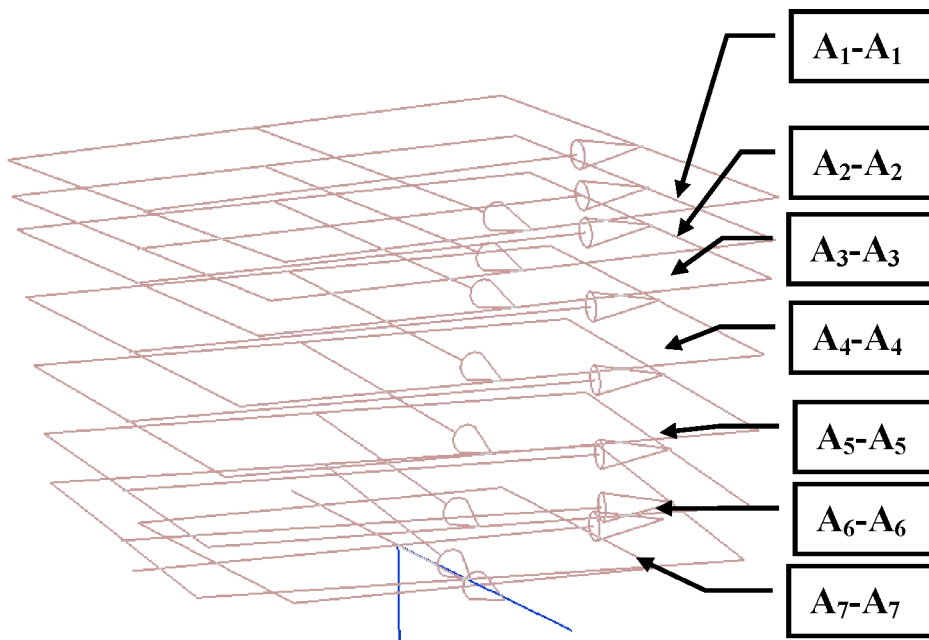
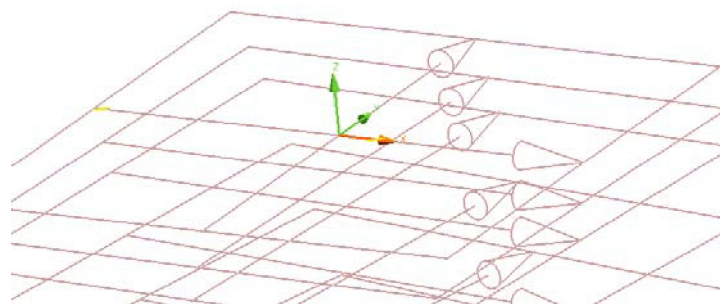
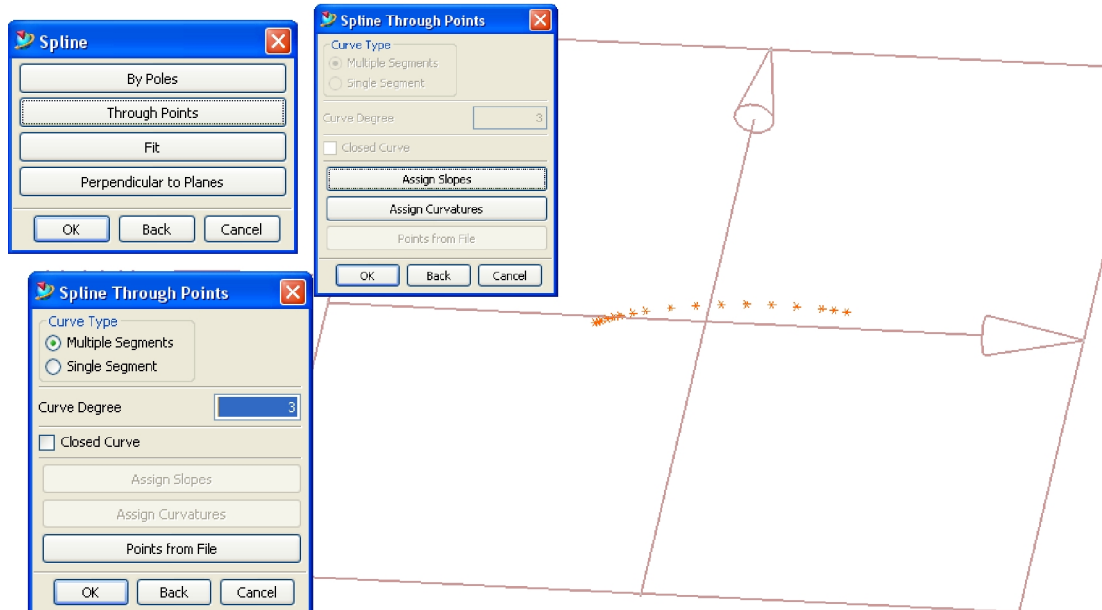
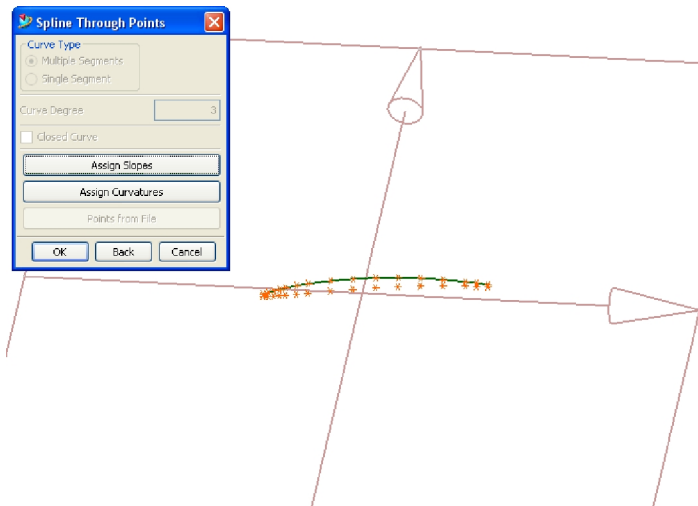


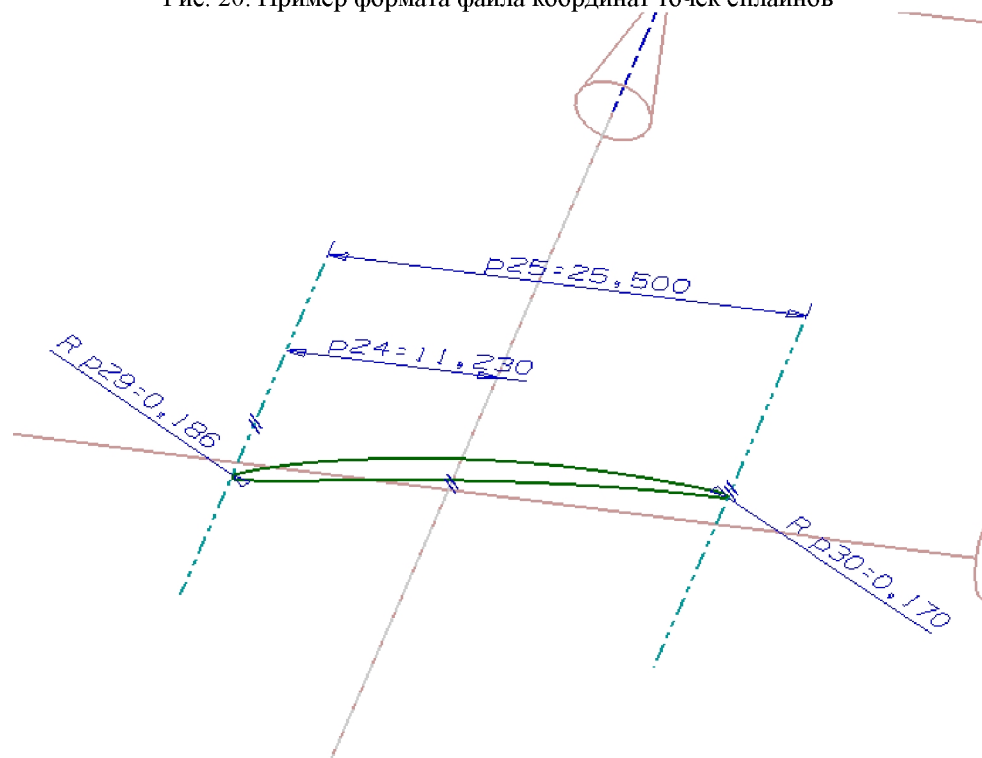
Рис. 16. Плоскости сечений профиля лопатки

Рис. 17. Построение профиля лопатки для сечения A_1-A_1 Рис. 18. Построение точек «спинки» сечения A_1-A_1

Рис. 19. Построение точек «корыта» сечения A_1-A_1

11.25	-0.94	0.000
-10.91	-0.75	0.000
-10.67	-0.61	0.000
-10.07	-0.30	0.000
-9.46	-0.03	0.000
-8.85	0.22	0.000
-7.62	0.67	0.000
-6.38	1.05	0.000
-3.89	1.67	0.000
-1.38	2.15	0.000
1.15	2.49	0.000
3.70	2.70	0.000
6.26	2.78	0.000
8.84	2.73	0.000
11.44	2.57	0.000
12.74	2.45	0.000
14.05	2.30	0.000

Рис. 20. Пример формата файла координат точек сплайнов

Рис. 21. Образмеренный эскиз профиля пера лопатки, сечение A_1-A_1

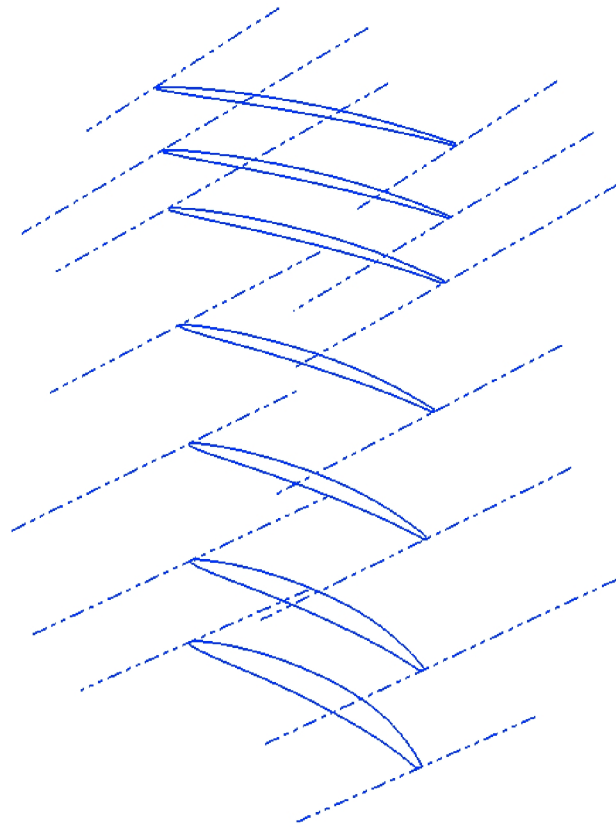


Рис. 22. Профили пера лопатки для 7 сечений

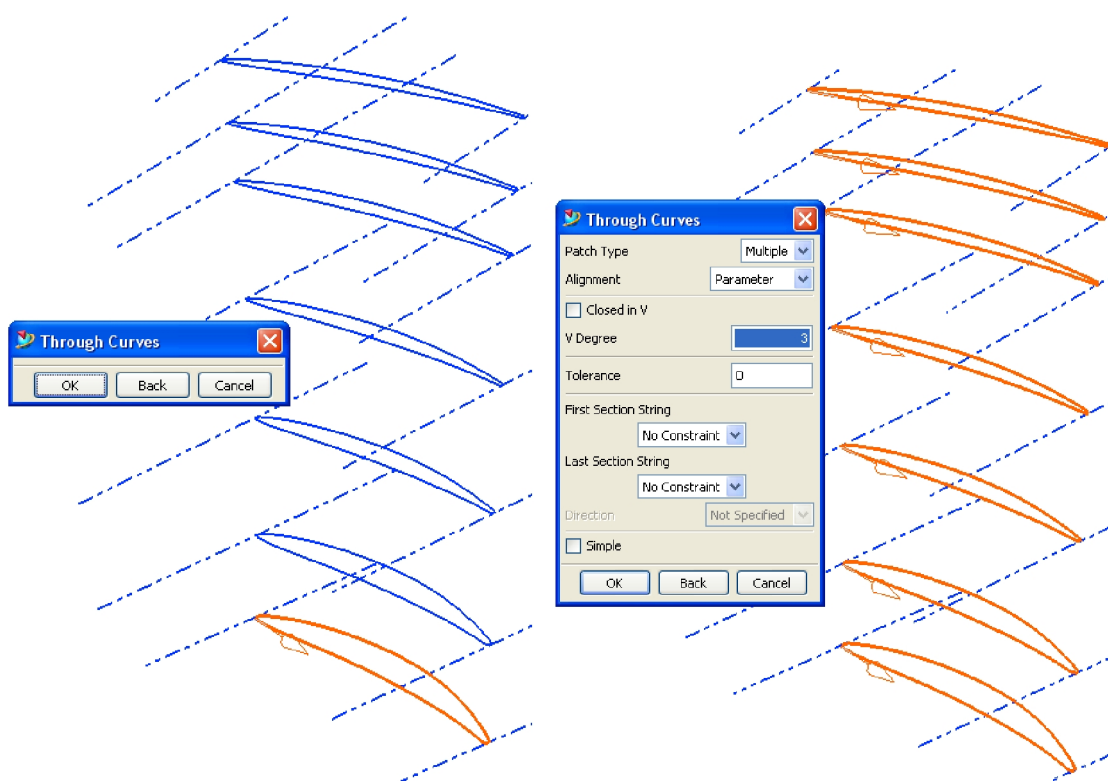


Рис. 23. Построение тела пера лопатки

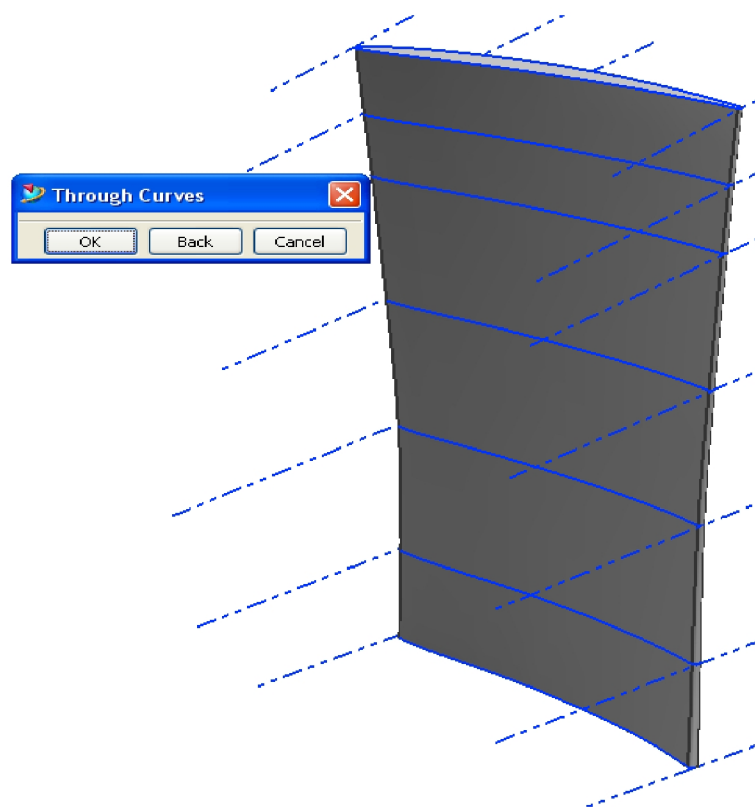


Рис. 24. Перо лопатки

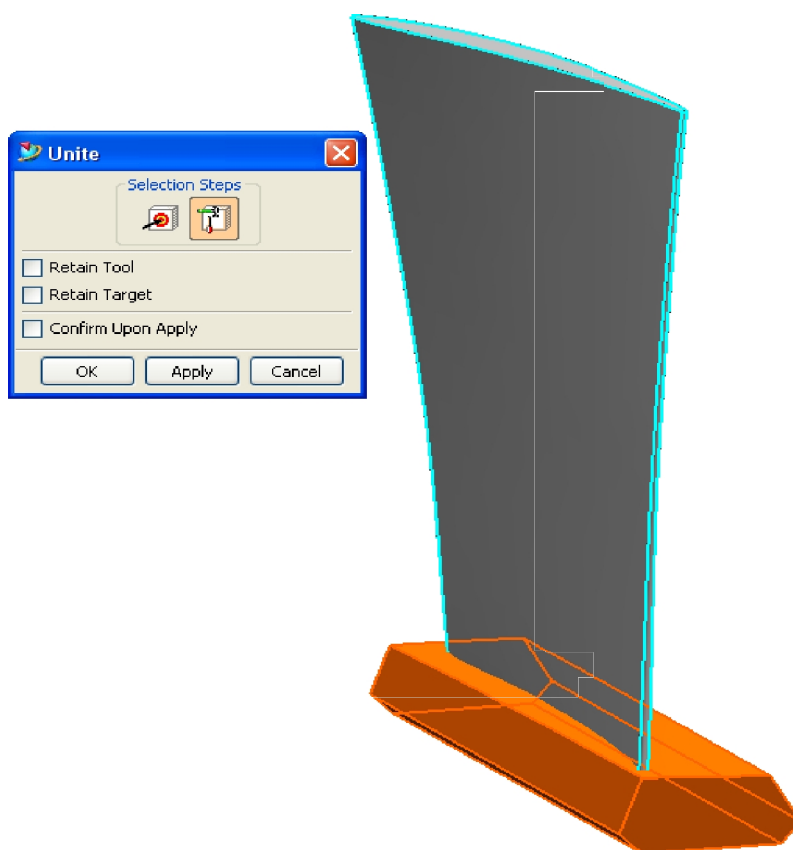


Рис. 25. Перо лопатки и замок

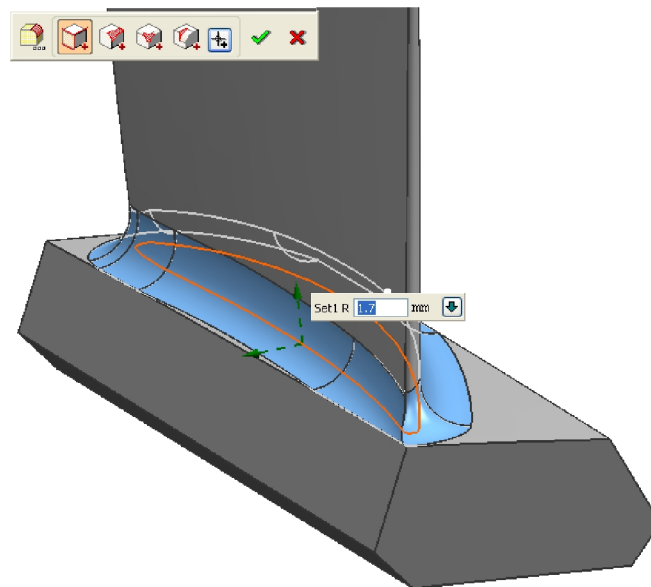


Рис. 26. Скругление по контуру сопряжения перо - замок

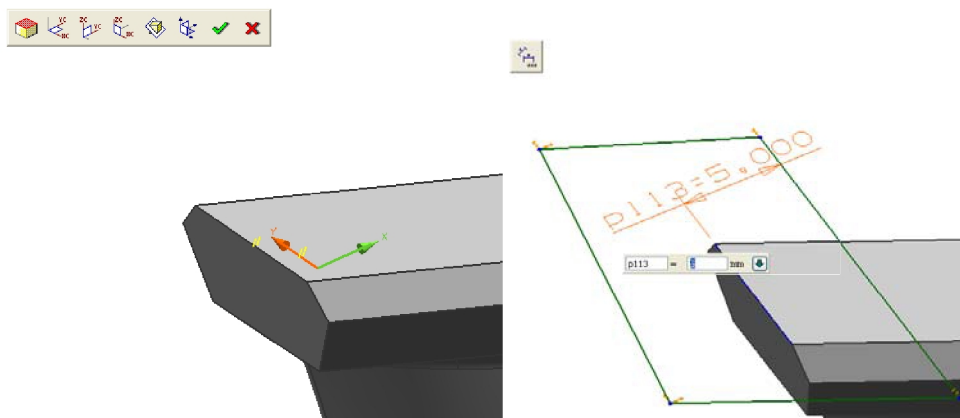


Рис. 27. Построение выборки на основании хвостовика

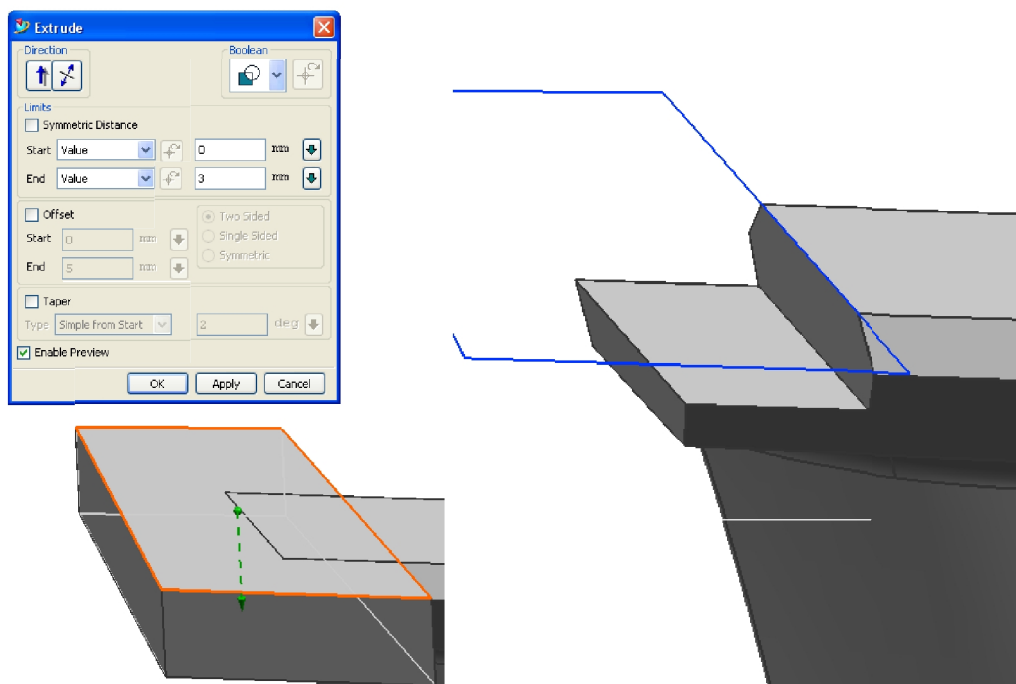


Рис. 28. Построение выборки на основании хвостовика

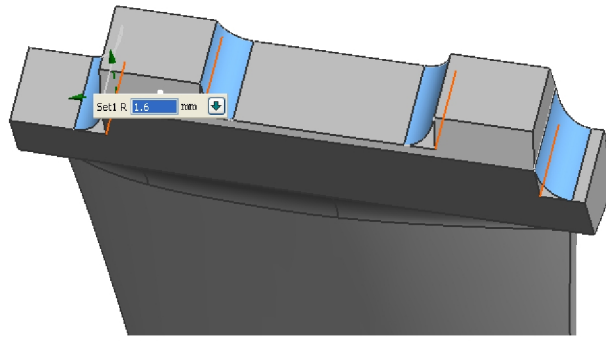


Рис. 29. Построение скругления в выборках

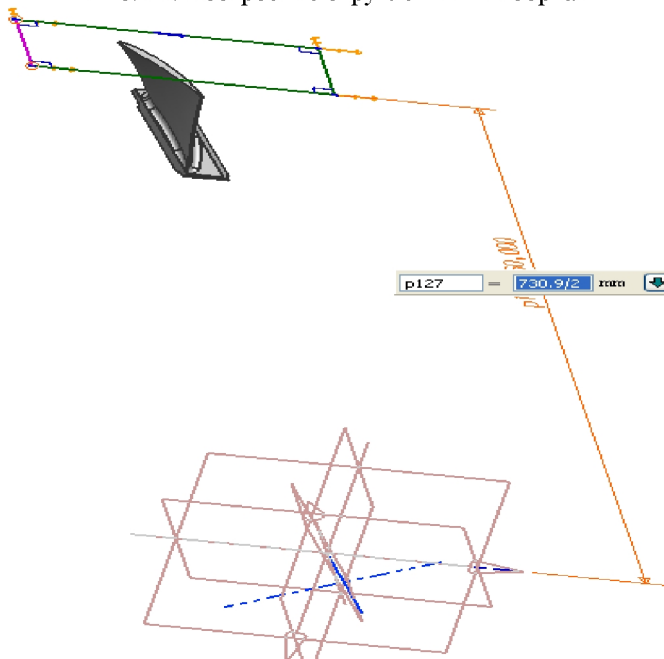


Рис. 30. Обрезка пера лопатки

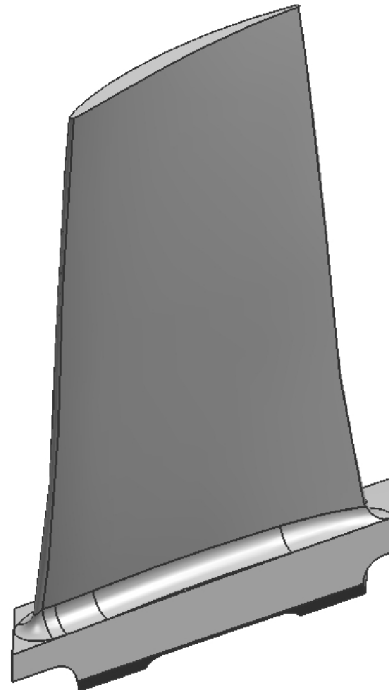


Рис. 31. Модель рабочей лопатки 3 ступени

2.2. Построение Диска 3 ступени компрессора высокого давления

Для построения диска компрессора воспользуемся образмеренным эскизом его меридионального сечения (Рис. 32):

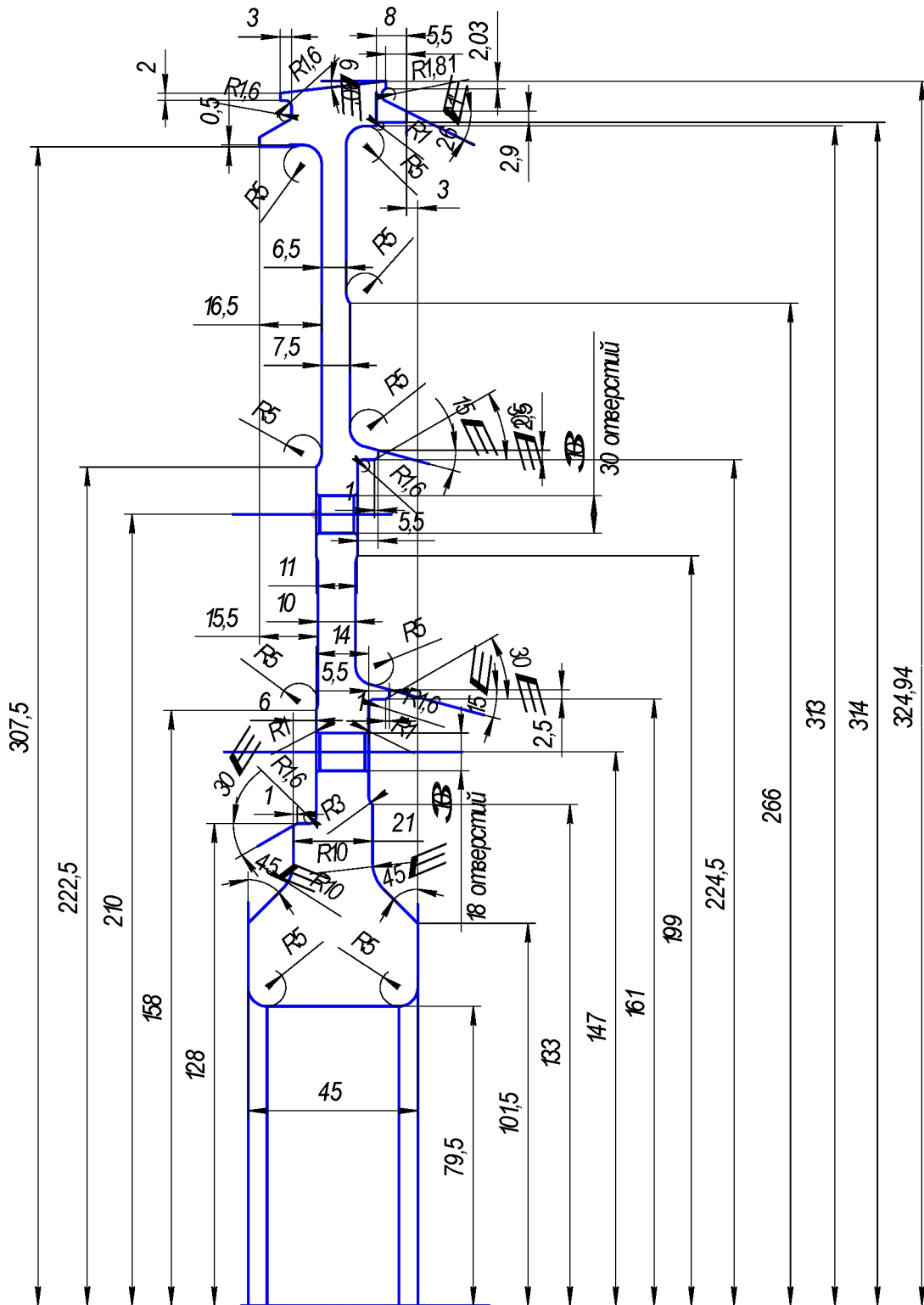


Рис. 32. Образмеренный эскиз меридионального сечения диска

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите **Unigraphics**.
2. Войдите в режим **Modeling: Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X–Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**.
4. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите вспомогательную плоскость и нажмите **OK**. Далее с помощью предлагаемого инструментария постройте черновое меридиональное сечение диска, как показано на Рис. 33.

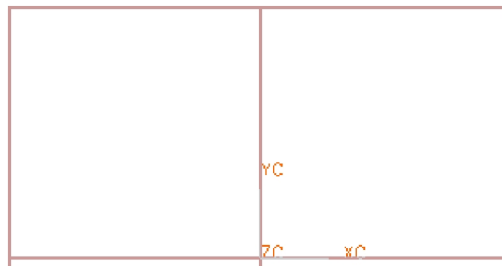
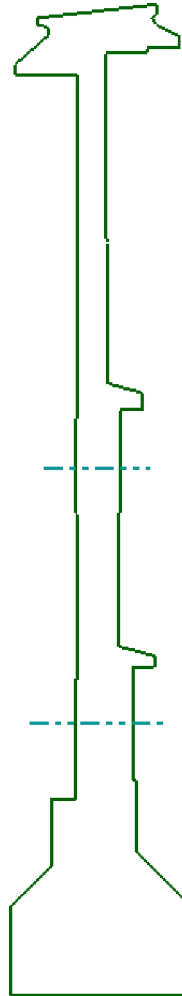


Рис. 33. Исходный (черновой или так называемый freehand) эскиз диска

5. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию меридионального сечения диска. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано на Рис. 34.

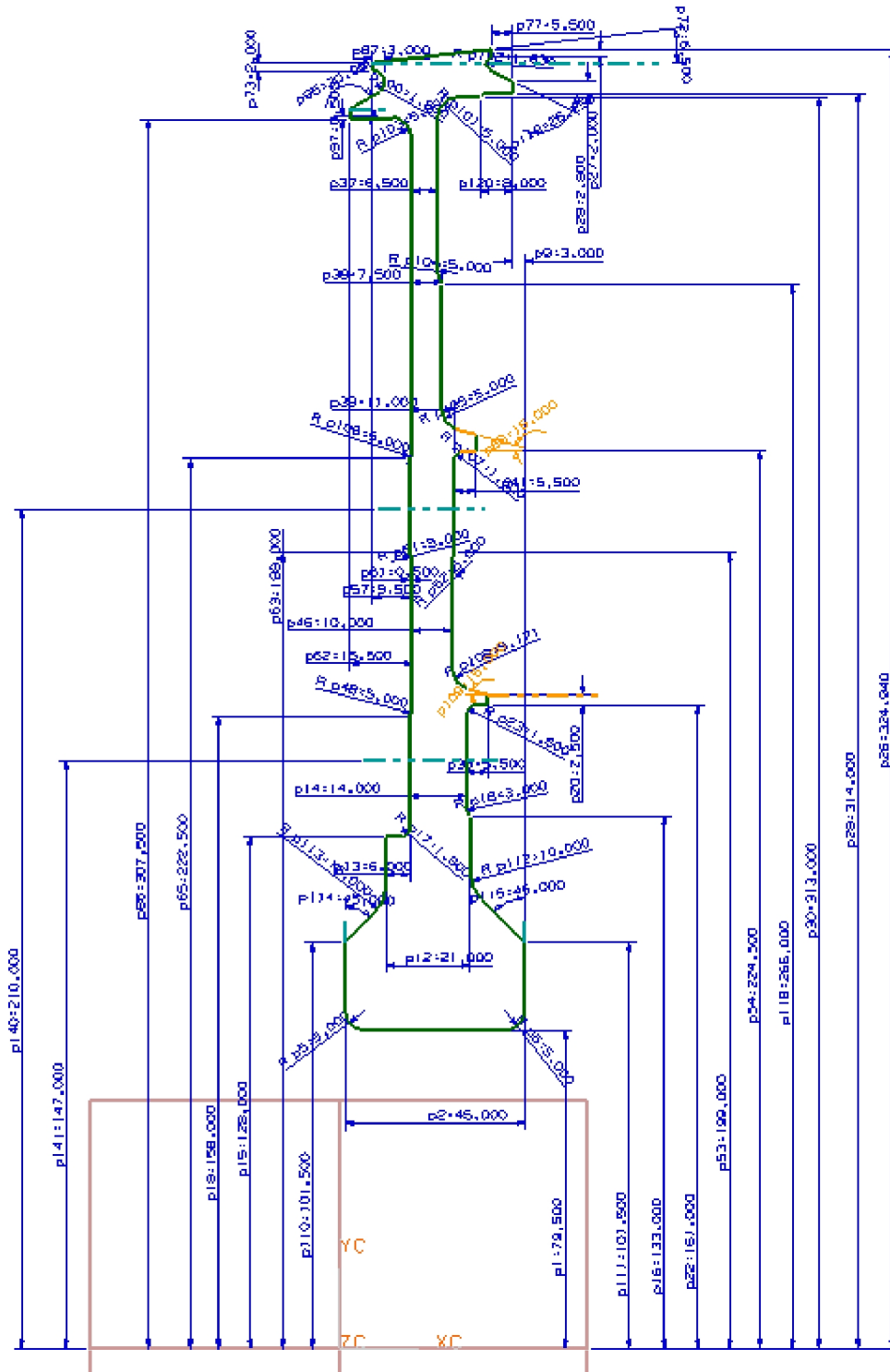


Рис. 34. Образмеренный эскиз меридионального сечения диска

6. Используя построенное сечение, создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите созданный эскиз и нажмите кнопку **OK**. Выберите метод построения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза – выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360 (Рис. 35). В результате должно получиться тело вращения (Рис. 36).

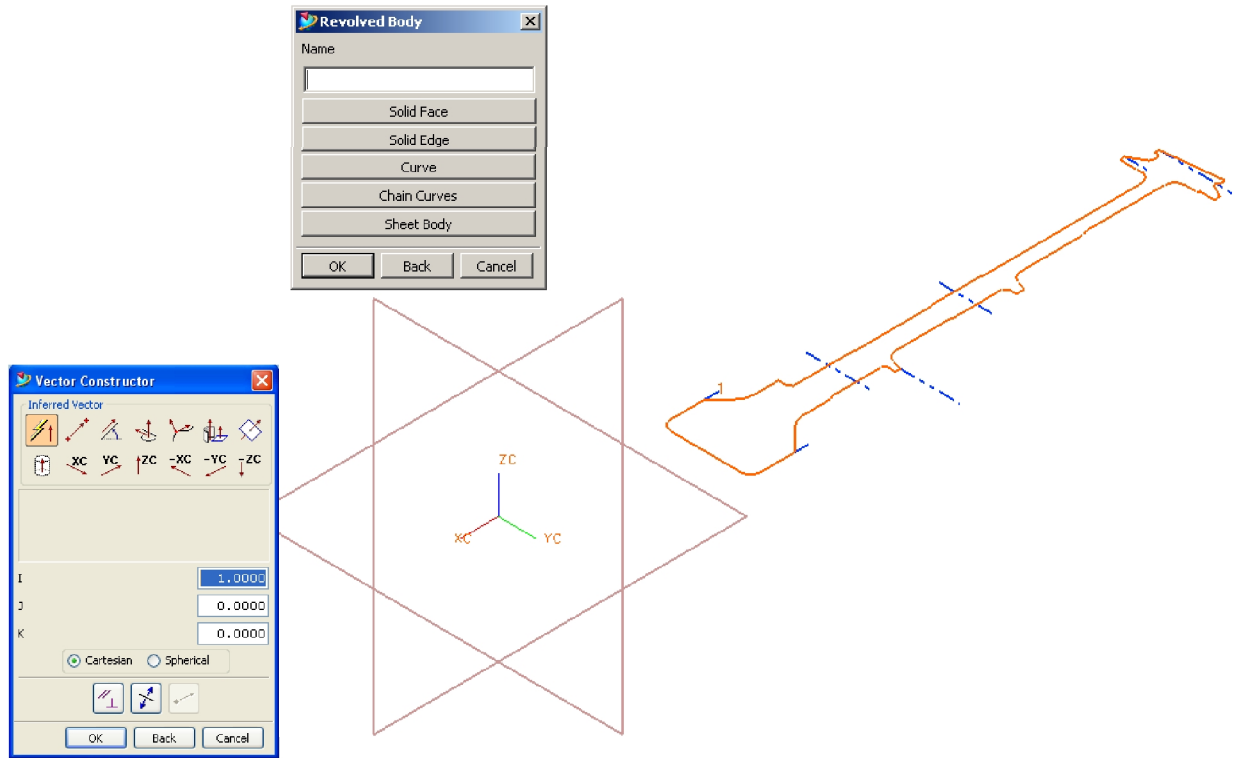


Рис. 35. Выбор параметров для построения тела вращения

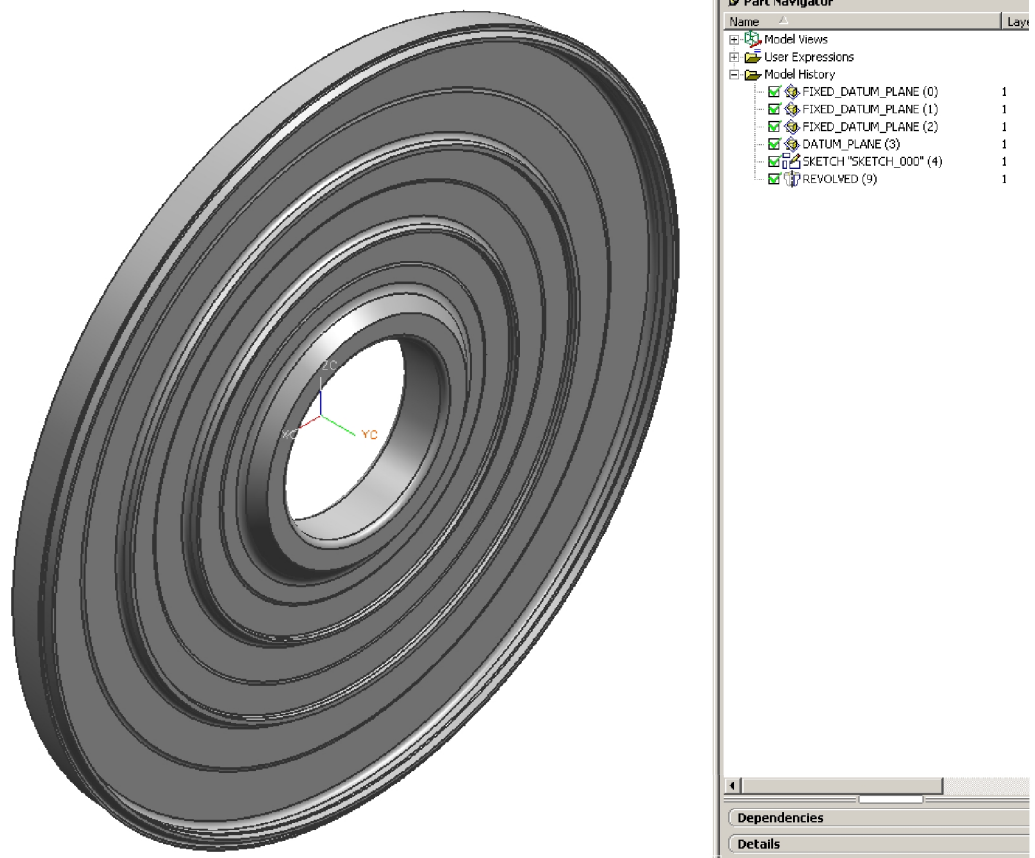


Рис. 36. Тело вращения

7. Создайте отверстие диаметром 10.1 мм в диске: **Insert** → **Design Feature** → **Hole...** Укажите базовую плоскую поверхность диска, на которой будет создано отверстие, задайте диаметр 10.1 мм и нажмите кнопку **OK**. В появившемся меню **Positioning** воспользуйтесь опцией **Perpendicular** и задайте размеры: от горизонтальной плоскости - **Datum Plane** или оси диска до центра отверстия 210 мм (что соответствует диаметру 420 мм центров отверстий) и 0 мм от вертикальной **Datum Plane** до центра отверстия, нажмите **OK**. В результате получим сквозное отверстие диаметром 10.1 мм (Рис. 37).

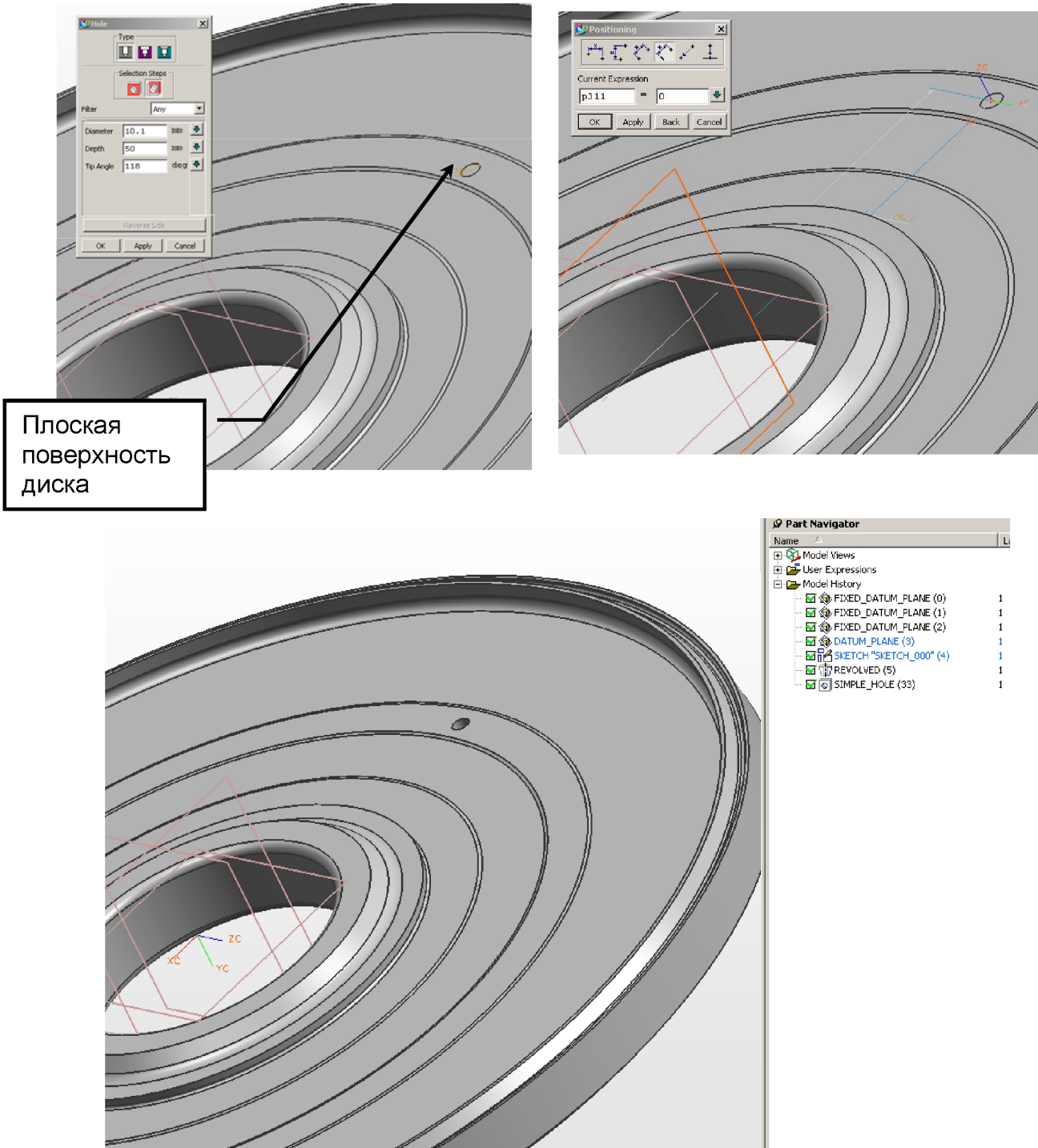


Рис. 37. Создание сквозного отверстия

8. Создайте массив из 30 отверстий диаметром 10.1 мм в диске: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Circular Array** → **SIMPLE_HOLE**, **OK**. Задайте количество отверстий – 30 и угловой шаг отверстий – 360/30 градусов. Выберите **Point_Direction** и **YC**, нажмите **OK, OK, OK**. Будет создан массив отверстий (Рис. 38).

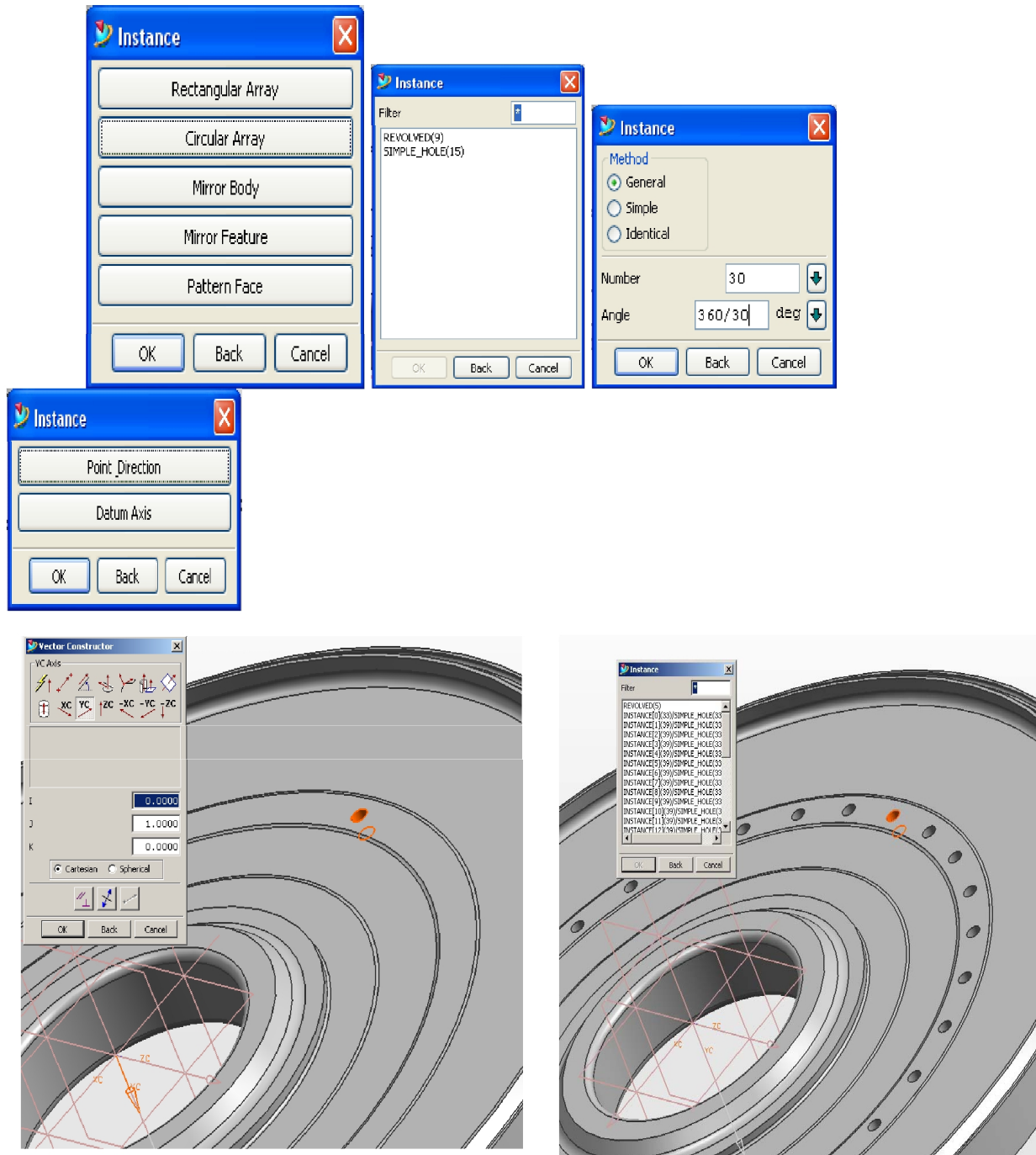


Рис. 38. Создание массива отверстий

Выполните скругление радиусом 1 мм на краях 30 отверстий диаметром 10.1 мм в диске: **Insert** → **Detail Feature** → **Edge blend...** Выберите исходное отверстие и активизируйте опцию **Blend All Instances**, для кромок отверстия задайте радиус 1 мм и нажмите **OK**. Скругление кромок отверстий будет выполнено на всех отверстиях массива Рис. 39.

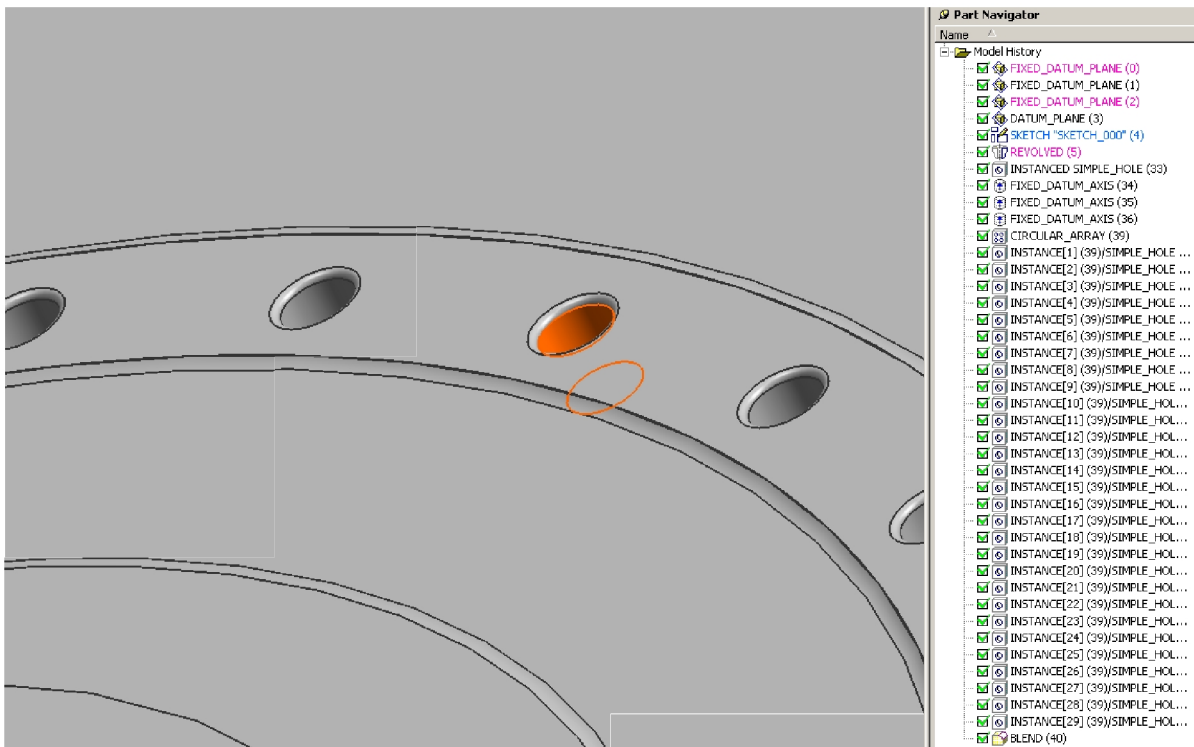
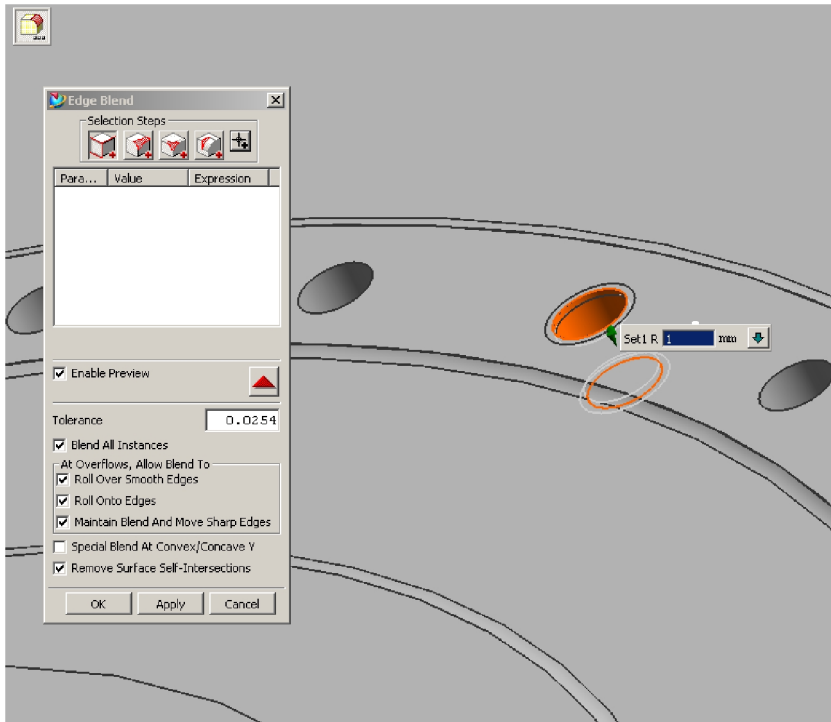


Рис. 39. Создание скругления отверстий

9. Выполните аналогичные действия (п.п. 8 и 9) и создайте 18 отверстий диаметром 10.1 мм, расположенных на диаметре 294 мм от центра диска. Модель должна выглядеть, как показано на Рис. 40.

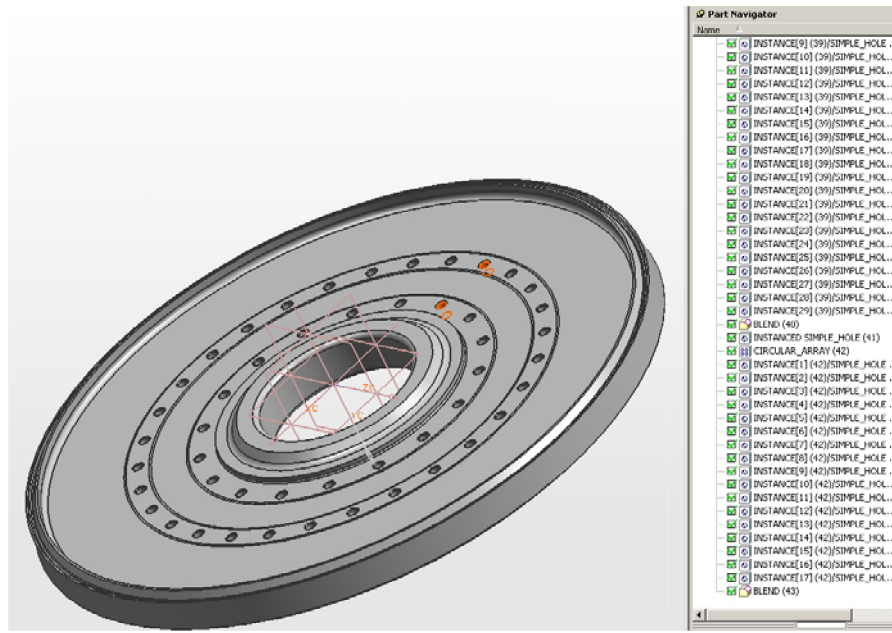


Рис. 40. Модель диска с отверстиями

10. Создайте паз хвостовика типа «ласточкин хвост» с геометрическими размерами, показанными на Рис. 41.

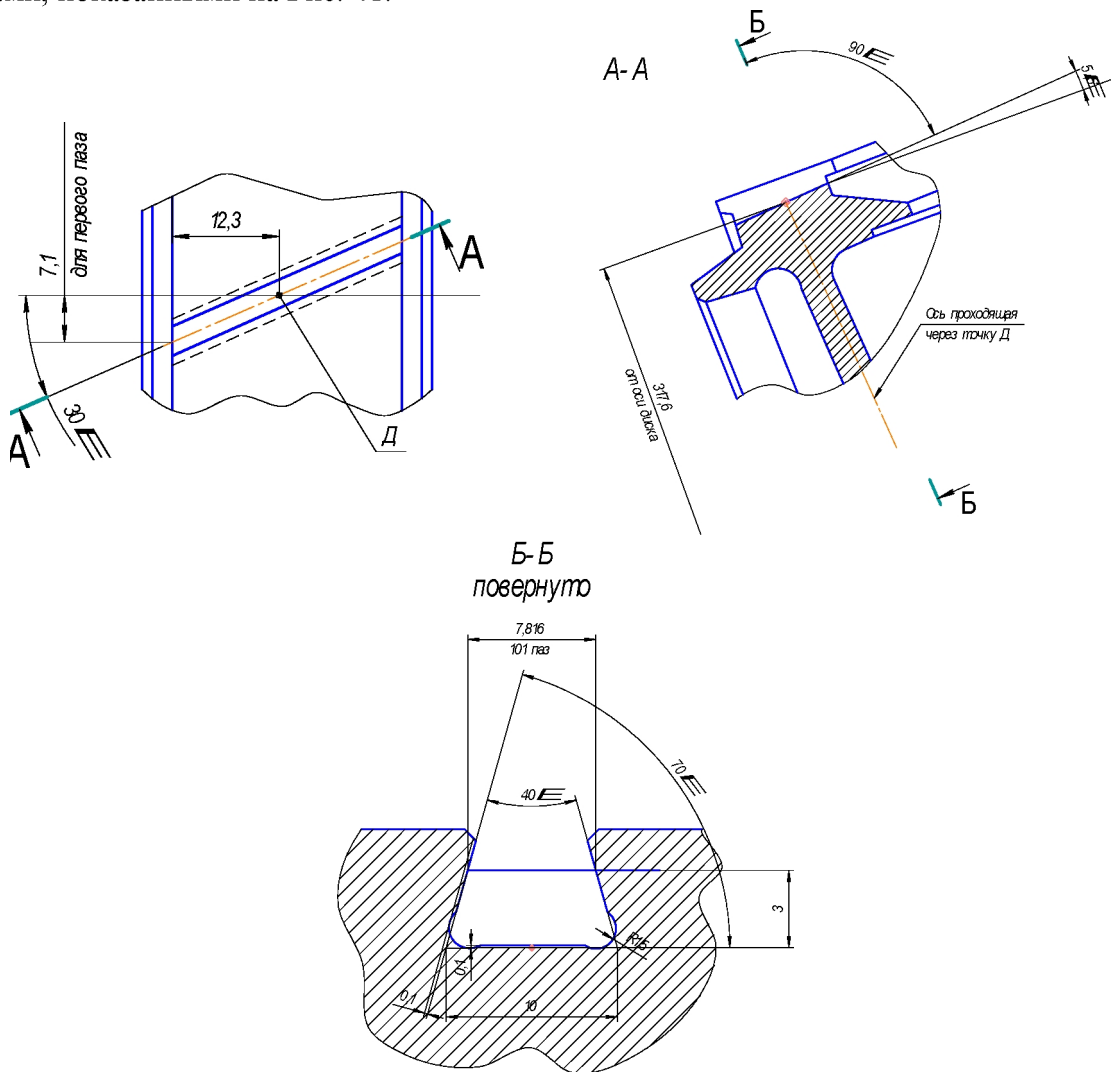


Рис. 41. Размеры, определяющие геометрию паза хвостовика типа «ласточкин хвост».

Для того, чтобы выполнить паз в модели диска, сделайте следующее:

- Создайте эскиз в базовой плоскости и спроецируйте кромку переднего торца обода на эту плоскость: **Insert** → **Project...** - Рис. 42;
- Постройте отрезок, проходящий под углом 30 градусов (проекция оси паза хвостовика на базовую плоскость), и проведите линию, перпендикулярную этому отрезку и задайте ее как **Reference** - Рис. 43;
- Задайте вспомогательную базовую плоскость, проходящую через проекцию оси паза хвостовика, перпендикулярную к этой проекции и с началом в точке пересечения отрезка с проекцией кромки переднего торца обода диска - Рис. 44;
- Создайте в новой базовой плоскости эскиз и выполните построения, в результате которых получится отрезок, параллельный пазу хвостовика и проходящий через точку Д. Задайте вспомогательную базовую плоскость, перпендикулярную построенной кривой, и постройте на ней эскиз поперечного сечения хвостовика - Рис. 45;

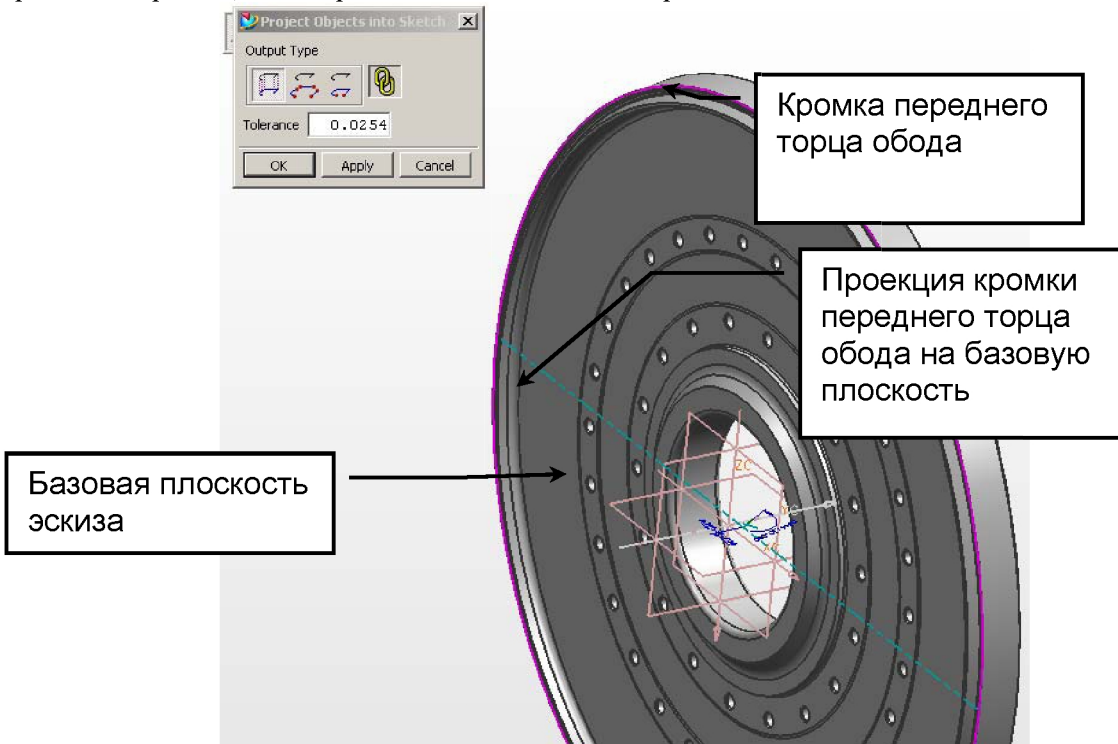


Рис. 42. Базовая плоскость эскиза и проекция передней кромки торца

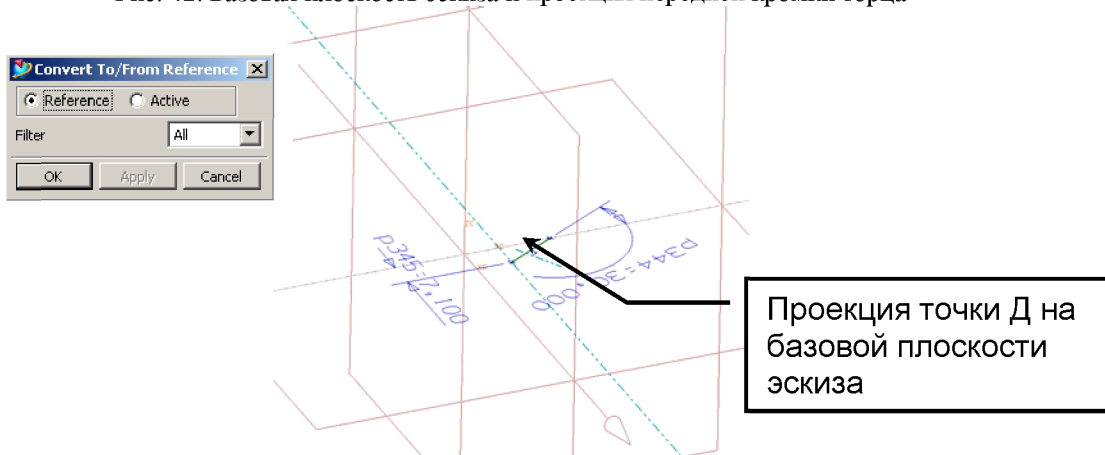


Рис. 43. Проекция оси паза хвостовика на базовую плоскость

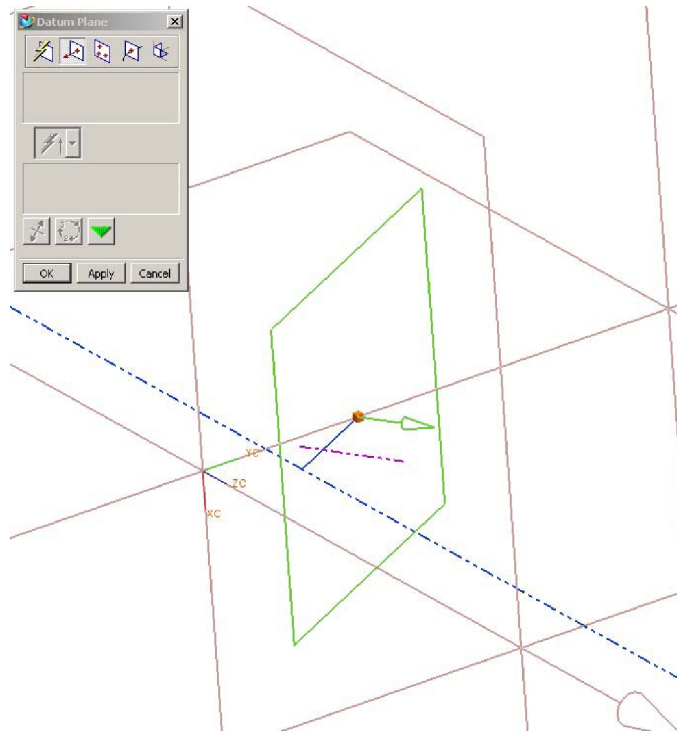


Рис. 44. Вспомогательная базовая плоскость

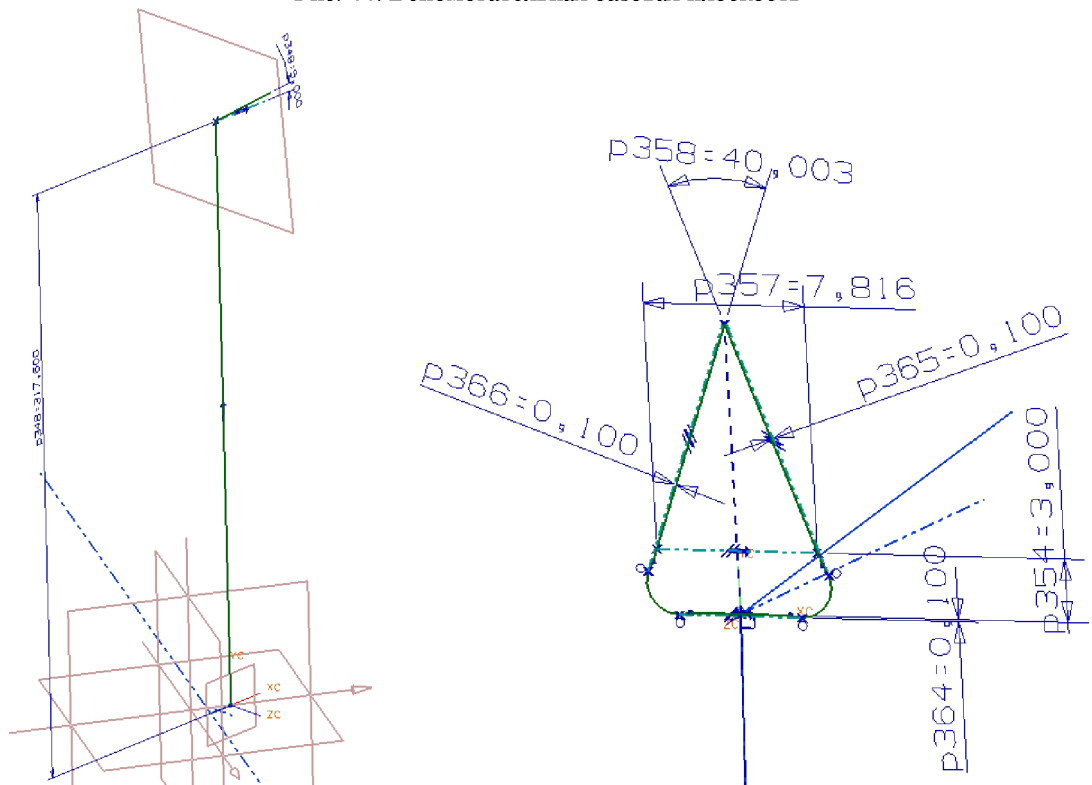




Рис. 45. Вспомогательные построения паза хвостовика

• Создайте с помощью эскиза поперечного сечения паза хвостовика паз в диске. Для этого протянем полученное сечение вдоль оси замка: выделить соответствующий эскиз в **Part Navigator** и выбрать **Insert** → **Design Feature** → **Extrude**, вызвать **Extrude Dialog** - , задать **Symmetric Distance** и **Through All** как начало и конец протягивания, выбрать в **Boolean** опцию **subtract** - , указать на диск, как на **target body**. В результате получим паз замка (Рис. 46).

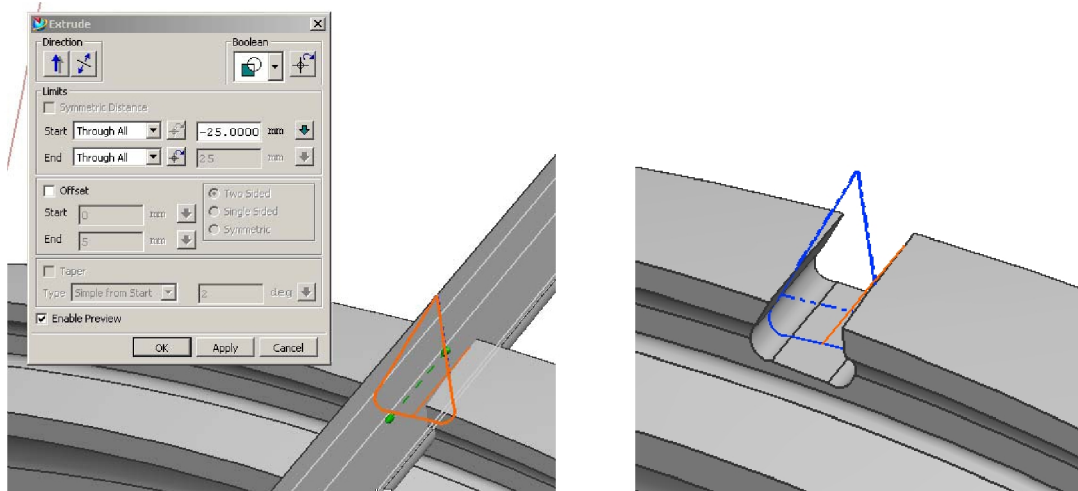


Рис. 46. Построение паза замка

- Создайте остальные (101) замковые пазы. Для этого воспользуйтесь функцией создания массивов (**Insert** → **Associative Copy** → **Instance...**). Выберите опцию **Circular Array** и укажите паз замка. Задайте число пазов и угол ($360/101$). Выберите Datum Axis и создайте массив (Рис. 47).

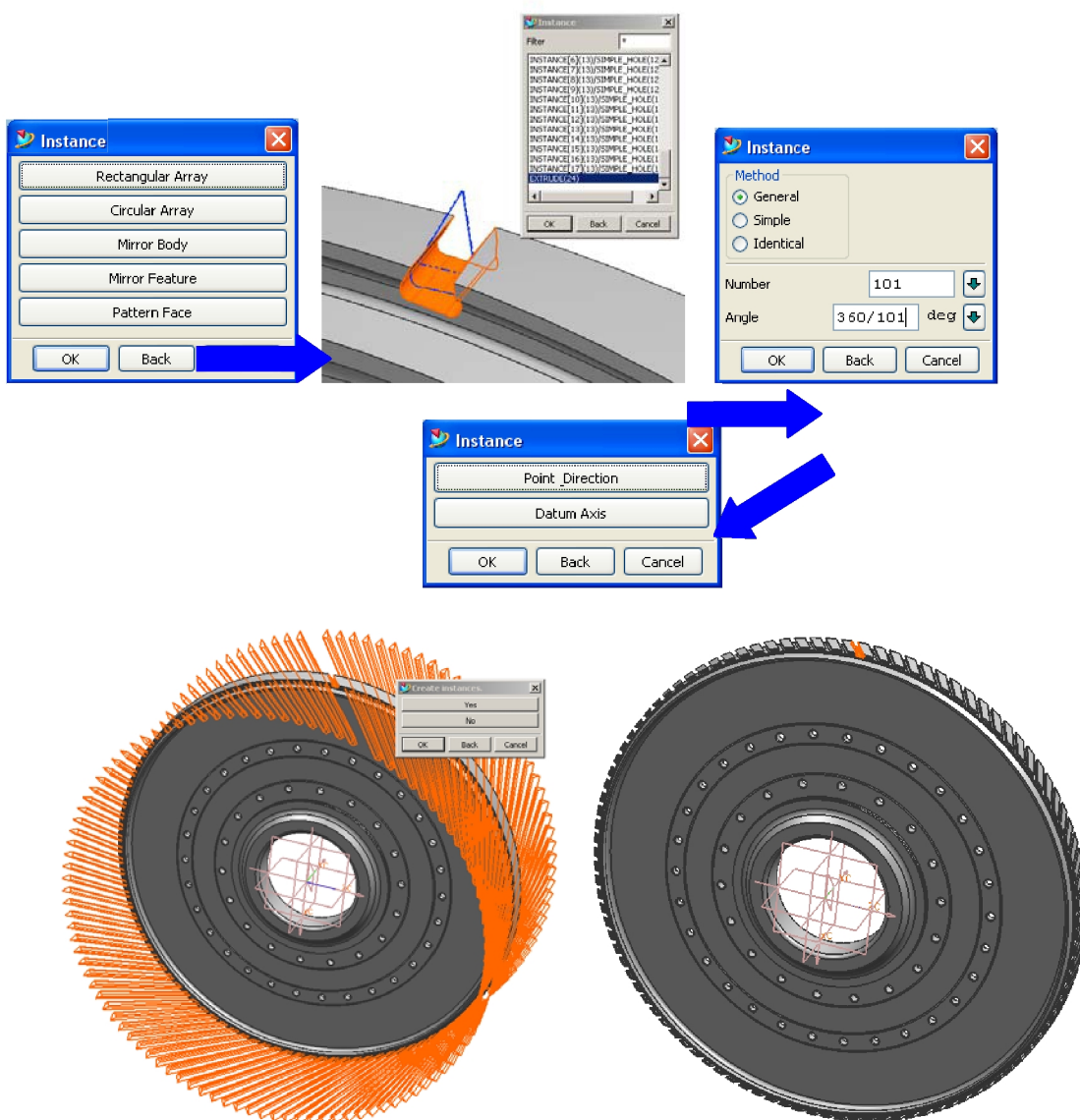


Рис. 47. Построение пазов в диске

- Создайте фаски в соответствии с требованиями чертежа (Рис. 34). Для этого выберите из меню: **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите режим построения фаски **Single Offset**, задайте размер фаски (0.6 мм) и нажмите **OK**. Результат представлен на Рис. 48. Аналогично выполним фаску с другой стороны. Создайте несимметричные фаски $1 \times 30^\circ$ на краях центрирующих поясков диска: выберите из меню **Offset Angle**, выберите требуемое ребро в графической области, задайте **Offset** - 1 мм и **Angle** - 30° . Проконтролируйте правильность построения фаски. Если необходимо исправить построение, воспользуйтесь кнопкой **Flip Last Chamfer**. Аналогично создадим фаску для второго центрирующего пояска (Рис. 49).

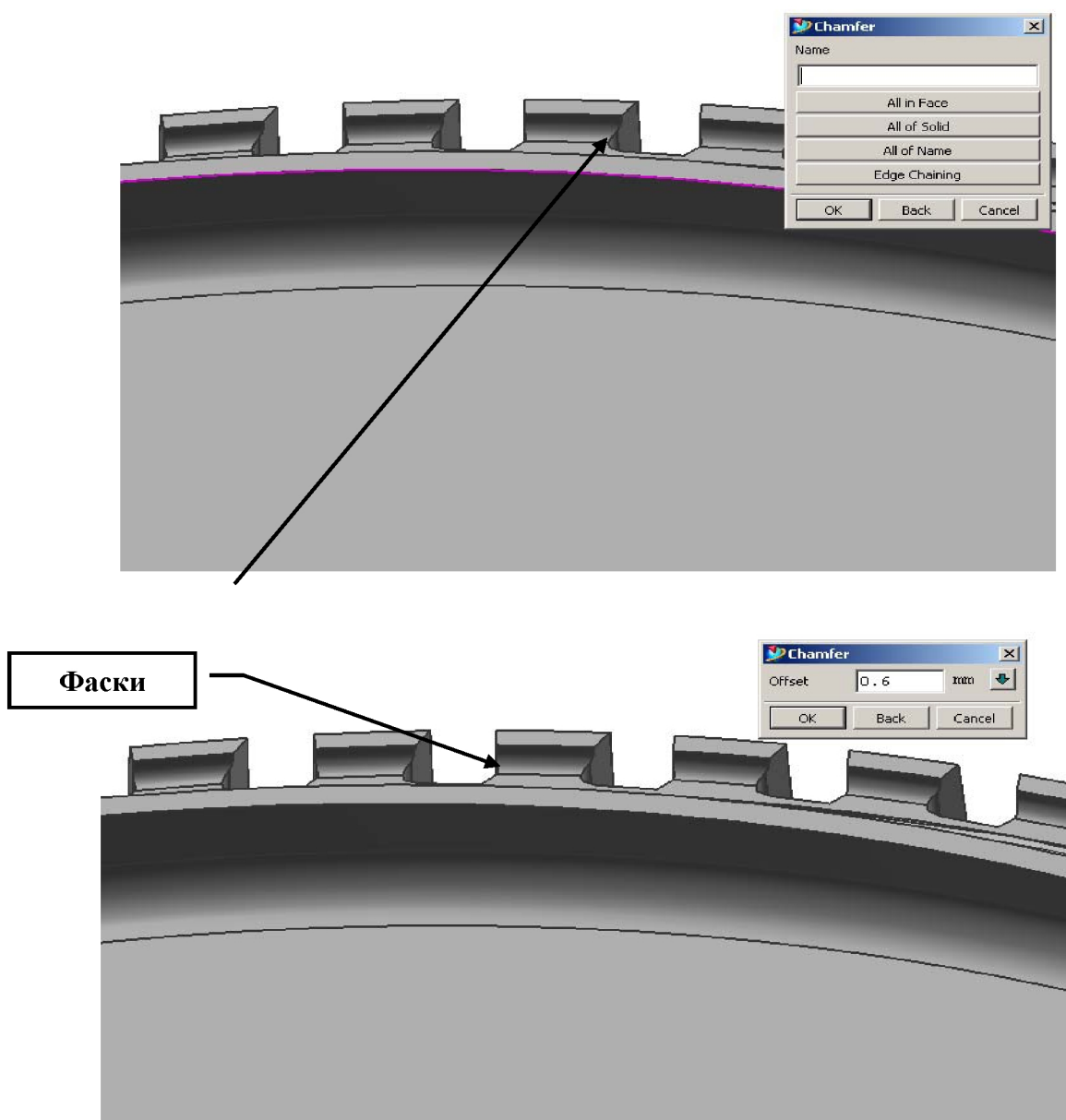


Рис. 48. Фаска 0.6x45 на ободе диска

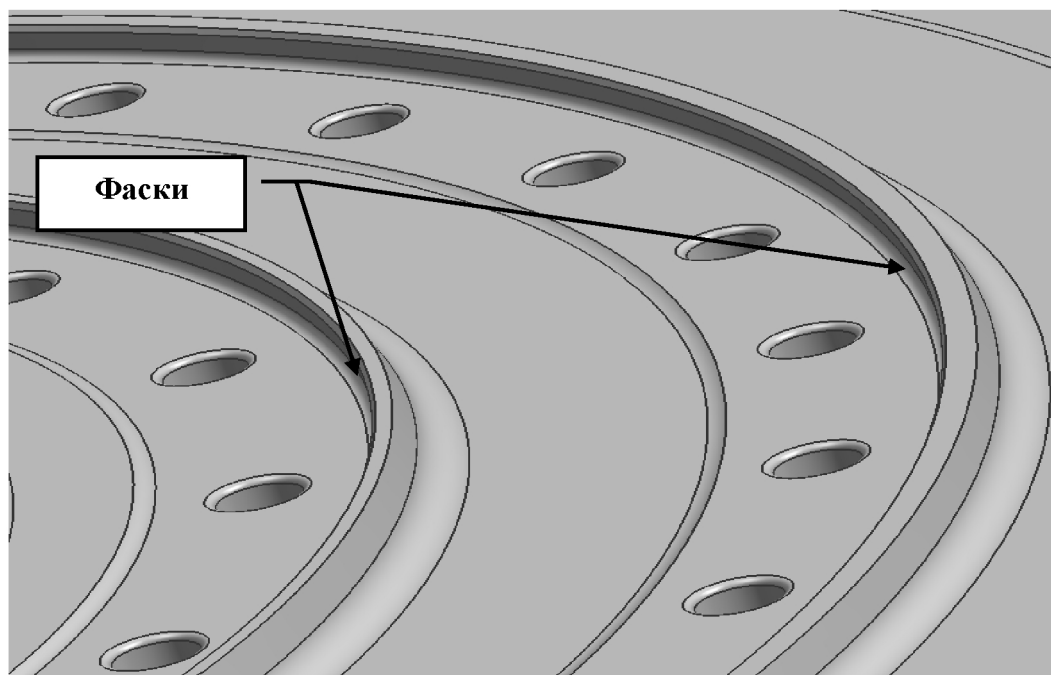
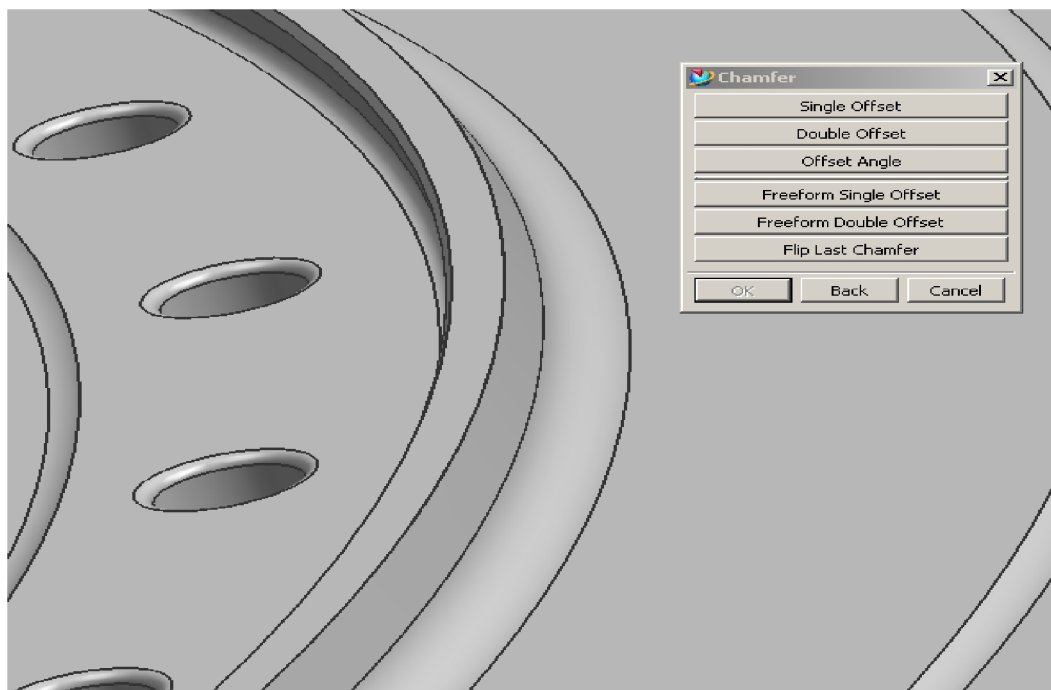


Рис. 49. Фаска 1x30 на центрирующих поясах

2.3. Промежуточное кольцо

2.3.1. Промежуточное кольцо 2

Для построения промежуточного кольца компрессора воспользуемся образмерным эскизом меридионального сечения детали (Рис. 70):

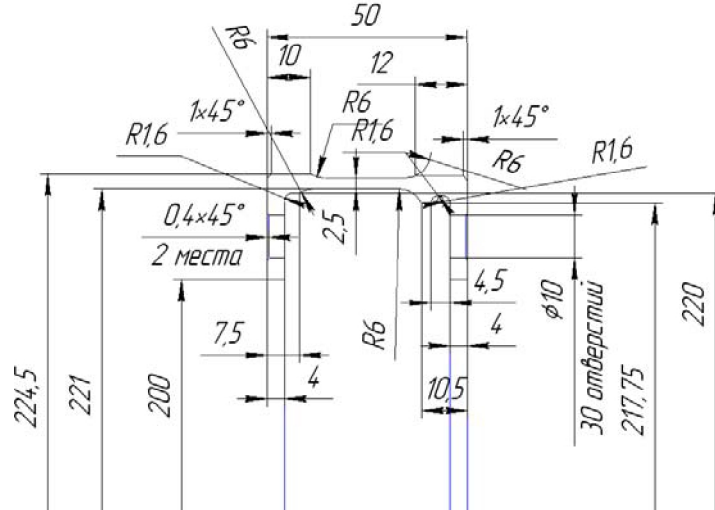


Рис. 50. Образмерный эскиз промежуточного кольца

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим **Modeling: Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X-Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**.
4. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите плоскость X-Y для создания эскиза и нажмите **OK**. Далее постройте приблизительное меридиональное сечение детали, как показано на Рис. 51.

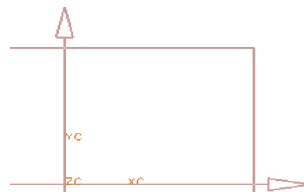
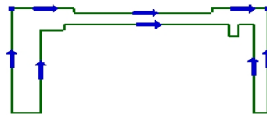


Рис. 51. Исходный эскиз промежуточного кольца

5. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию меридионального сечения промежуточного кольца. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано ниже (Рис. 52).

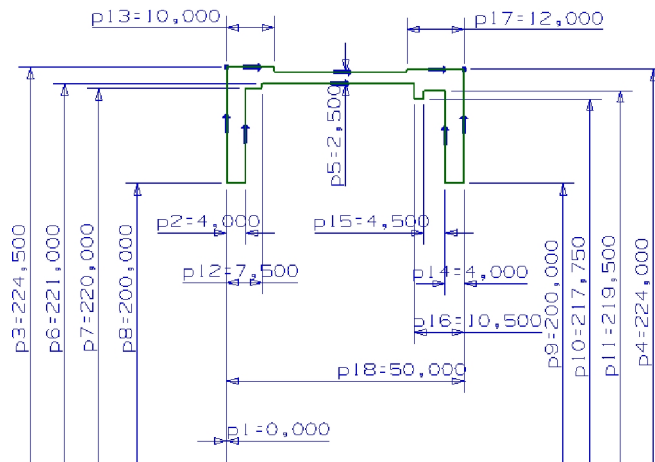


Рис. 52. Образмеренный эскиз промежуточного кольца

6. Используя полученное сечение, создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите в Графической области созданный эскиз (цвет контура эскиза измениться), нажмите **ОК**. Выберите метод получения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза, выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360. Нажмите **ОК** (Рис. 53).

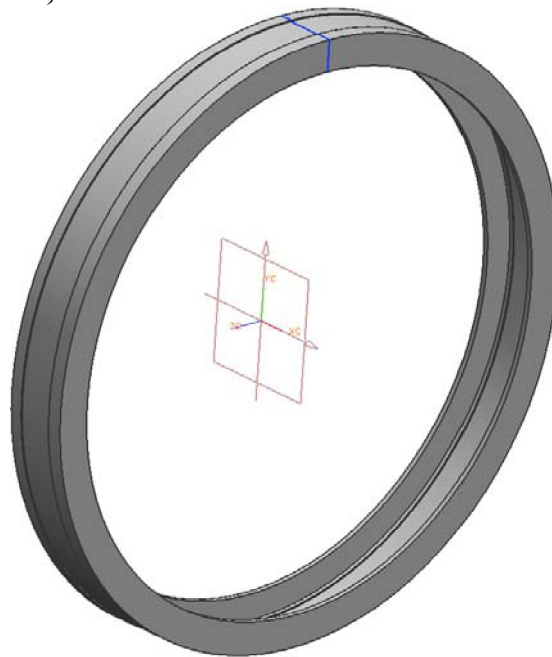


Рис. 53. Тело вращения промежуточного кольца

7. Создайте 30 отверстий диаметром 10 мм во фланцах кольца: **Insert** → **Design Feature** → **Hole...** Укажите торцевую плоскость фланца, на которой будет создано отверстие, задайте диаметр 10 мм и нажмите кнопку **ОК**. В появившемся меню **Positioning** воспользуйтесь опцией **Perpendicular** для позиционирования отверстия в базовой плоскости: задайте размер от оси детали (**Datum Axis**) до центра отверстия 210 мм (что соответствует диаметру 420 мм центров отверстий) и 0 мм от вертикальной плоскости до центра отверстия, нажмите **ОК**. В результате получим сквозное отверстие диаметром 10 мм (Рис. 54). Создайте массив отверстий: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Circular Array** → **SIMPLE_HOLE**, **ОК**. Задайте количество отверстий – 30 и угловой шаг отверстий – 360/30 градусов. Выберите **Point_Direction** и **XC**, нажмите **ОК, ОК**. Будет создан массив отверстий (Рис. 55).

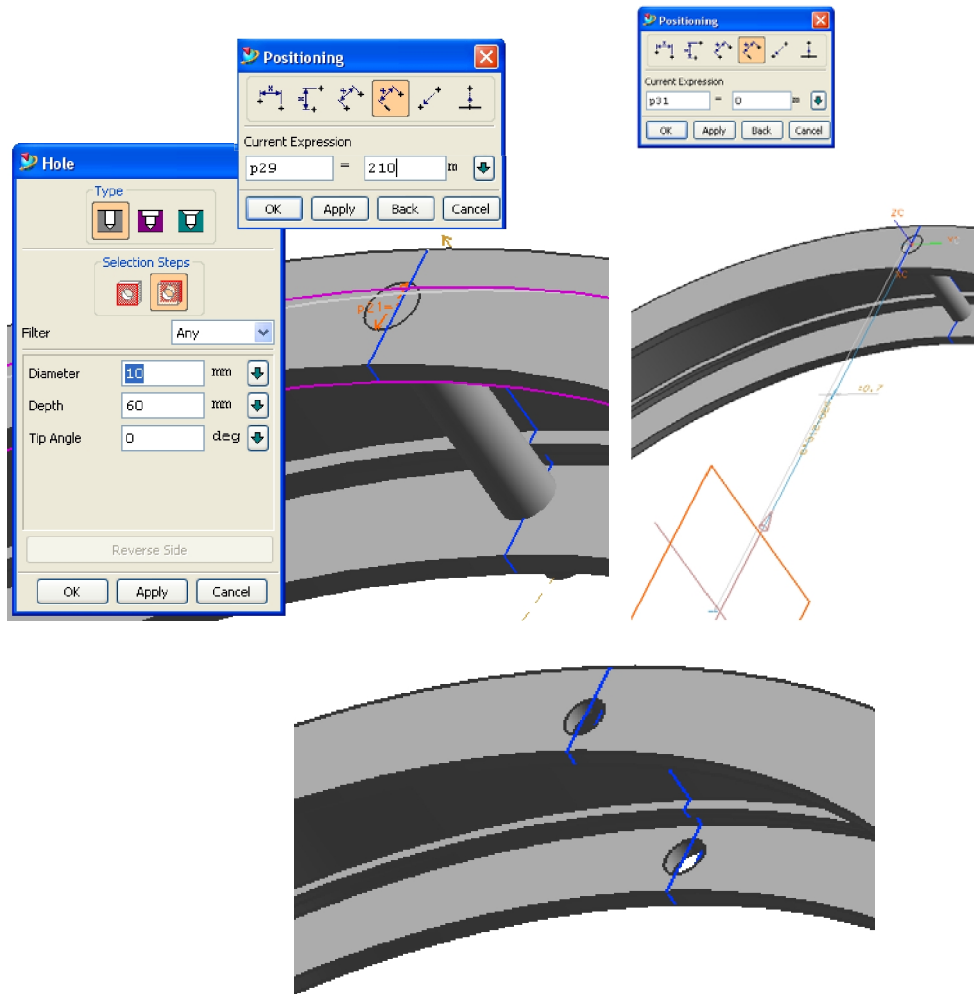


Рис. 54. Создание отверстия во фланцах

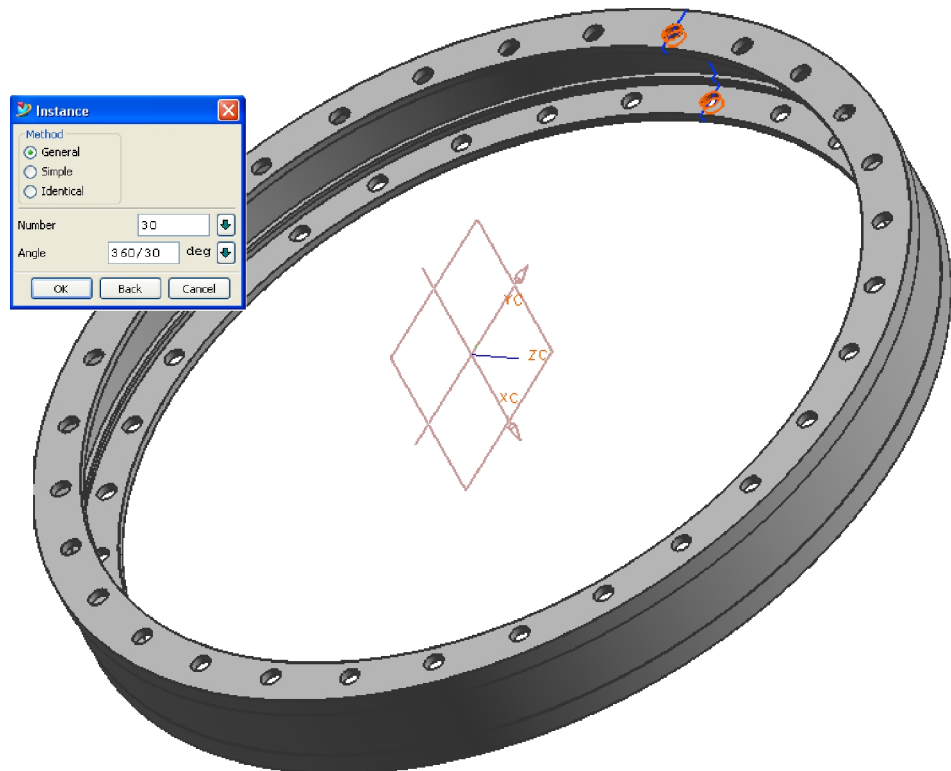


Рис. 55. Создание массива отверстий

8. Создайте фаску 0.4x45 по краю отверстий (с внешней стороны фланцев). Для этого выберите из меню **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите опцию **Single Angle**, выберите ребра на краях отверстий, нажмите **OK**, задайте **Offset** 0.4 мм, **OK**, нажмите кнопку **Chamfer all instances**, фаски будут созданы на всех кромках отверстий (Рис. 56). Аналогично создайте фаски 1x45 на краях кольца с наружного диаметра (Рис. 57).

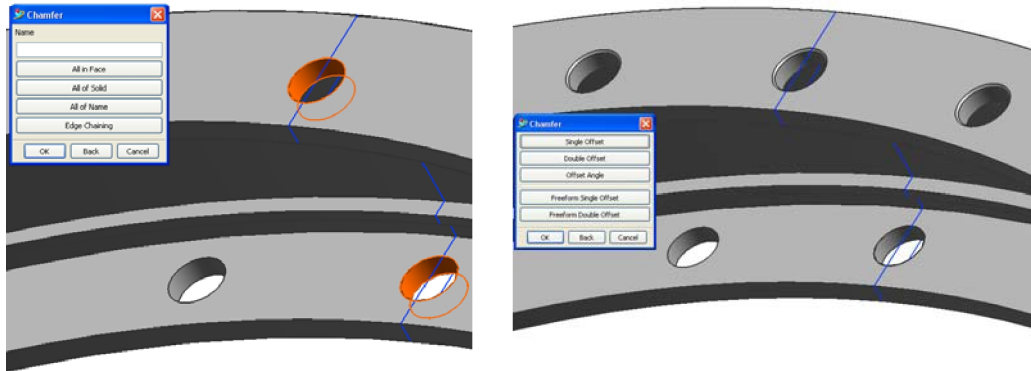


Рис. 56. Создание фаски на краях отверстий

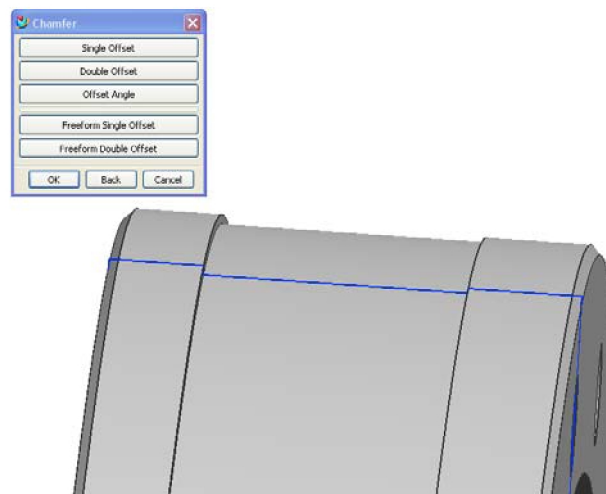


Рис. 57. Создание фаски на краях кольца

9. Создайте скругление 6 мм, заданное на чертеже (Рис. 50): **Insert** → **Detail Feature** → **Edge blend...** Выберите кромки в выборке на наружном диаметра кольца, задайте радиус 6 мм, нажмите **OK** (Рис. 58).

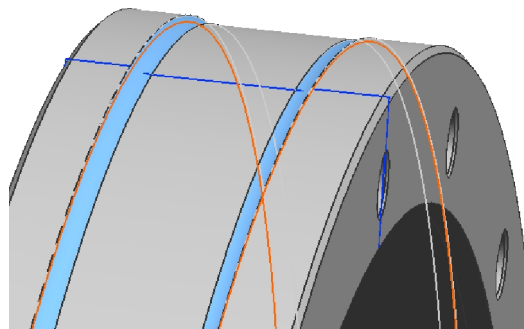


Рис. 58. Создание скругления

10. Создайте скругления 1.6 и 6 мм на внутренней поверхности кольца в соответствии с требованием чертежа (Рис. 50): **Insert** → **Detail Feature** → **Edge blend...** Выберите кромки во внутренней выборке кольца, задайте радиус 6 мм, нажмите **OK** (Рис. 59). Аналогично выполните скругление радиусом 1.6 мм (Рис. 60). Окончательная модель промежуточного кольца показана на Рис. 61.

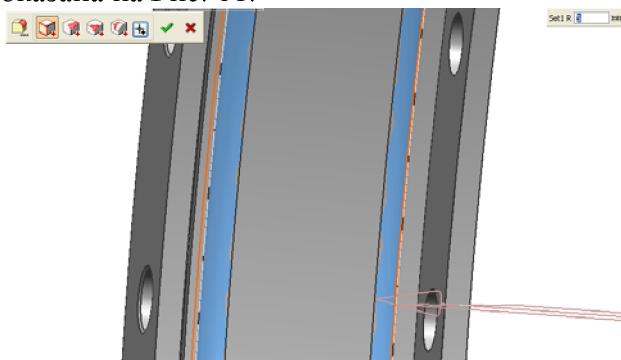


Рис. 59. Создание скругления

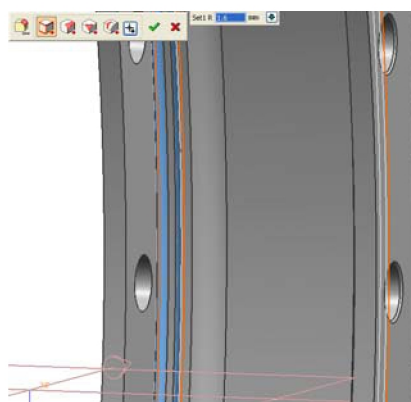


Рис. 60. Создание скругления

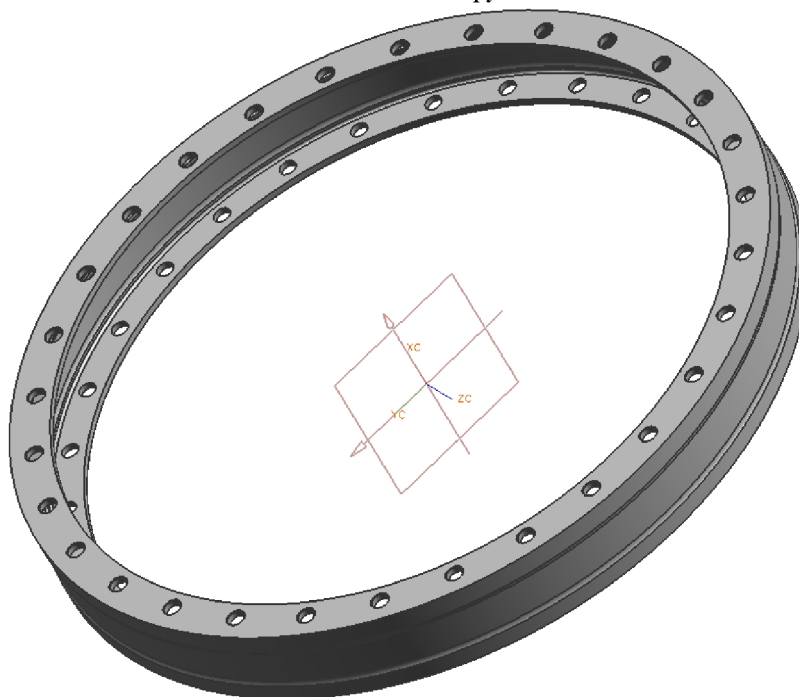


Рис. 61. Модель промежуточного кольца

2.3.2. Промежуточное кольцо 3

Для построения промежуточного кольца компрессора воспользуемся образмерным эскизом промежуточного кольца (Рис. 62):

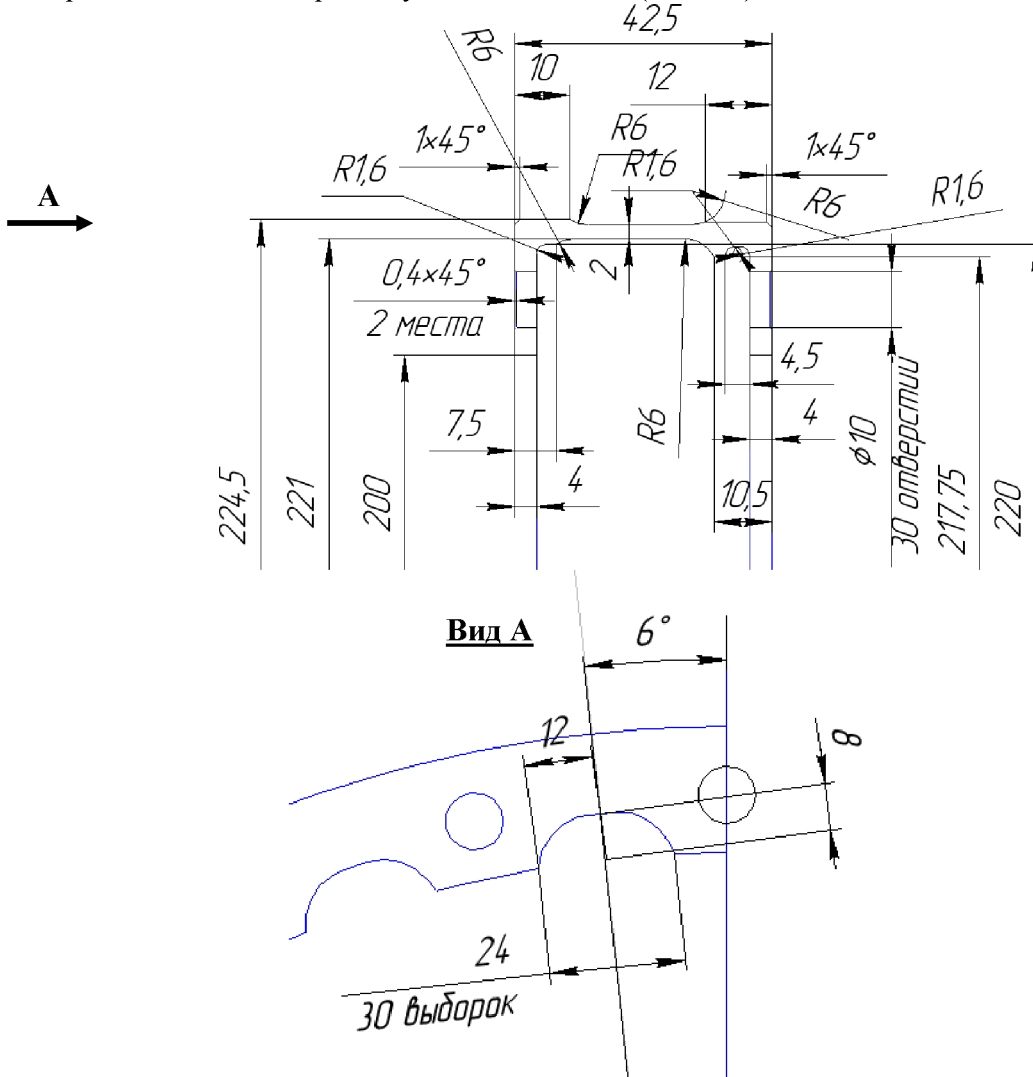


Рис. 62. Образмерный эскиз промежуточного кольца

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим **Modeling: Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X-Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**.
4. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите плоскость X-Y для создания эскиза и нажмите **ОК**. Далее постройте приблизительное меридиональное сечение детали, как показано на Рис. 63.

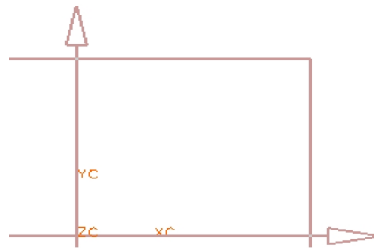
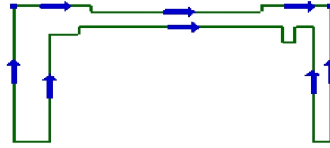


Рис. 63 Исходный эскиз промежуточного кольца

5. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию меридионального сечения промежуточного кольца. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано ниже (Рис. 64).

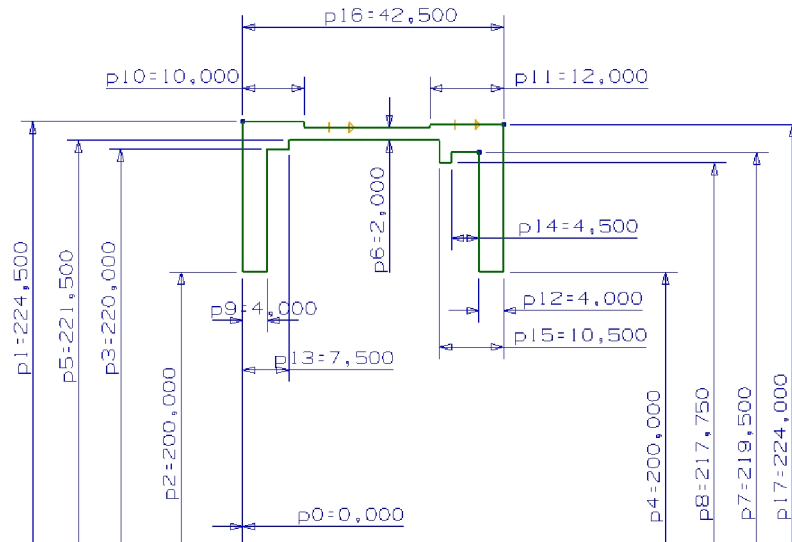


Рис. 64. Образмеренный эскиз промежуточного кольца

6. Следует отметить, что данный вариант промежуточного кольца имеет незначительные отличия от варианта построенного выше и все построения для заданных размеров выполните аналогичным способ. Единственное существенное отличие – это наличие 30 выборок на фланцах. Для построения выборок создайте вспомогательную плоскость **Datum Plane** и **Datum Axis** в плоскости **YC-ZC** (плоскость переднего фланца кольца), как показано на Рис. 65. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите вспомогательную плоскость и нажмите **ОК**. Далее постройте сечение выборки, расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию сечения. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано ниже (Рис. 66).

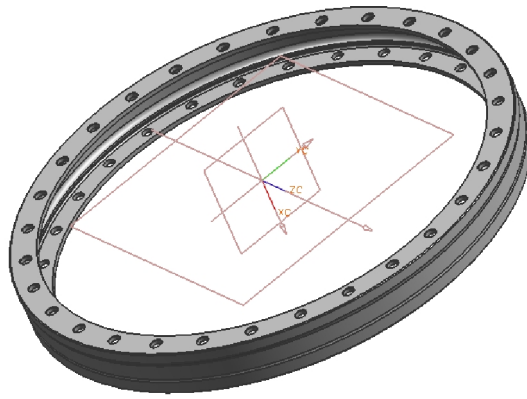


Рис. 65. Создание вспомогательной плоскости и оси

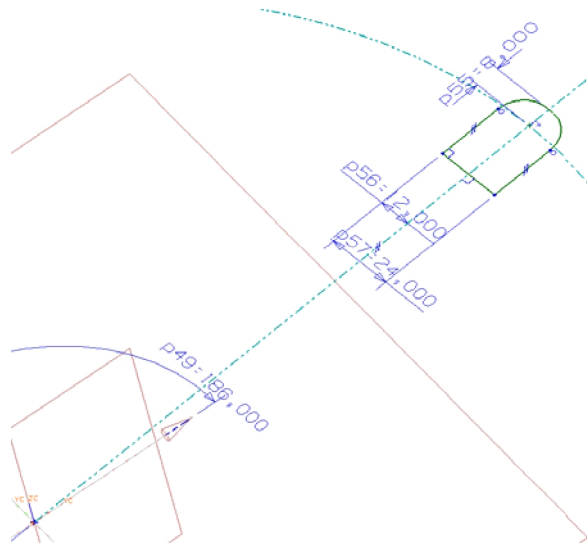


Рис. 66. Эскиз поперечного сечения выборки

7. Создайте выборку в кольце: **Insert** → **Design Feature** → **Extrude...** Выберите в графической области эскиз, задайте в окне **Extrude** параметры: **Through All** и **Subtract** для **Boolean**, нажмите **OK** (Рис. 67). Создайте массив выборок: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Circular Array** → **Extrude**, **OK** (Рис. 67). Задайте число выборок 30 и угловой шаг $-360/30$, нажмите **OK**. Задайте ось вращения, **OK**. Окончательная модель проставки показана на Рис. 68.

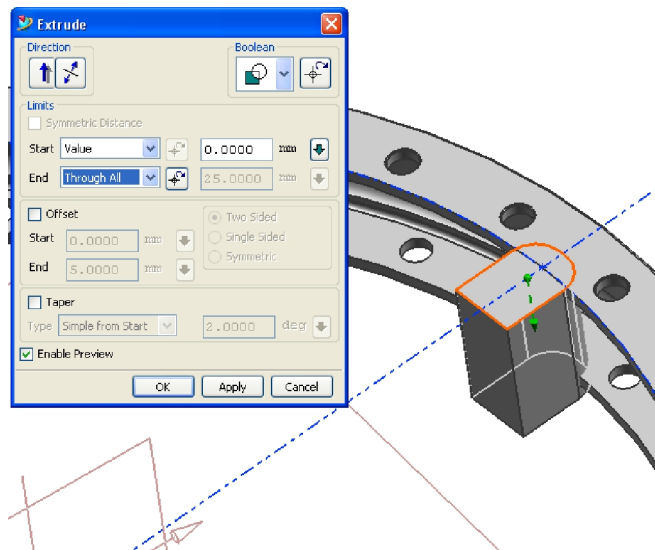


Рис. 67. Создание выборки

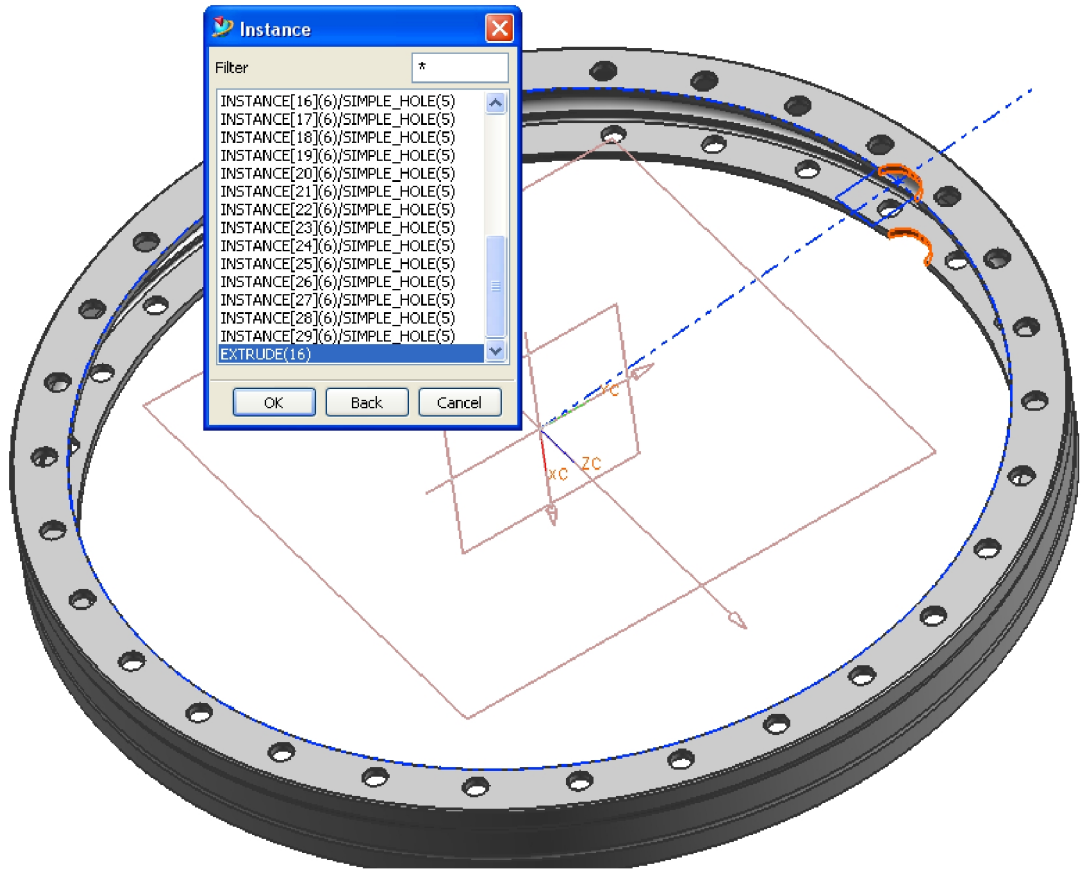


Рис. 68. Создание массива выборок

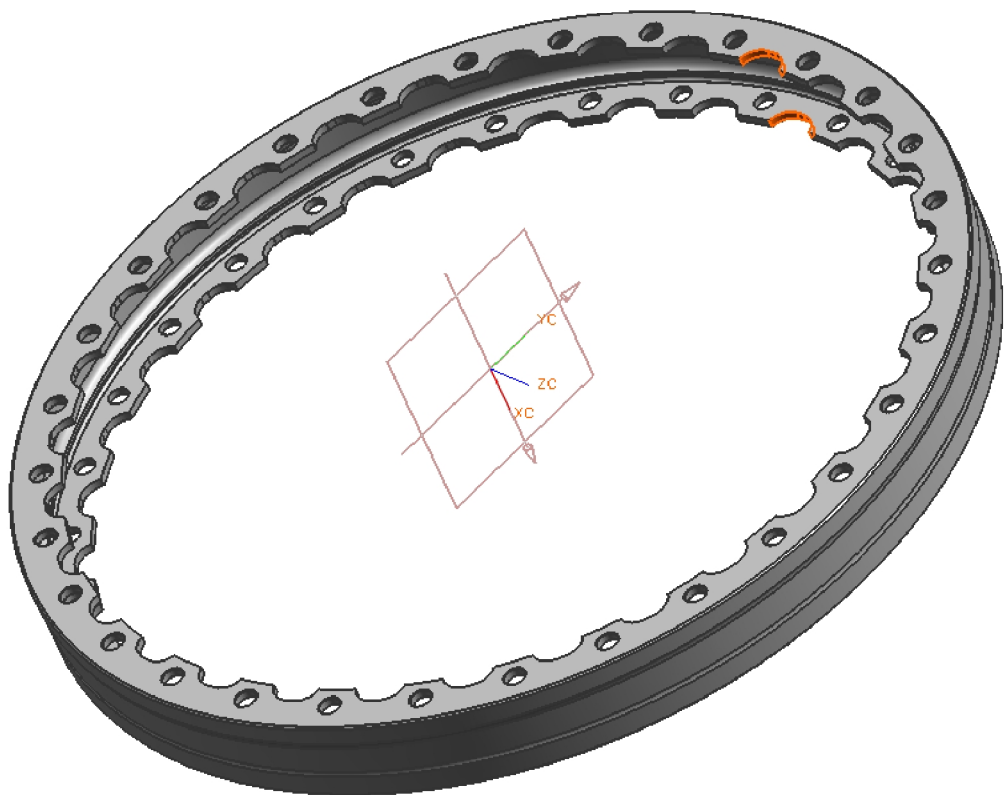


Рис. 69. Модель кольцевой проставки

2.4. Тракторная проставка

2.4.1. Тракторная проставка 2

Для построения тракторной проставки компрессора воспользуемся образмеренным эскизом меридионального сечения детали (Рис. 70):

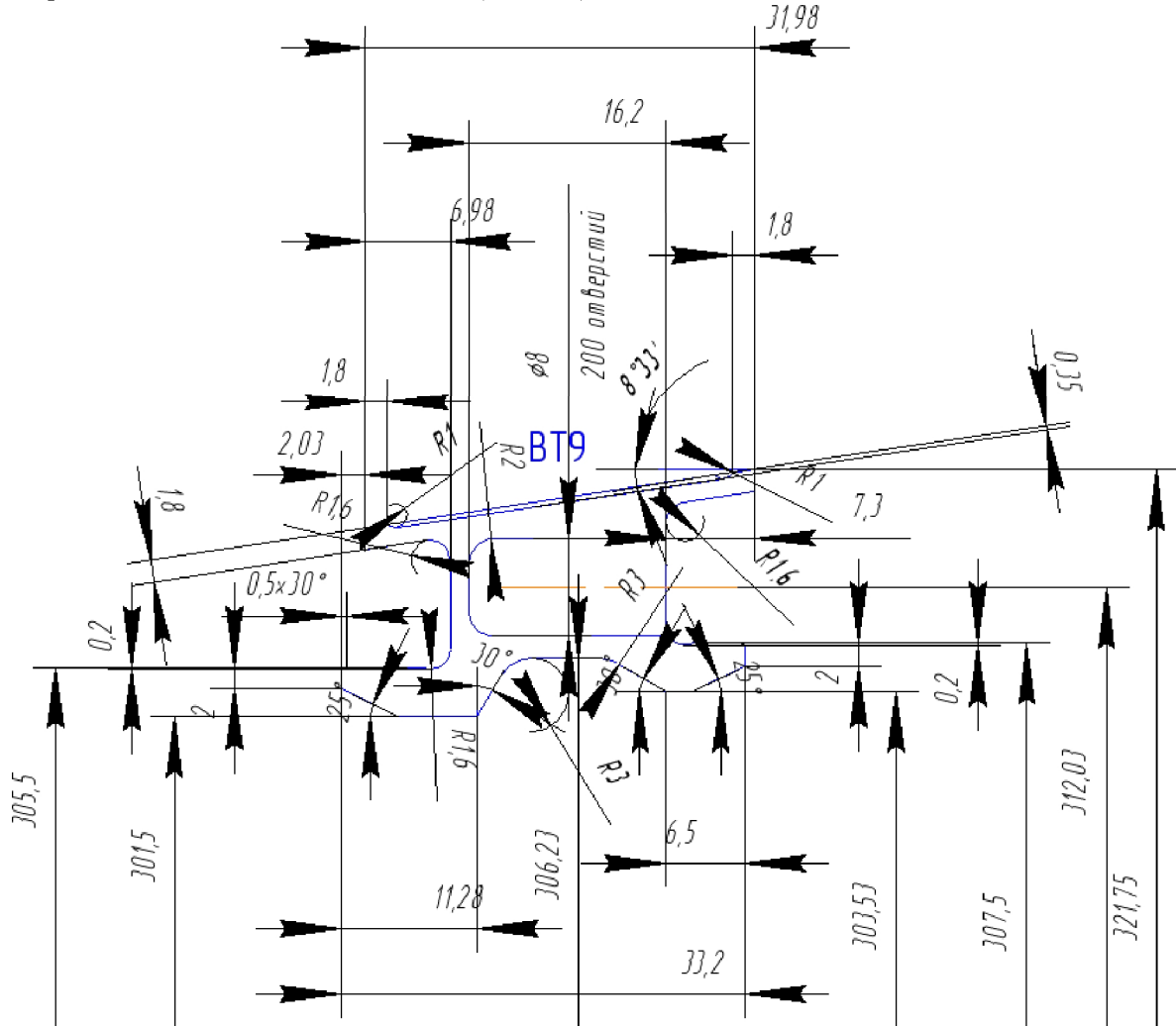


Рис. 70. Образмеренный эскиз тракторной проставки

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим **Modeling: Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X-Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**.
4. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите плоскость X-Y для создания эскиза и нажмите **ОК**. Далее, с помощью предлагаемого инструментария постройте приблизительное меридиональное сечение детали, как показано на Рис. 71.

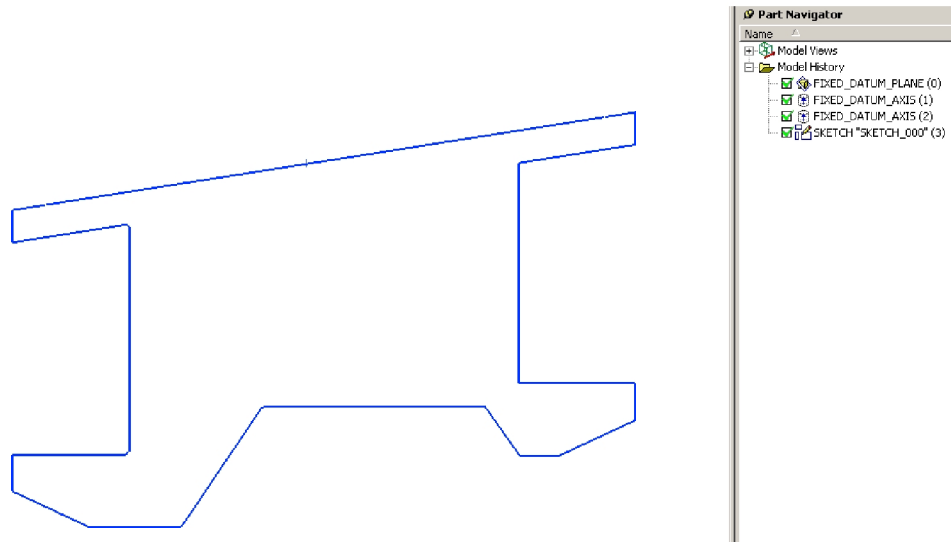


Рис. 71. Исходный (черновой или так называемый freehand) эскиз проставки

5. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию меридионального сечения проставки. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано ниже (Рис. 72)

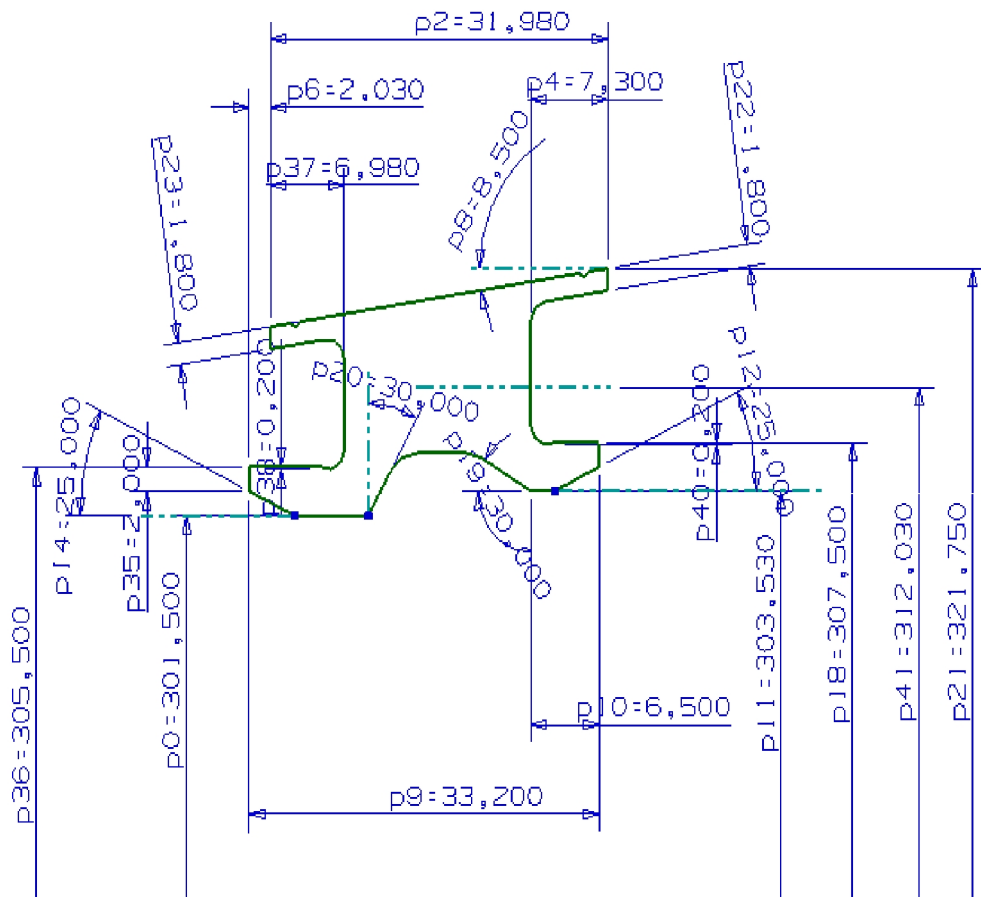


Рис. 72. Образмеренный эскиз проставки

6. Используя полученное сечение, создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите в Графической области созданный эскиз (цвет контура эскиза изменится), нажмите **ОК**. Выберите метод получения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза, выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360.

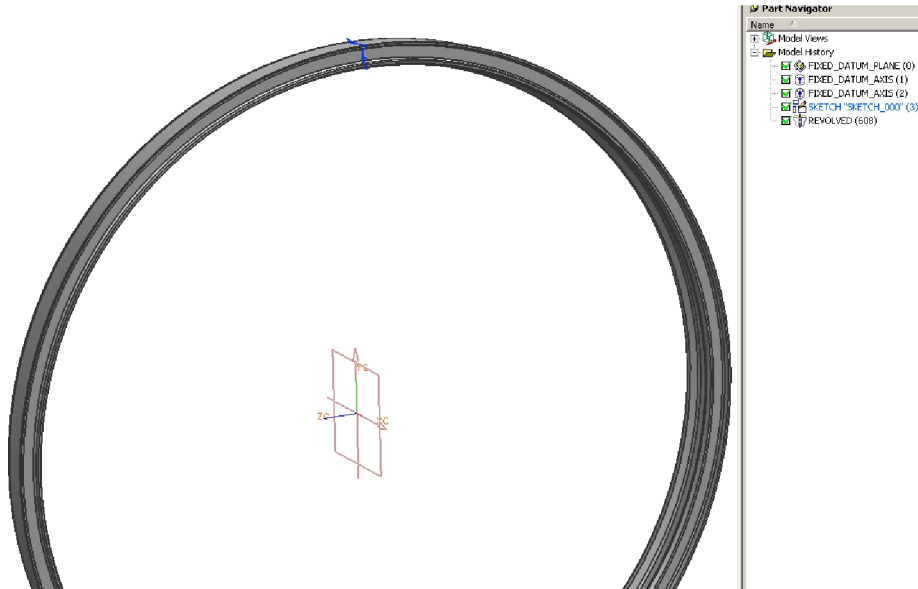


Рис. 73. Тело вращения проставки

Создайте 200 отверстий диаметром 8 мм и глубиной 16.2 мм согласно эскизу (Рис. 70). Для этого воспользуйтесь меню: **Insert** → **Design Feature** → **Hole...** Система запросит указать плоскую поверхность, на которой будет создано отверстие), **ОК**. В появившемся меню **Positioning** воспользуйтесь опцией **Perpendicular** и выполните позиционирование отверстия: задайте размер от оси проставки (горизонтальный **Datum Plane**) до центра отверстия - 302 мм (что соответствует диаметру 604 мм центров отверстий) и 0 мм от вертикальной **Datum Plane** до центра отверстия, нажмите **ОК**. В результате получим отверстие диаметром 8 мм и глубиной 16.2 мм (Рис. 74).

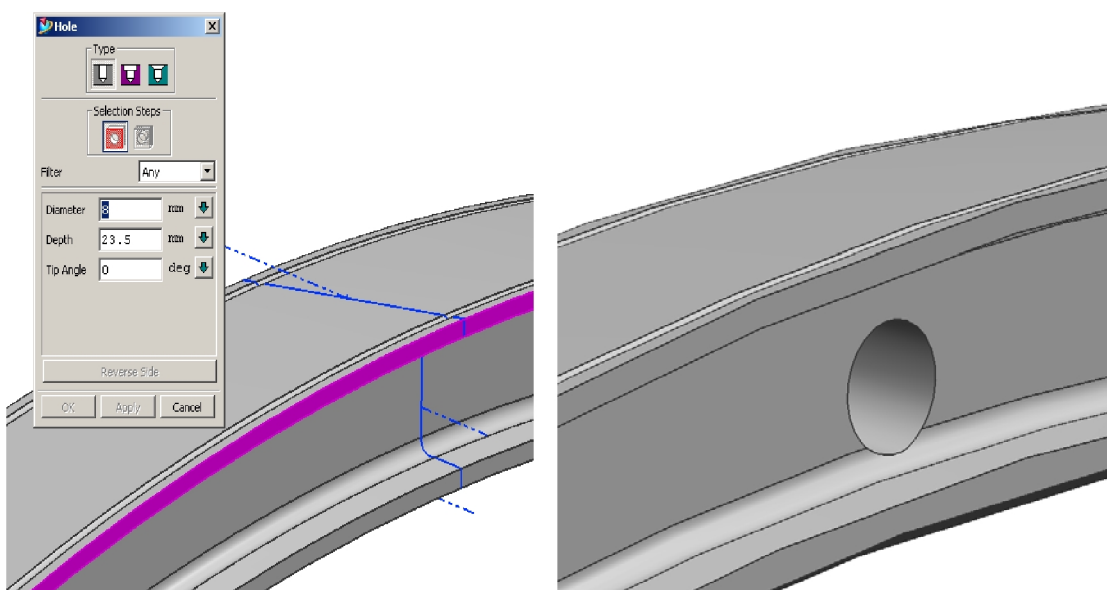


Рис. 74. Создание отверстия

7. Создайте массив из 200 отверстий диаметром 8 мм в проставке: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Circular Array** → **SIMPLE_HOLE**, нажмите **ОК**. Задайте количество отверстий – 200 и угловой шаг отверстий – 12 (360/200) градусов. Выберем **Datum Axis** и ось **XC**, **ОК**. Будет создан массив отверстий (Рис. 75).

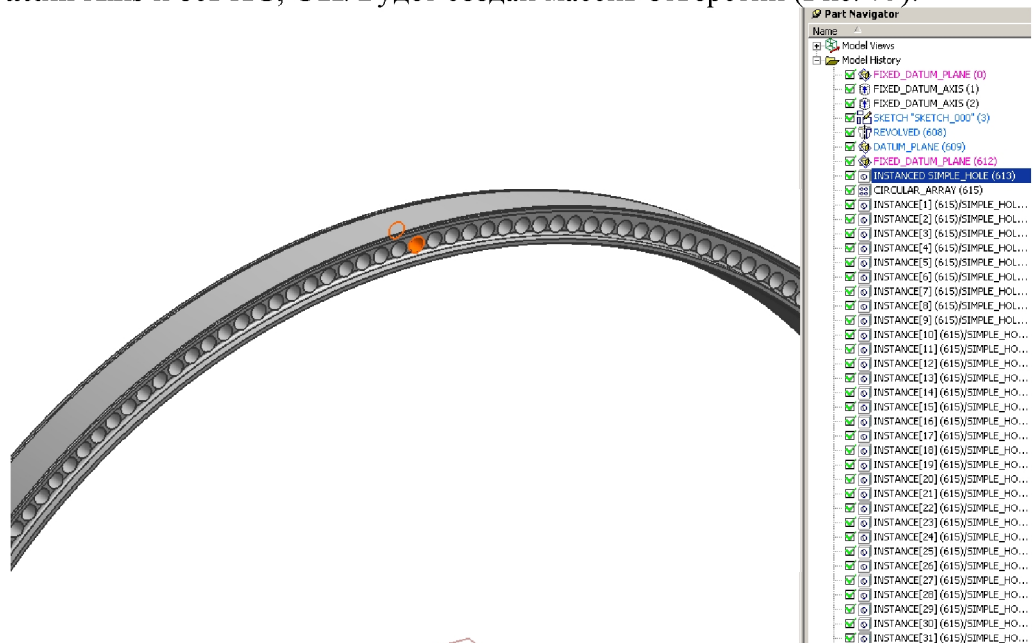
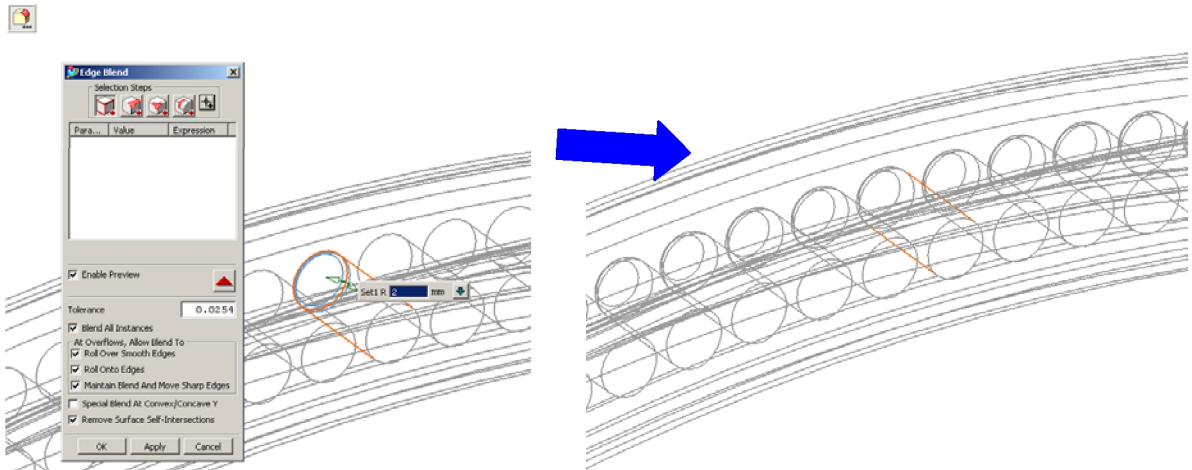


Рис. 75. Создание массива отверстий

8. Выполните скругление радиусом 2 мм на дне отверстий: **Insert** → **Detail Feature** → **Edge blend...** Выберите исходное отверстие и активизируйте опцию **Blend All Instances**, для кромок отверстия задайте радиус 2 мм и нажмите **ОК**. Скругление на дне отверстий будет выполнен на всех отверстиях массива – (Рис.



76).

Рис. 76. Создание скругления 2 мм на дне отверстий

9. Создайте фаски в соответствии с требованиями эскиза (Рис. 70). Для этого выберите из меню **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите опцию **Offset Angle**, выберите требуемое ребро в графической области, задайте **Offset** – 0.5 мм и **Angle** = 30°. Аналогично создайте фаску для второго центрирующего пояска. Если фаска неправильно расположена, можно воспользоваться опцией **Flip Last Chamfer** (Рис. 77).

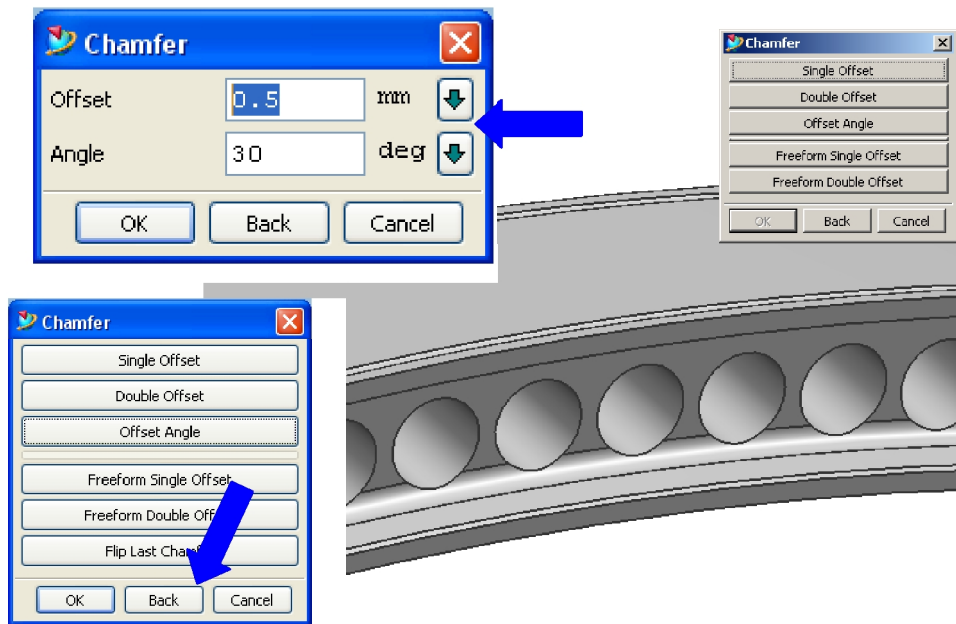


Рис. 77. Фаска 0.5x30 на ободке диска

10. Создайте 3 паза для фиксации трактовой проставки в окружном направлении. Для этого выберите из меню **Insert** → **Design Feature** → **Pocket...**, в меню **Pocket** выберите опцию **Rectangular**, выберите торцевую поверхность проставки (около наружного диаметра), выберите базовую плоскость **XC-YC** в качестве горизонтальной плоскости выборки, задайте параметры выборки: длина 15 мм, ширина 4.4 мм, глубина 2 мм, радиус скругления основания 0.2 мм, нажмите **OK** (Рис. 78). Задайте положение выборки относительно базовой плоскости 0 мм, нажмите **OK**, **OK** (Рис. 79). Создайте массив из 3 выборок: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...**. Выберите **Circular Array** → **RECTANGULAR_POCKET**, нажмите **OK**. Задайте количество отверстий – 2 и угловой шаг отверстий – 118.68 градусов. Выберем **Datum Axis** и ось **XC**, **OK**. Выберите еще раз базовый **RECTANGULAR_POCKET** и задайте угловой шаг - -118.68, нажмите **OK**. Создайте фаски 0.4x45 на краях выборки (Рис. 80).

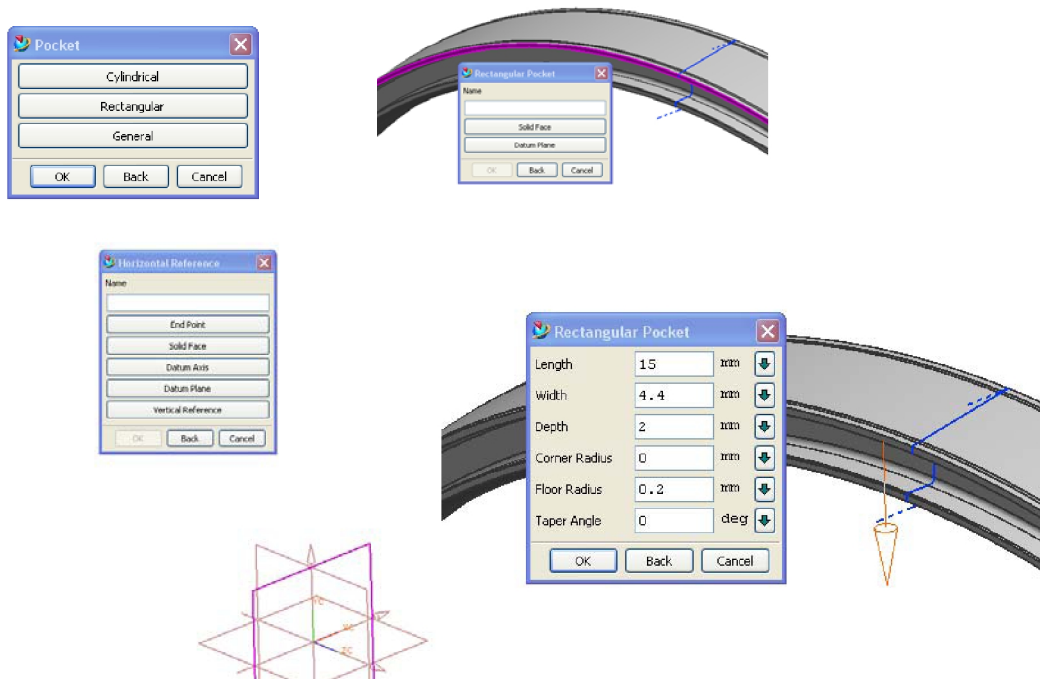


Рис. 78. Задание основных параметров выборки

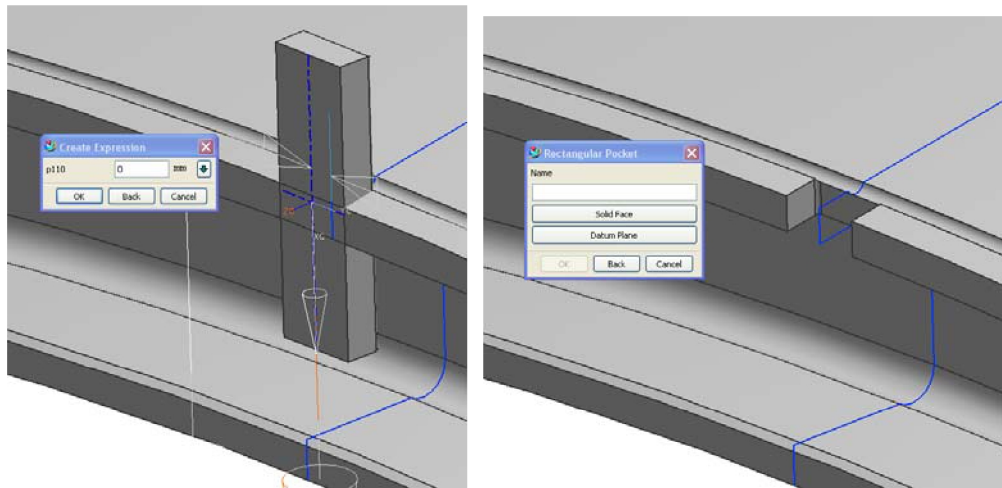


Рис. 79. Создание выборки

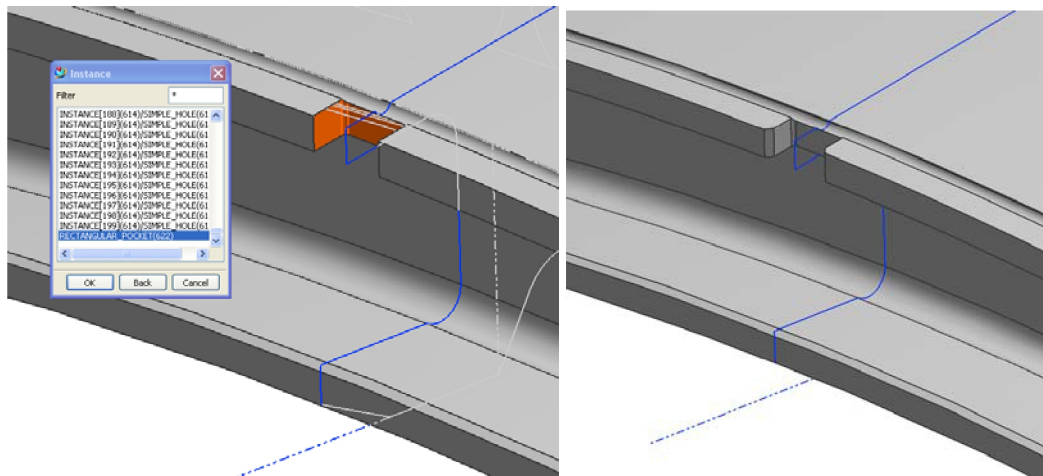


Рис. 80. Создание массива выборок и фаски

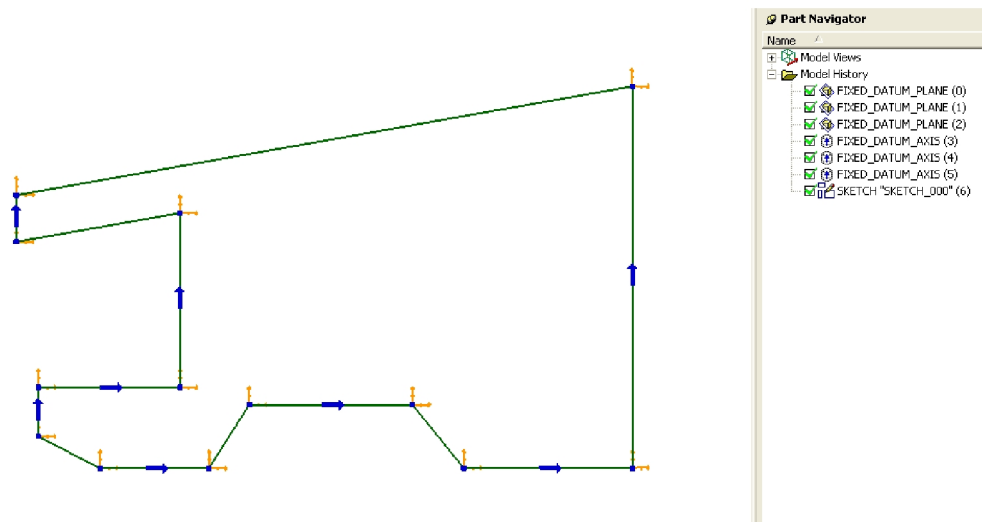


Рис. 82. Исходный (черновой или так называемый freehand) эскиз проставки

5. Выполненный в соответствии с заданными размерами (Рис. 81) эскиз меридионального сечения проставки должен выглядеть следующим образом:

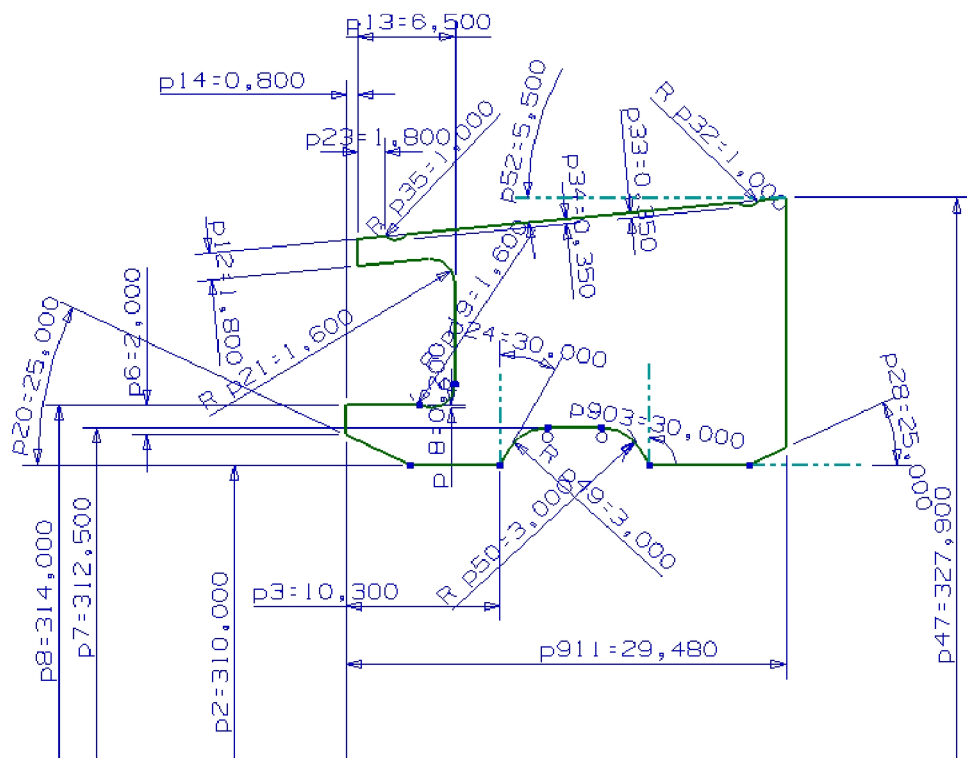


Рис. 83. Образмеренный эскиз меридионального сечения проставки

6. Используя полученное сечение, создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите в графической области созданный эскиз (цвет контура эскиза изменится), нажмите **OK**. Выберите метод построения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза - выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360. В результате должно получиться тело вращения (Рис. 84).

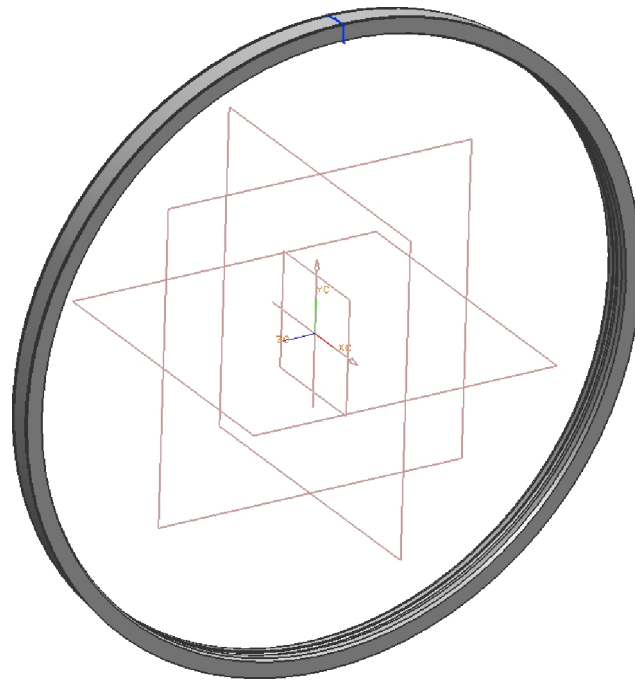


Рис. 84. Тело вращения проставки

7. Создайте кольцевую выборку в проставке с заданными геометрическими параметрами (Рис. 81). Создайте эскиз в той же плоскости, что и эскиз меридионального сечения проставки и постройте меридиональное сечение выборки (Рис. 85). Эскиз сечения выборки связан размерами $p_{942}=1.98$ мм и $p_{54}=2.0$ мм с эскизом меридионального сечения проставки. Используя полученное сечение выборки (Рис. 85), создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите в графической области созданный эскиз (цвет контура эскиза изменится), нажмите **ОК**. Выберите метод получения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза, выберите **Datum Axis**, нажмите **ОК**. Примем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 и конечный угол 360 градусов и нажмите **ОК**. В **Boolean Operation** выберите опцию **Subtract**, нажмите **ОК**. В результате должно получиться тело вращения (Рис. 86).

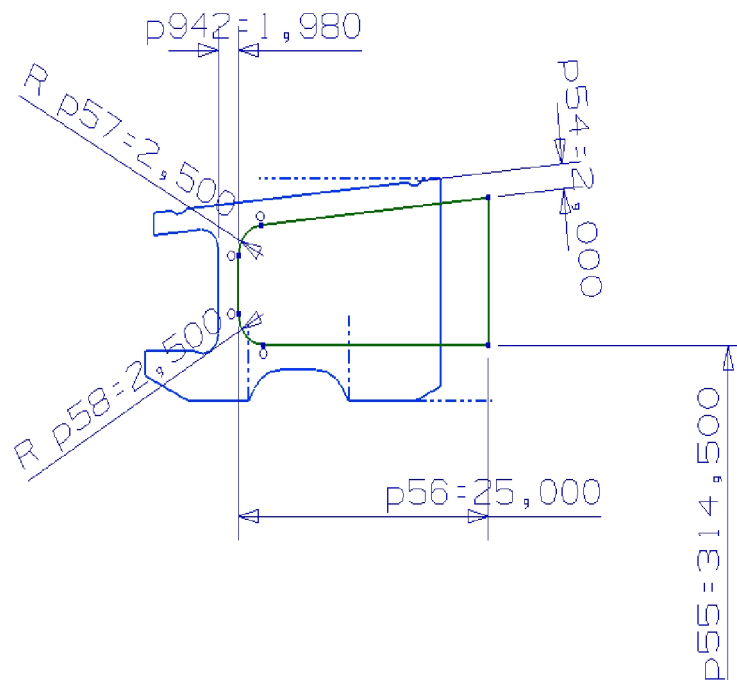


Рис. 85. Образмеренный эскиз поперечного сечения выборки

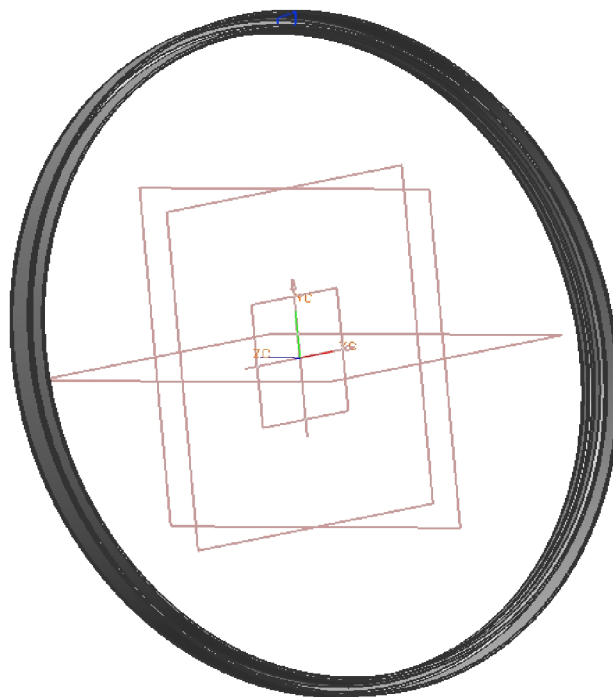


Рис. 86. Проставка с кольцевой выборкой

8. Создайте поперечные ребра. Создайте вспомогательный эскиз и постройте сечение ребра (показано линиями зеленого цвета на (Рис. 87)). Постройте ребро и объедините его с телом вращения проставки: **Insert** → **Design Feature** → **Extrude...**, выберите построенное сечение ребра, в **Limits** включите **Symmetric Distance** и задайте расстояние 0.75 мм, в **Boolean** выберите опцию **Unite**, нажмите **OK**. Постройте массив 119 поперечных ребер: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...**. Выберите **Circular Array** → **EXTRUDE**, нажмите **OK**. Задайте количество ребер – 119 и угловой шаг – 360/119 градусов. Выберите **Datum Axis**, нажмите **OK**. Будет создан массив ребер (Рис. 89).

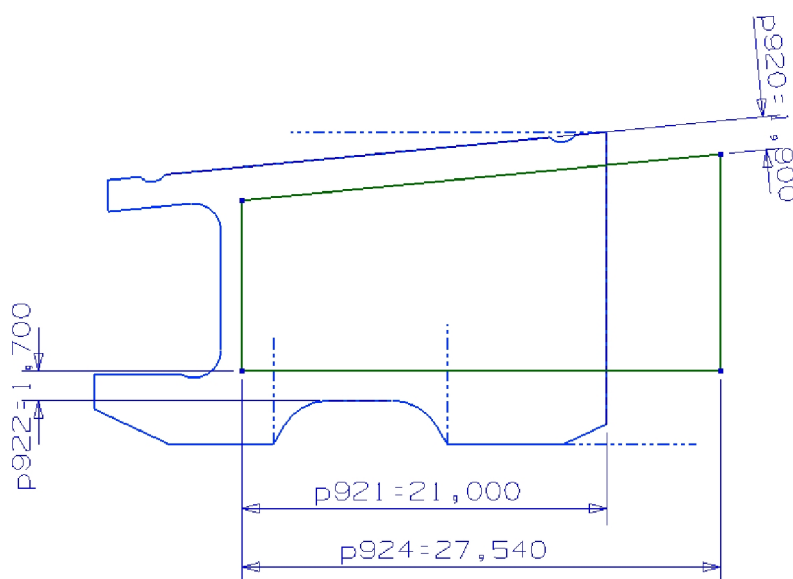


Рис. 87. Вспомогательный эскиз поперечного ребра

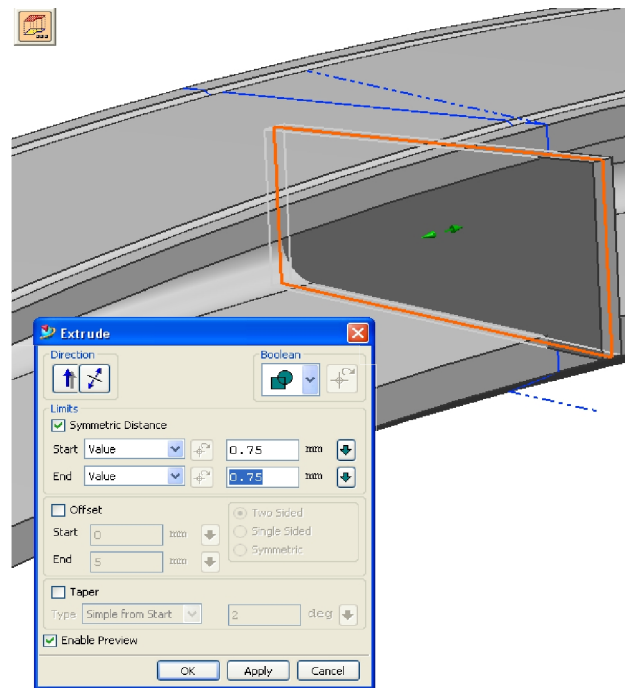


Рис. 88. Построение поперечного ребра

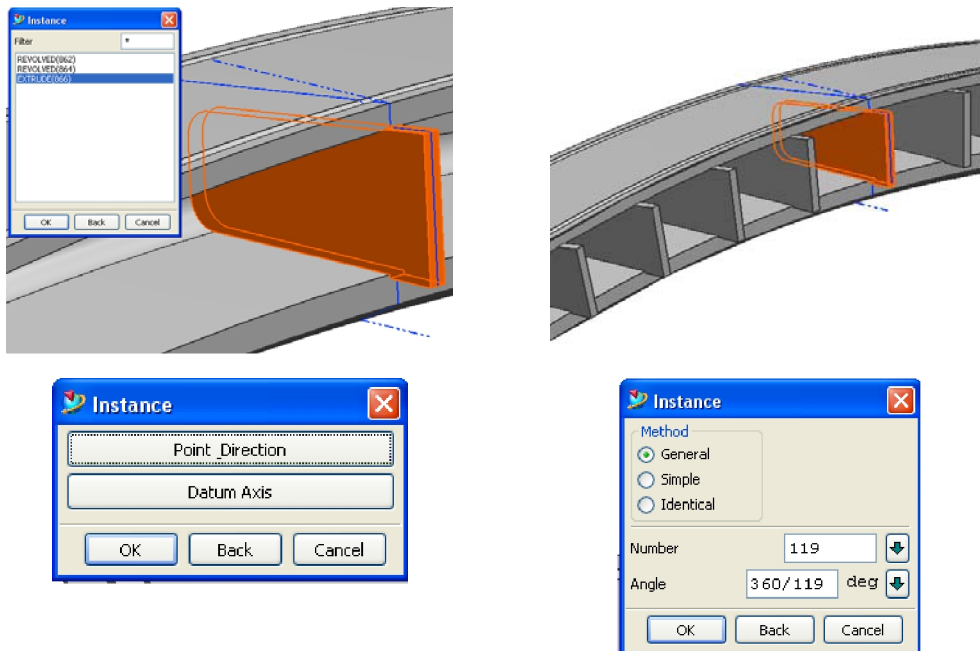


Рис. 89. Построение массива поперечных ребер

9. Создайте кольцевую выборку в проставке. Создайте вспомогательный эскиз и постройте меридиональное сечение выборки (показано линиями зеленого цвета на Рис. 90). Используя полученное сечение выборки, создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите в графической области созданный эскиз, нажмите **OK**. Выберите метод получения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза, выберите **Datum Axis**, нажмите **OK**. Примем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 и конечный угол 360 градусов и нажмите **OK**. В **Boolean Operation** выберите опцию **Subtract**, нажмите **OK**. Результат показан на Рис. 91.

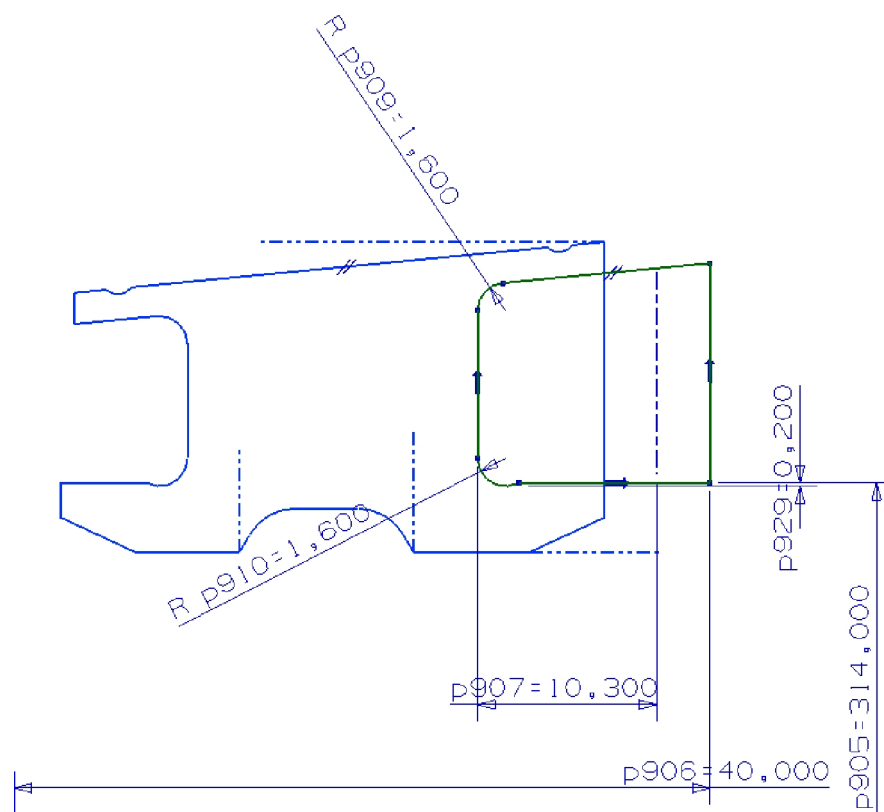


Рис. 90. Эскиз кольцевой выборки

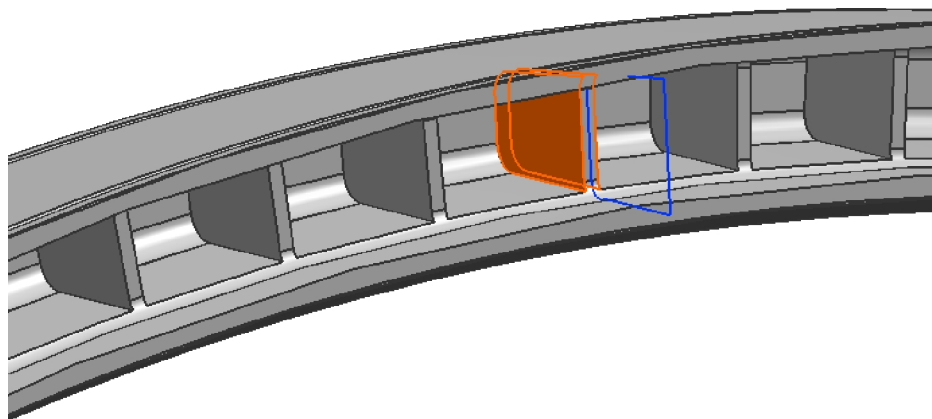


Рис. 91. Построение выборки

10. Создайте скругления радиусом 2.5 мм в выборках: **Insert** → **Detail Feature** → **Edge Blend...** Выберите исходное ребро (базовое для создания массива ребер) и задайте для кромок радиус 2.5 мм, включите опцию **Blend All Instances** (Рис. 92), нажмите **OK**. Результат показан на Рис. 93.

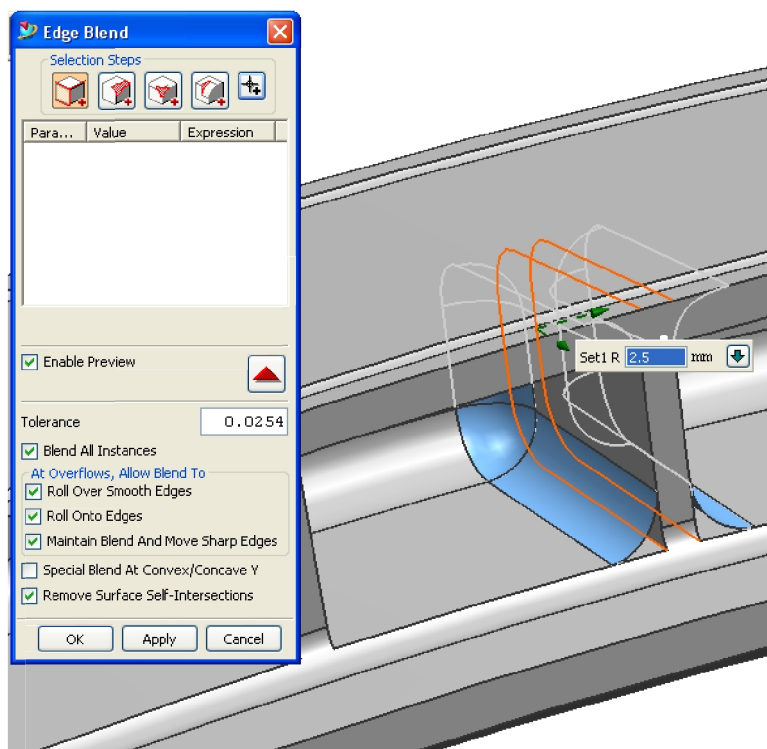


Рис. 92. Построение скругления в выборках

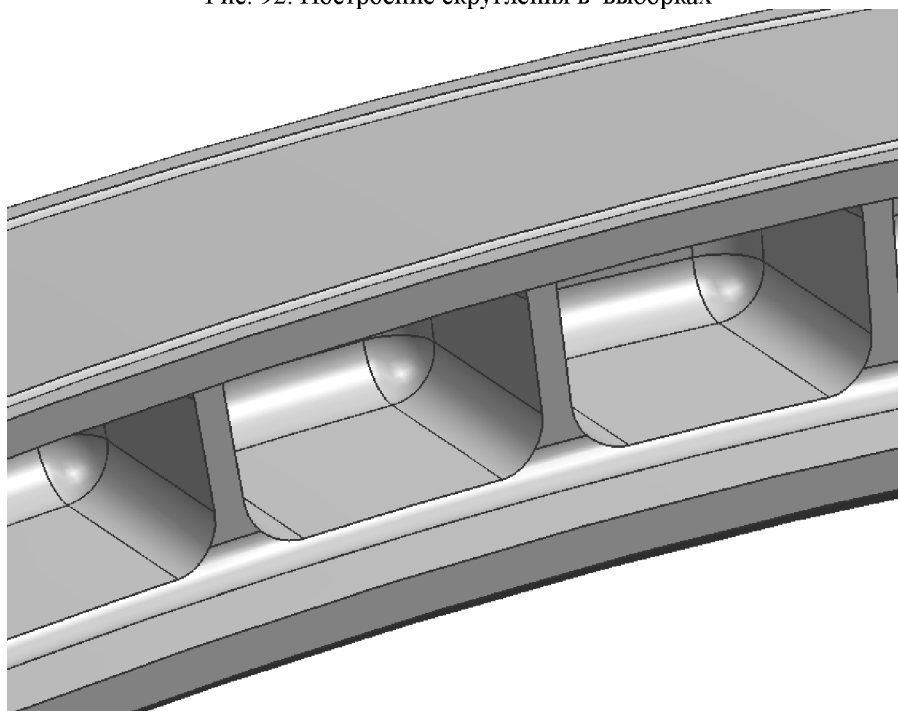


Рис. 93. Модель проставки со скруглениями в выборках

11. Создайте фаски 0.5x30 в соответствии с требованием чертежа (Рис. 81): **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...** Выберите опцию **Offset Angle**, укажите кромку на которой необходимо создать фаску, нажмите **OK**, задайте параметры фаски – 0.5 мм и угол 30 градусов, нажмите **OK**. Результат показан на Рис. 94.

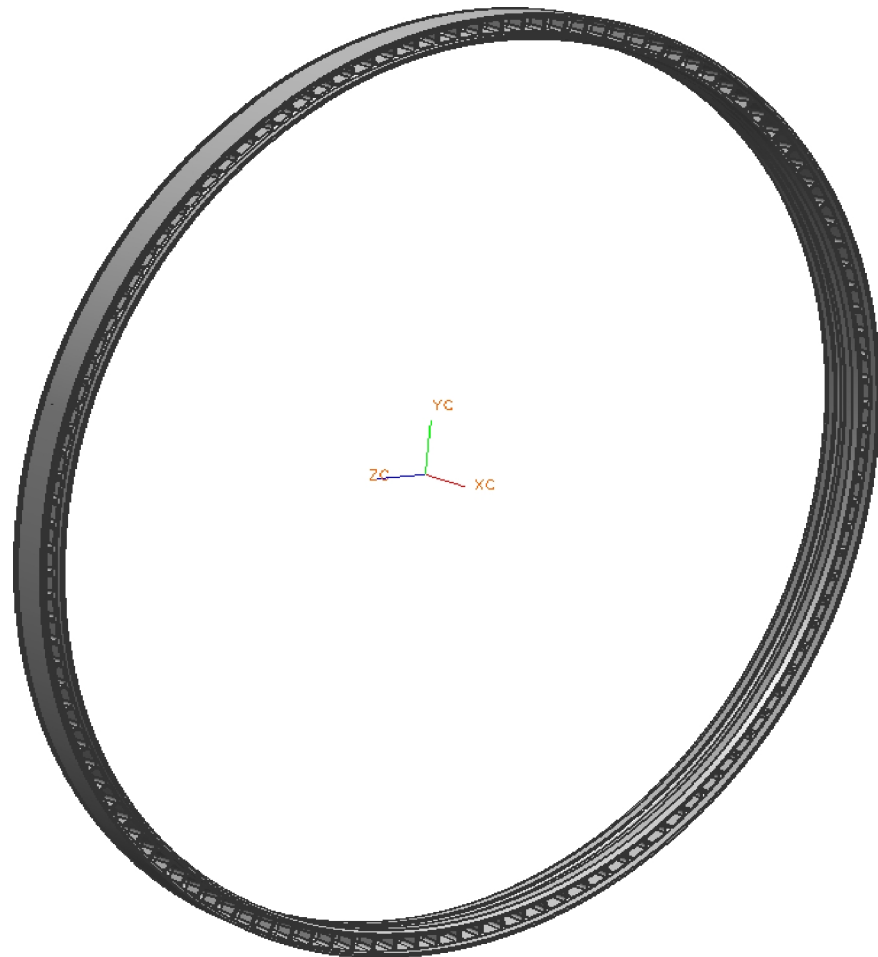


Рис. 94. Окончательная модель проставки

11. Создайте 3 паза для фиксации тракторной проставки в окружном направлении. Для этого выберите из меню **Insert** → **Design Feature** → **Pocket...**, в меню **Pocket** выберите опцию **Rectangular**, выберите торцевую поверхность проставки (около наружного диаметра), выберите базовую плоскость **XC-YC** в качестве горизонтальной плоскости выборки, задайте параметры выборки: длина 15 мм, ширина 4.4 мм, глубина 2 мм, радиус скругления основания 0.2 мм, нажмите **OK**. Задайте положение выборки относительно базовой плоскости 0 мм, нажмите **OK**, **OK** (Рис. 95). Создайте массив из 3 выборок: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...**. Выберите **Circular Array** → **RECTANGULAR_POCKET**, нажмите **OK**. Задайте количество отверстий – 2 и угловой шаг отверстий – 117.62 градусов. Выберите **Datum Axis** и ось **XC**, **OK**. Выберите еще раз базовый **RECTANGULAR_POCKET** и задайте угловой шаг - 117.62, нажмите **OK**. Создайте фаски 0.4x45 на краях выборки (Рис. 96).

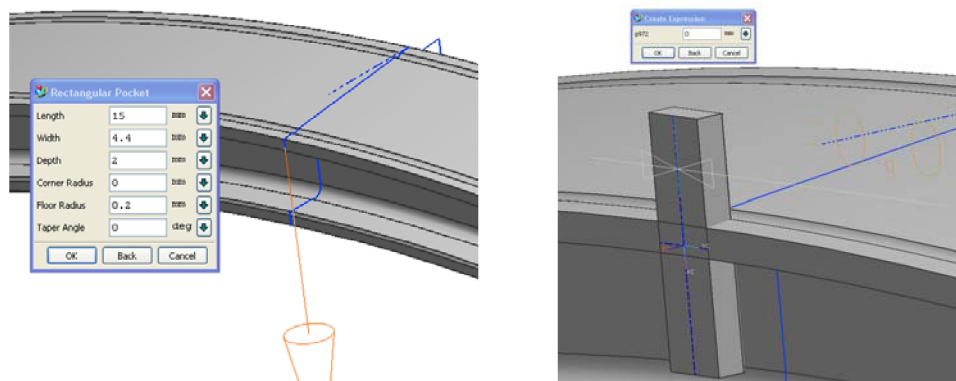


Рис. 95. Окончательная модель проставки

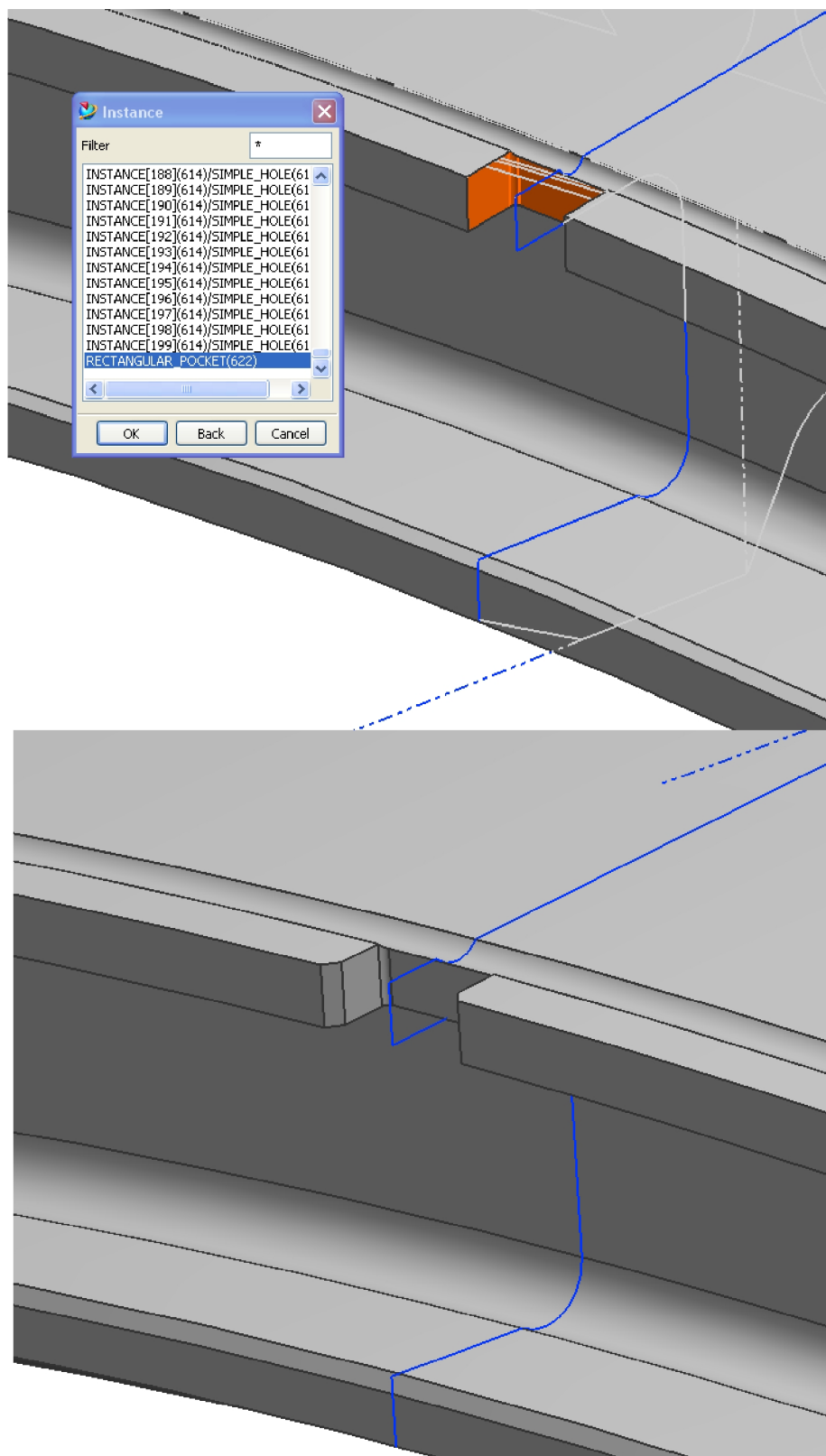


Рис. 96. Создание массива выборок и фасок

2.5. Лабиринтное уплотнение

Для построения переднего лабиринтного уплотнения воспользуемся образмеренным эскизом его меридионального сечения (Рис. 97).

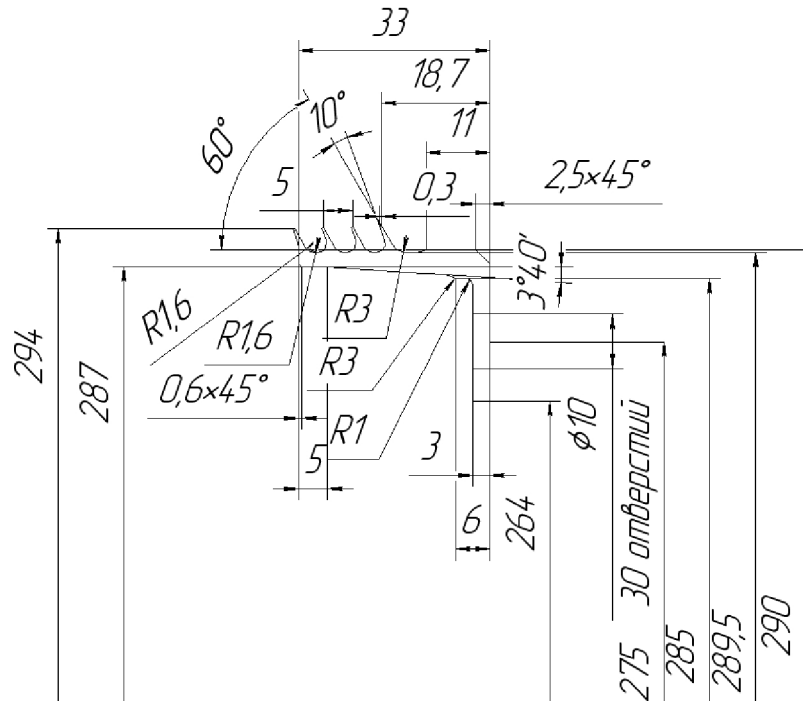


Рис. 97. Образмеренный эскиз лабиринтного уплотнения

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим **Modeling: Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X-Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**.
4. Создайте эскиз (**Insert** → **sketch**). Выберите плоскость X-Y для создания эскиза и нажмите **OK**. Далее с помощью предлагаемого инструментария постройте меридиональное сечение детали.

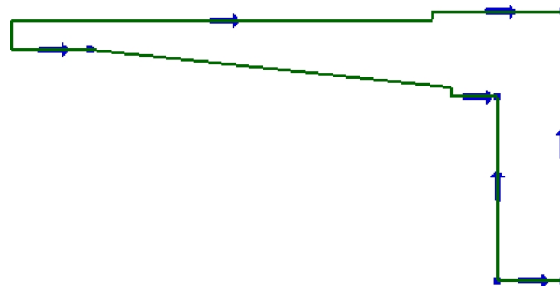


Рис. 98. Исходный эскиз лабиринта

5. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию меридионального сечения переднего носка. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано на Рис. 99.

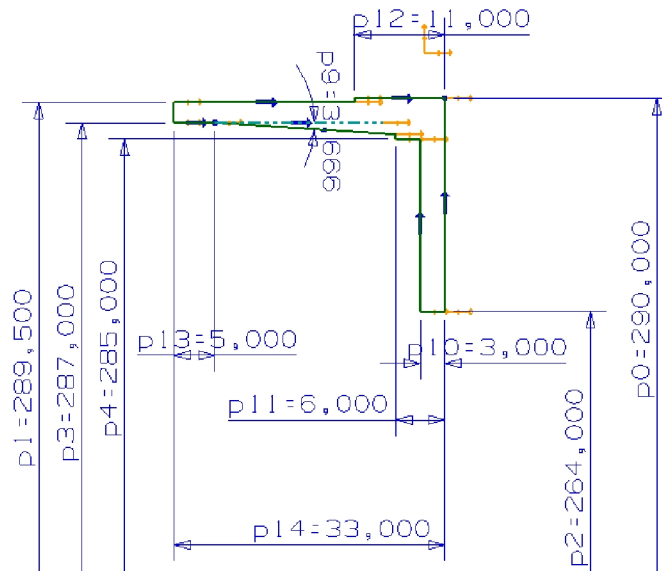


Рис. 99. Образмеренный эскиз лабиринта

6. Создайте тело вращения, используя полученное сечение: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите контур меридионального сечения лабиринта в графической области, нажмите **OK**, выберите метод построения построение **Axis and Angle**, выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360. В результате должно получиться тело вращения (Рис. 100).

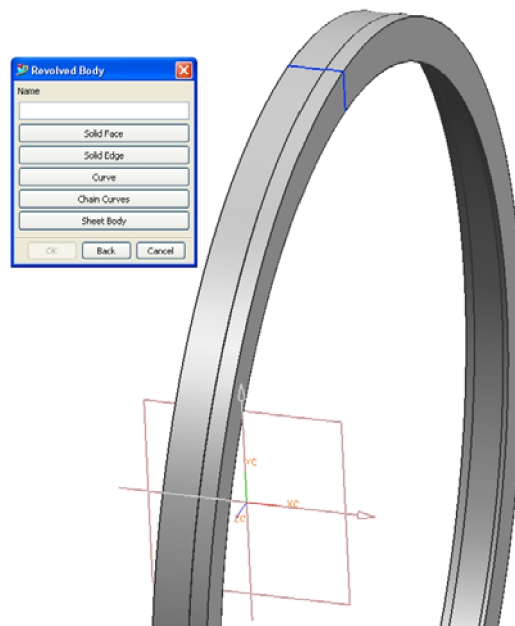


Рис. 100. Тело вращения лабиринта

7. Создайте «зуб» лабиринтного уплотнения: создайте эскиз (**Insert** → **sketch**) в плоскости **XC-YC**. Постройте меридиональное сечение «зуба» (Рис. 101). Создайте тело вращения «зуба»: **Insert** → **Design Feature** → **Revolve...**, выберите в графической области меридиональное сечение «зуба», нажмите **OK**, задайте ось вращения **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360. В **Boolean Operation** выберите кнопку **Unite**. Текущее состояние модели показано на Рис. 102.

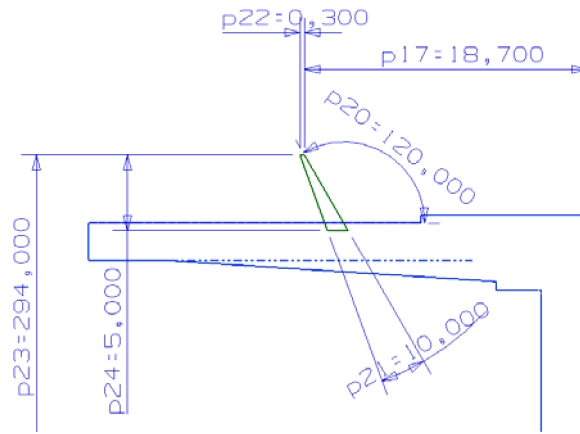


Рис. 101. Эскиз «зуба» лабиринта

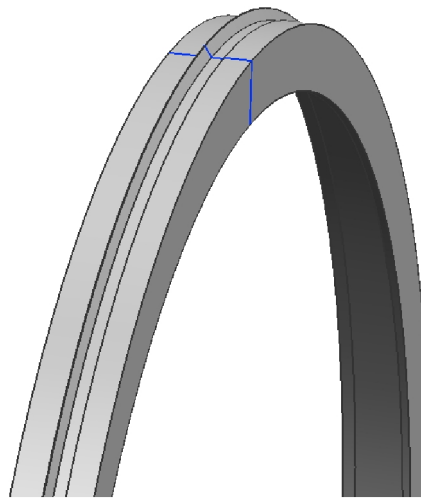


Рис. 102. Тело вращения лабиринта с одним «зубом»

8. Создайте остальные 3 «зуба»: воспользуйтесь командой создания массива **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Rectangular Array** → **REVOLVED** (указать тело вращения «зуба»), **OK**. Задайте количество зубьев (**Number along XC**)– 4 и шаг -5 мм (Рис. 104). Нажмите **OK**. Модель с «зубьями показана на Рис. 105. В соответствии с требованием чертежа (Рис. 97) создайте скругления: **Insert** → **Detail Feature** → **Edge blend...** Выберите кромки и задайте радиус 3 мм (Рис. 106), нажмите **OK**. Аналогично создайте скругление радиусом 1.6 мм в «зубьях» (Рис. 107).

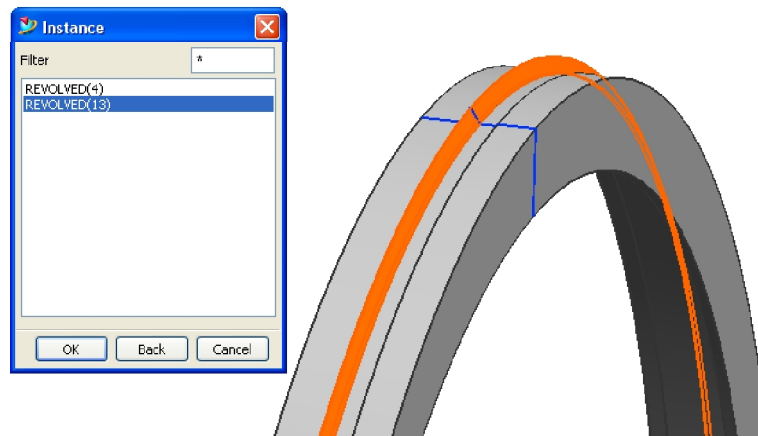


Рис. 103. Построение массива «зубьев»

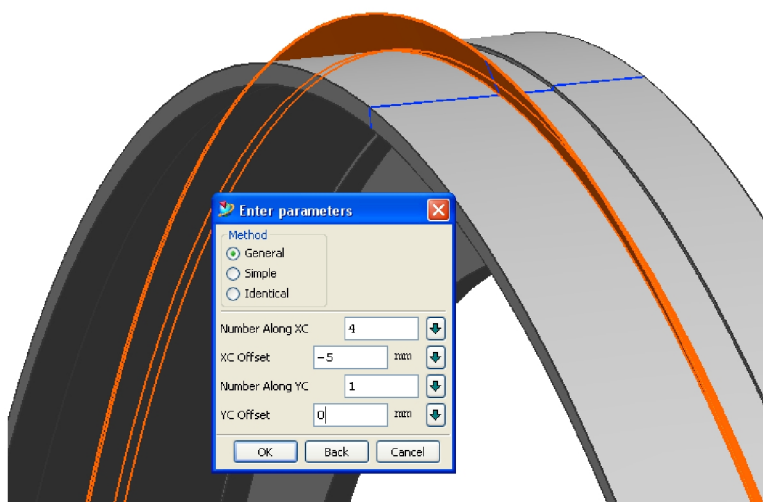


Рис. 104. Построение массива «зубьев»

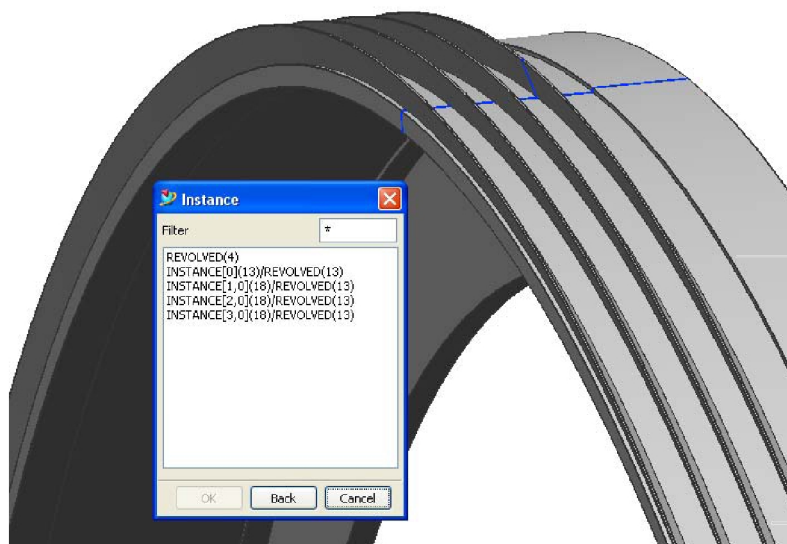


Рис. 105. Модель лабиринта с «зубьями»

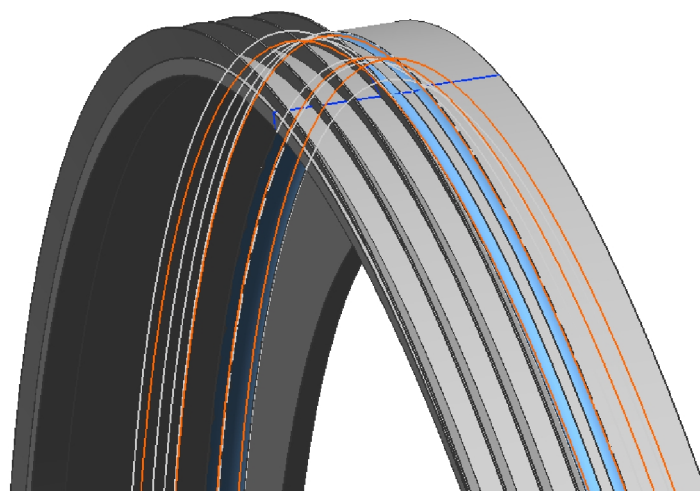


Рис. 106. Создание скруглений

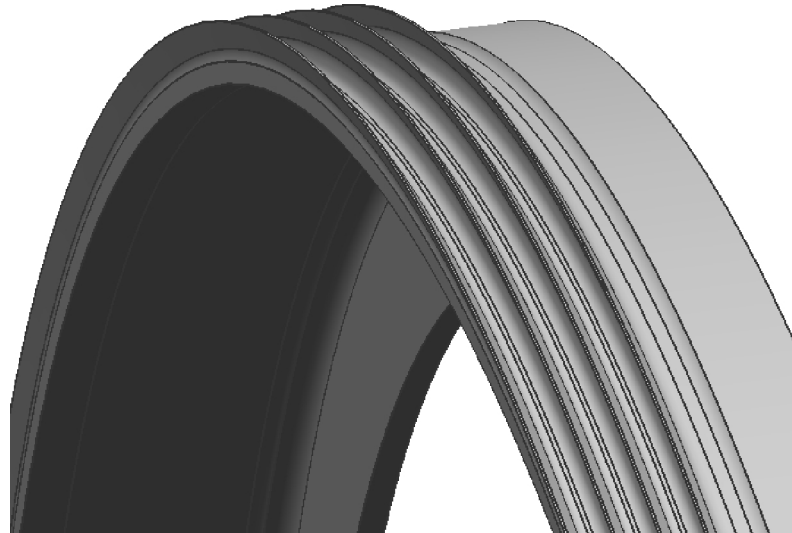


Рис. 107. Модель лабиринта с «зубьями» и скруглениями

9. Создайте 30 отверстий диаметром 10 мм во фланцах лабиринта: **Insert** → **Design Feature** → **Hole...** Укажите торцевую плоскость фланца, на которой будет создано отверстие, задайте диаметр 10 мм и нажмите кнопку **OK**. В появившемся меню **Positioning** воспользуйтесь опцией **Perpendicular** для позиционирования отверстия в базовой плоскости: задайте размер от оси детали (**Datum Axis**) до центра отверстия 275 мм (что соответствует диаметру 550 мм центров отверстий) и 0 мм от вертикальной плоскости до центра отверстия, нажмите **OK**. В результате получим сквозное отверстие диаметром 10 мм (Рис. 108). Создайте массив отверстий: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Circular Array** → **SIMPLE_HOLE**, **OK**. Задайте количество отверстий – 30 и угловой шаг отверстий – 360/30 градусов. Выберите **Point_Direction** и **XC**, нажмите **OK**, **OK**. Будет создан массив отверстий (Рис. 109).

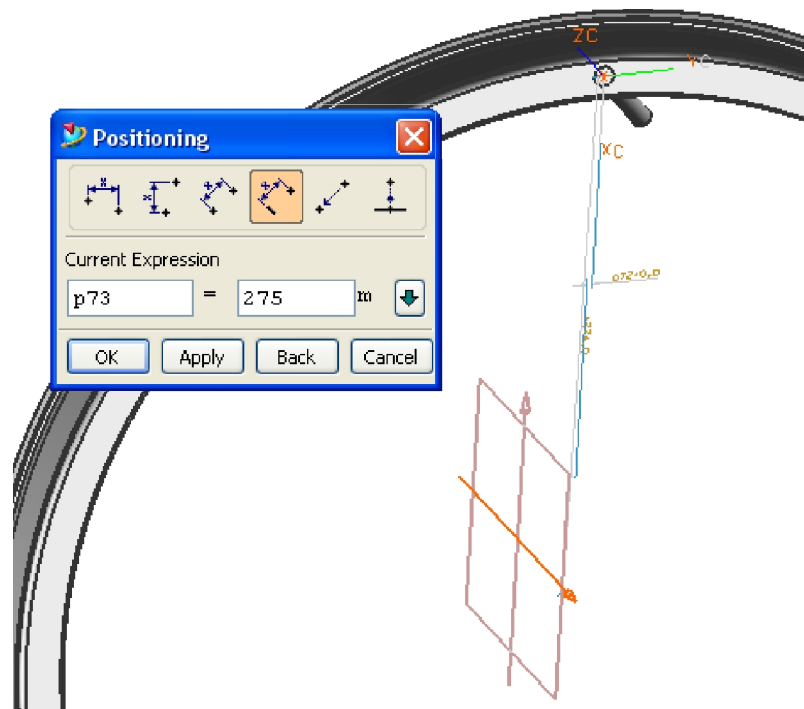


Рис. 108. Создание болтового отверстия

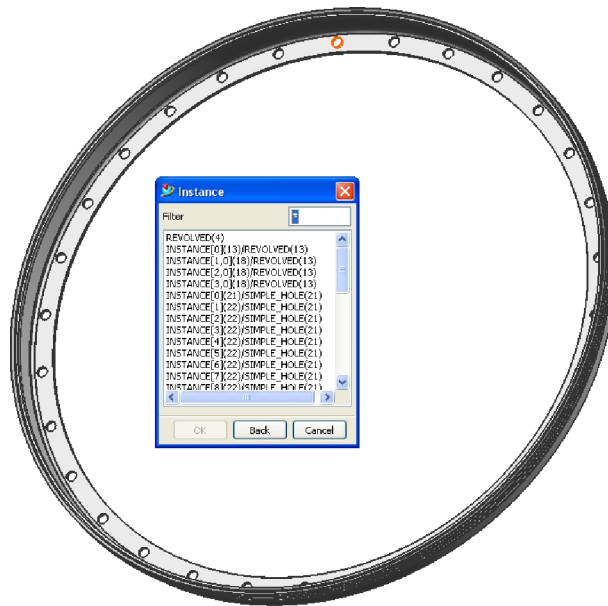


Рис. 109. Модель лабиринта с отверстиями

10. Создайте фаску 2.5x45 в соответствии с требованиями эскиза (Рис. 97): **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите режим построения фаски **Single Offset**, выберите кромку, нажмите **OK**, задайте размер фаски (2.5 мм), нажмите **OK** (Рис. 110). Создайте фаски на краю отверстий, выберите кромку базового отверстия, задайте размер фаски 0.4 мм, **OK**, выберите **chamfer all instance** и нажмите **OK**. Окончательная модель показана на Рис. 111.

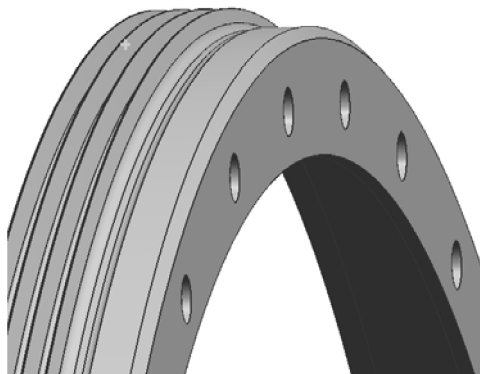


Рис. 110. Создание фасок

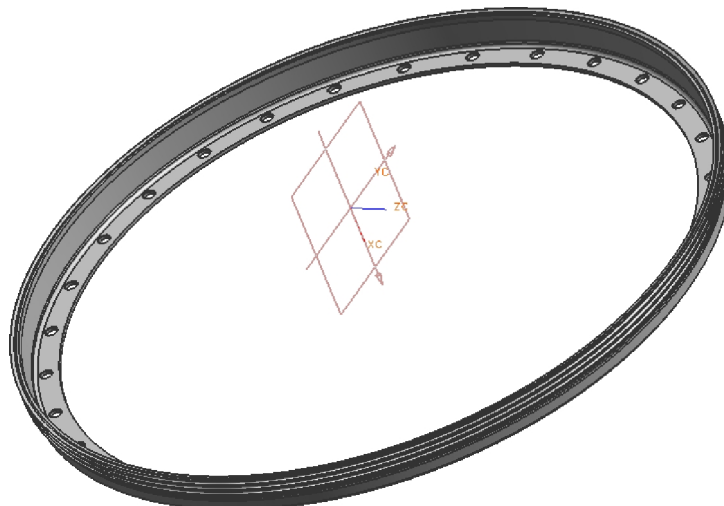


Рис. 111. Модель лабиринта

2.6. Передний носок вала

Для построения переднего носка компрессора воспользуемся образмеренным эскизом его меридионального сечения.

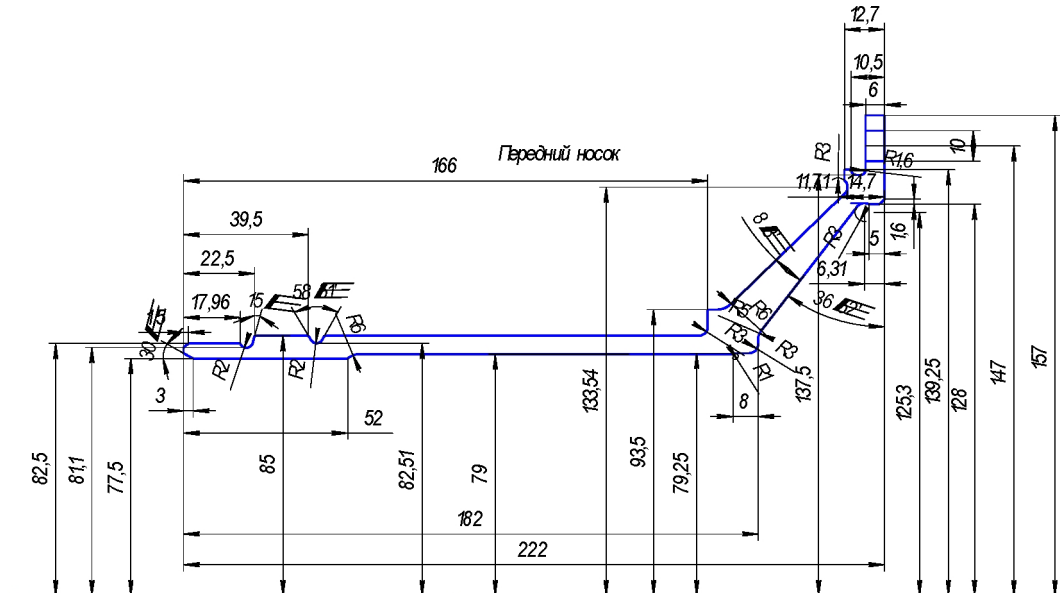


Рис. 112. Образмеренный эскиз переднего носка

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим Modeling: **Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X–Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**.
4. Создайте эскиз (**Insert** → **sketch**). Выберите плоскость X–Y для создания эскиза и нажмите **ОК**. Далее с помощью предлагаемого инструментария постройте меридиональное сечение детали.

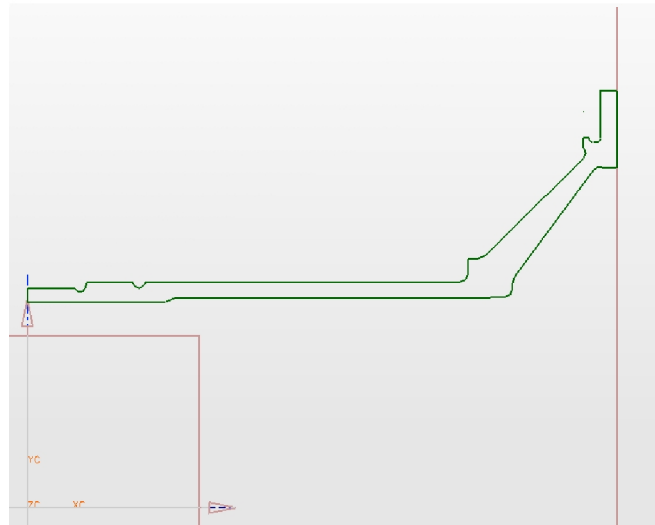


Рис. 113. Исходный (черновой или так называемый freehand) эскиз

5. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию меридионального сечения переднего носка. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано на Рис. 114.

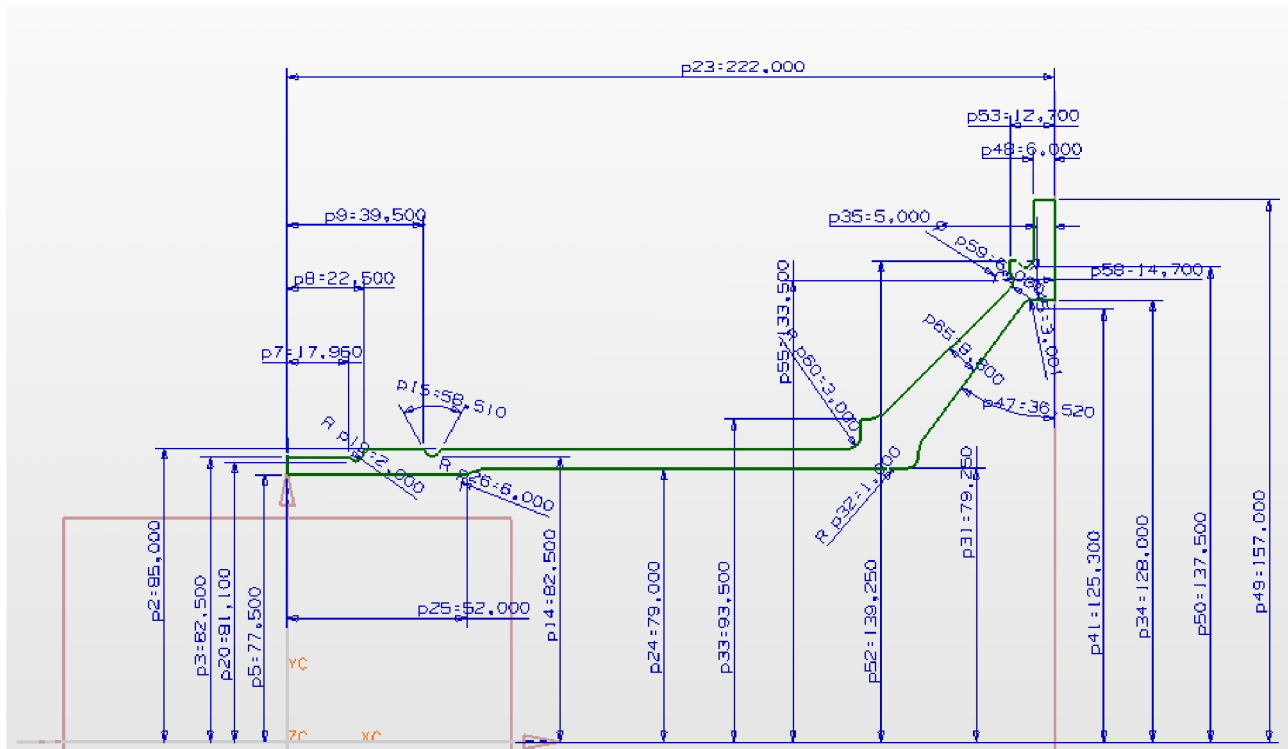


Рис. 114. Образмеренный эскиз переднего носка

6. Создайте тело вращения, используя полученное сечение (Рис. 114): **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...**:

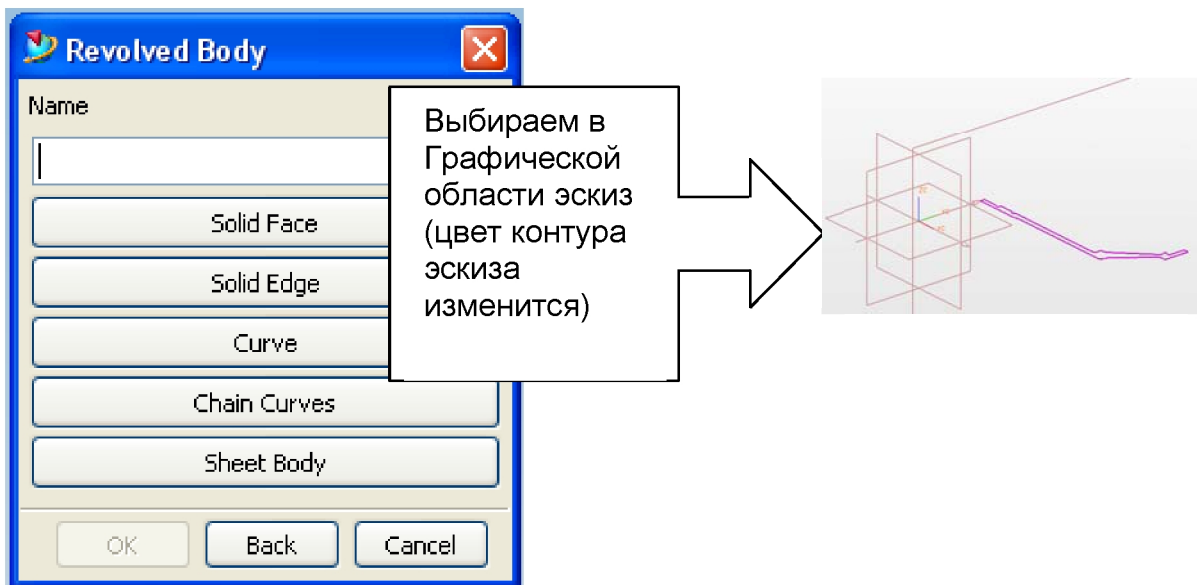


Рис. 115. Выбор эскиза переднего носка

Нажмите **OK** и выберите метод построения **Axis and Angle** и далее создайте вектор, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза – выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый начальный угол 0 градусов и конечный угол 360. В результате должно получиться тело вращения (Рис. 116).

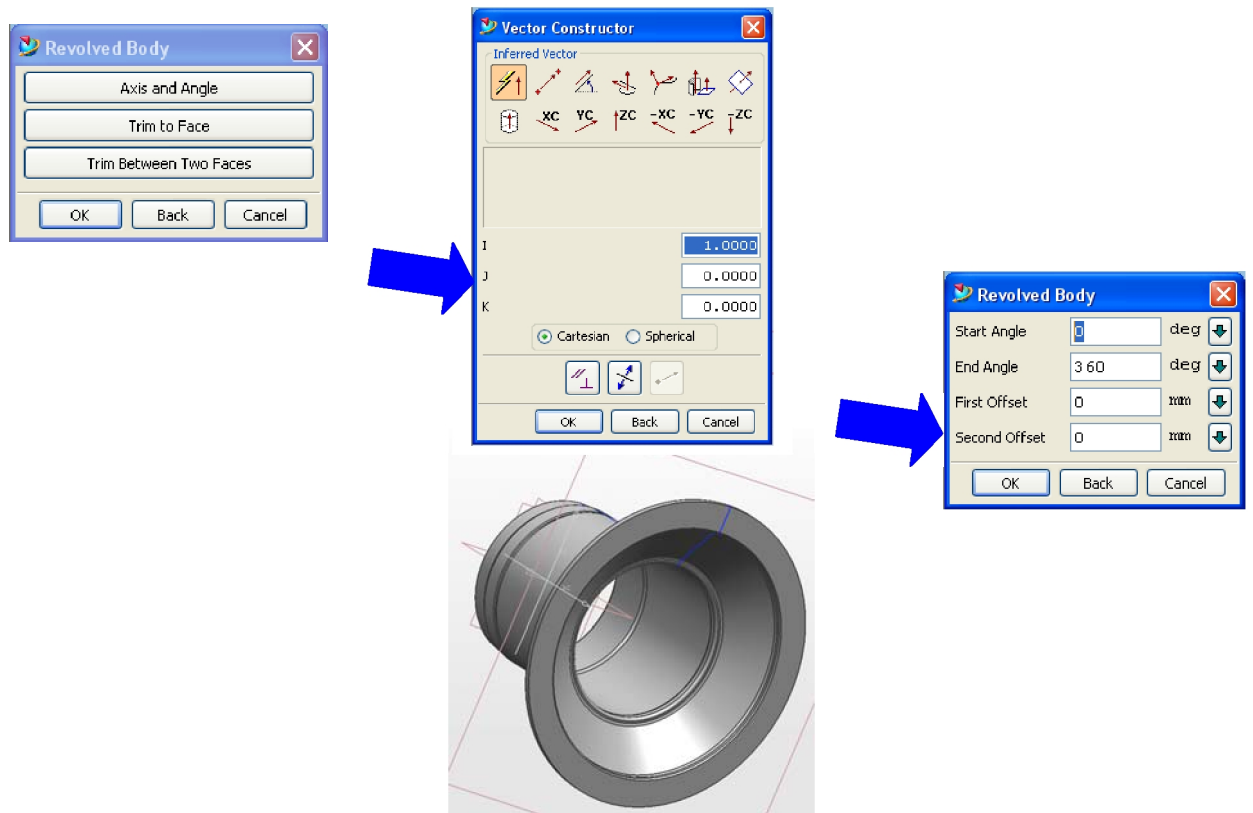


Рис. 116. Тело вращения

7. Создайте 18 отверстий диаметром 10 мм во фланце переднего носка: **Insert** → **Design Feature** → **Hole...** Укажите торцевую плоскость фланца, на которой будет создано отверстие, задайте диаметр 10 мм и нажмите кнопку **OK**. В появившемся меню **Positioning** воспользуйтесь опцией **Perpendicular** для позиционирования отверстия в базовой плоскости: задайте размер от горизонтальной базовой плоскости/оси детали (**Datum Plane**) до центра отверстия 147 мм (что соответствует диаметру 294 мм центров отверстий) и 0 мм от вертикальной плоскости до центра отверстия, нажмите **OK**. В результате получим сквозное отверстие диаметром 10 мм (Рис.117).

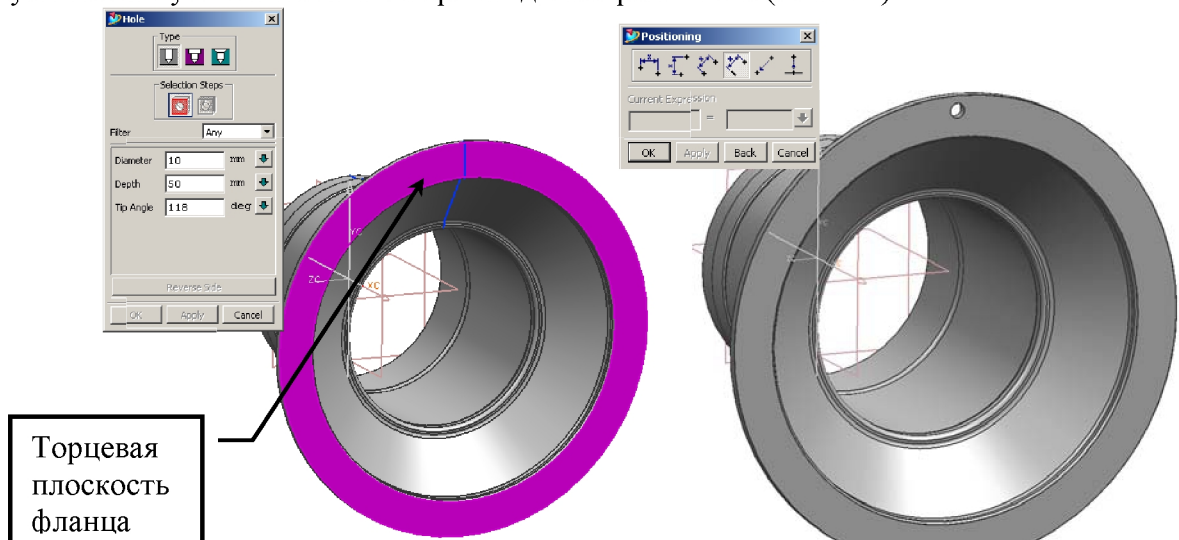


Рис. 117. Создание отверстия во фланце

8. Создайте массив из 18 отверстий диаметром 10 мм во фланце: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...** Выберите **Circular Array** → **SIMPLE_HOLE**, **OK**. Задайте количество отверстий – 18 и угловой шаг отверстий – 360/18 градусов. Выберите **Point_Direction** и **XC**, нажмите **OK**, **OK**. Будет создан массив отверстий (Рис.118).

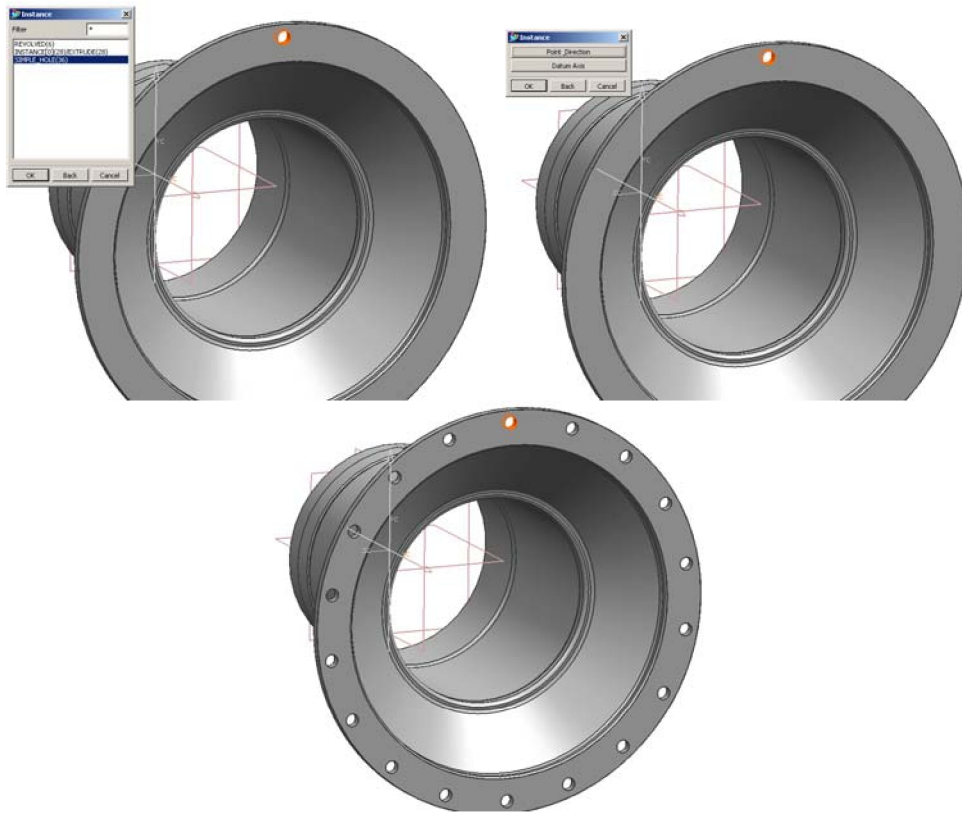


Рис. 118. Создание массива болтовых отверстий

9. Создайте фаски в соответствии с требованиями эскиза (Рис. 112): **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите режим построения фаски **Single Offset** и задайте размер фаски (1.6 мм), выберите также **chamfer all instance** и нажмите **OK**. Результат представлен на Рис.119.

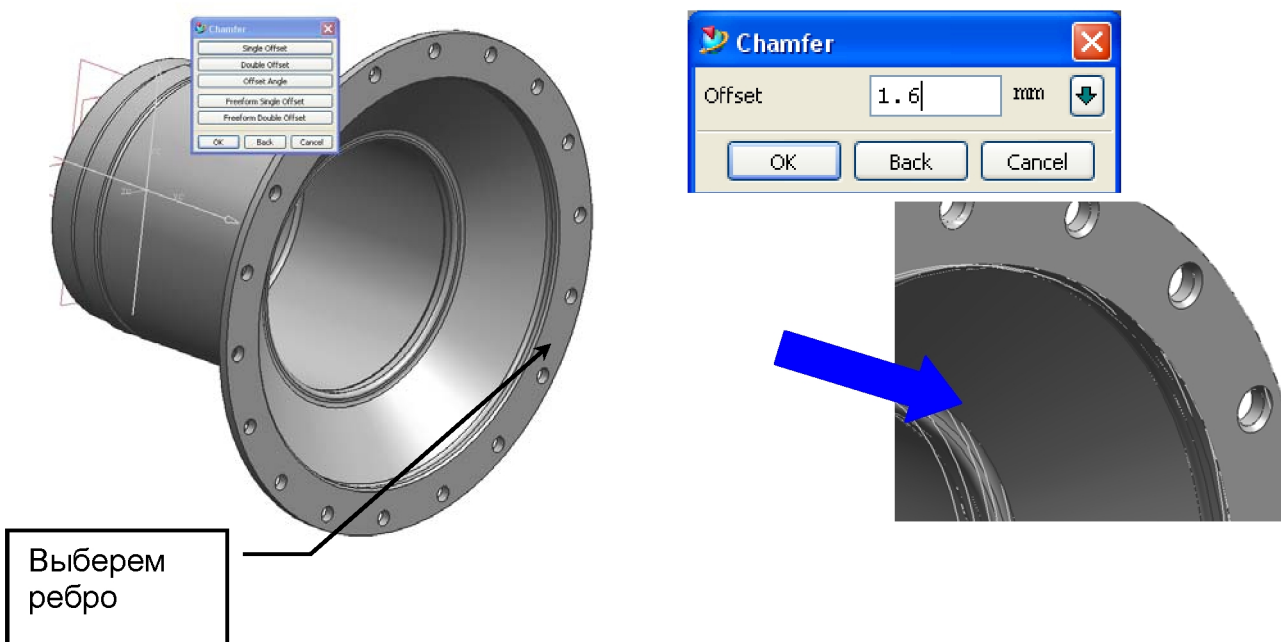


Рис.119. Создание фаски

Аналогично создайте фаски на кромках цилиндрической части модели, используя опции **Single Offset** для фаски 1.5x45 и опцию **Offset Angle** для фаски 3x30 (Рис.120).

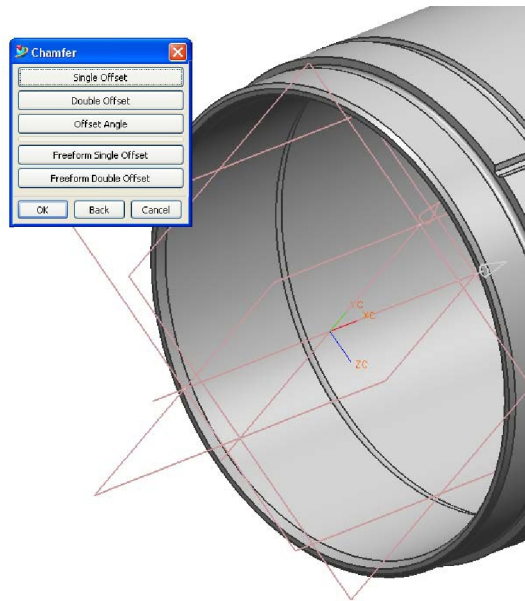


Рис. 120. Создание фаски

10. Создайте резьбу передней части модели: **Insert** → **Design Feature** → **Thread**

Выбираем цилиндрическую поверхность и для нее задаем тип резьбы – детальная (**Detailed**) и задаем внутренний диаметр (163 мм), длину (17.96 мм), шаг (1.5 мм), угол резьбы (60) (Рис.121).

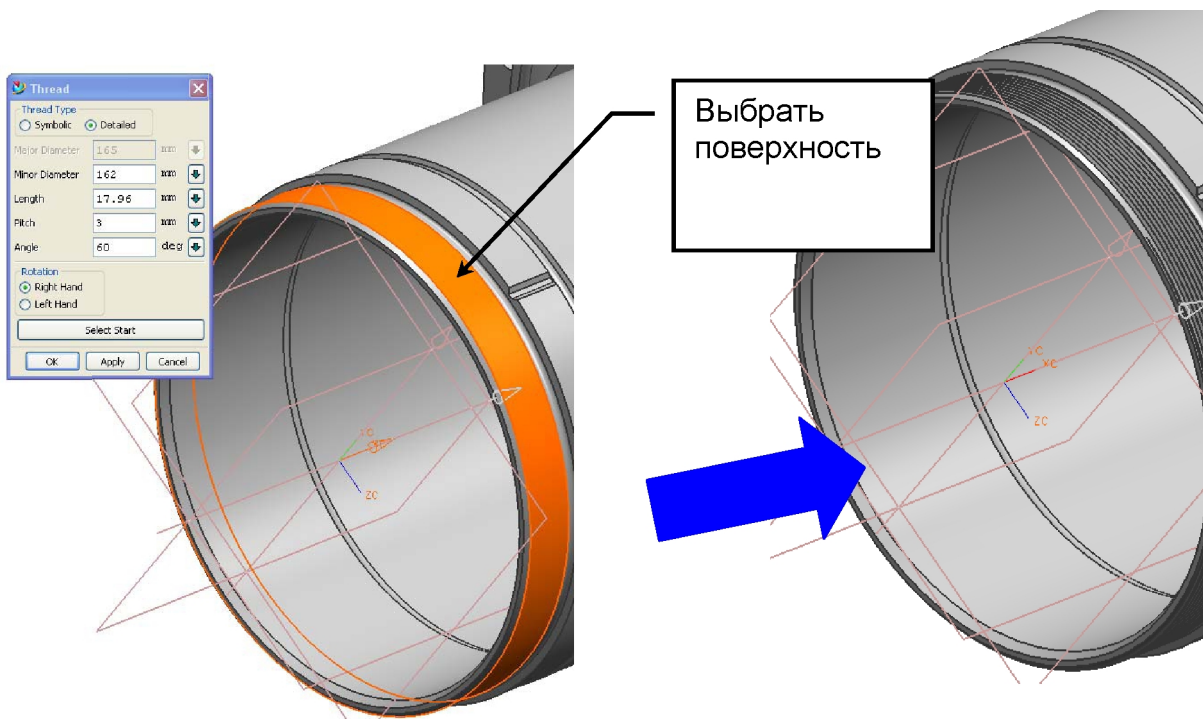


Рис. 121. Создание резьбы

2.7. Болтовое соединение

2.7.1. Болт

Для построения одного из вариантов болта компрессора (остальные болты могут быть получены из исходного путем изменения длины резьбы и тела болта) воспользуемся образмеренным эскизом (Рис.122).

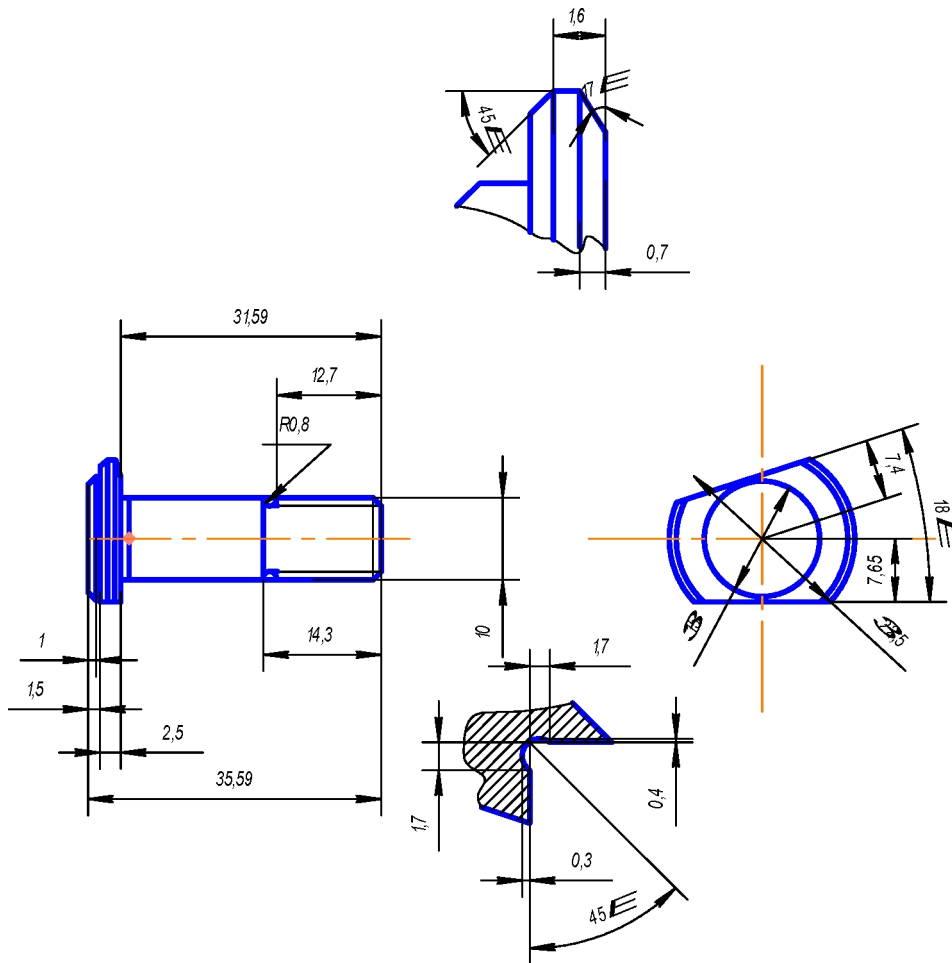


Рис. 122. Образмеренный эскиз осевого сечения болта

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим Modeling: **Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X–Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите вспомогательную плоскость и нажмите **ОК**. Далее с помощью предлагаемого инструментария постройте «черновое» осевое сечение болта, как показано на Рис.123.

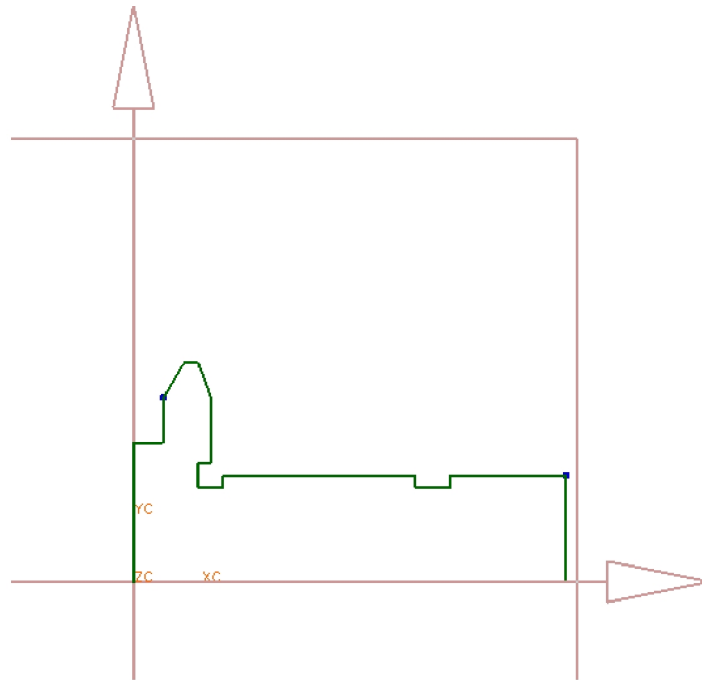


Рис. 123. Исходный (черновой или так называемый freehand) эскиз болта

4. Расставьте размеры и взаимосвязи, определяющие геометрию осевого сечения болта. Законченный эскиз должен выглядеть, как показано на Рис.124.

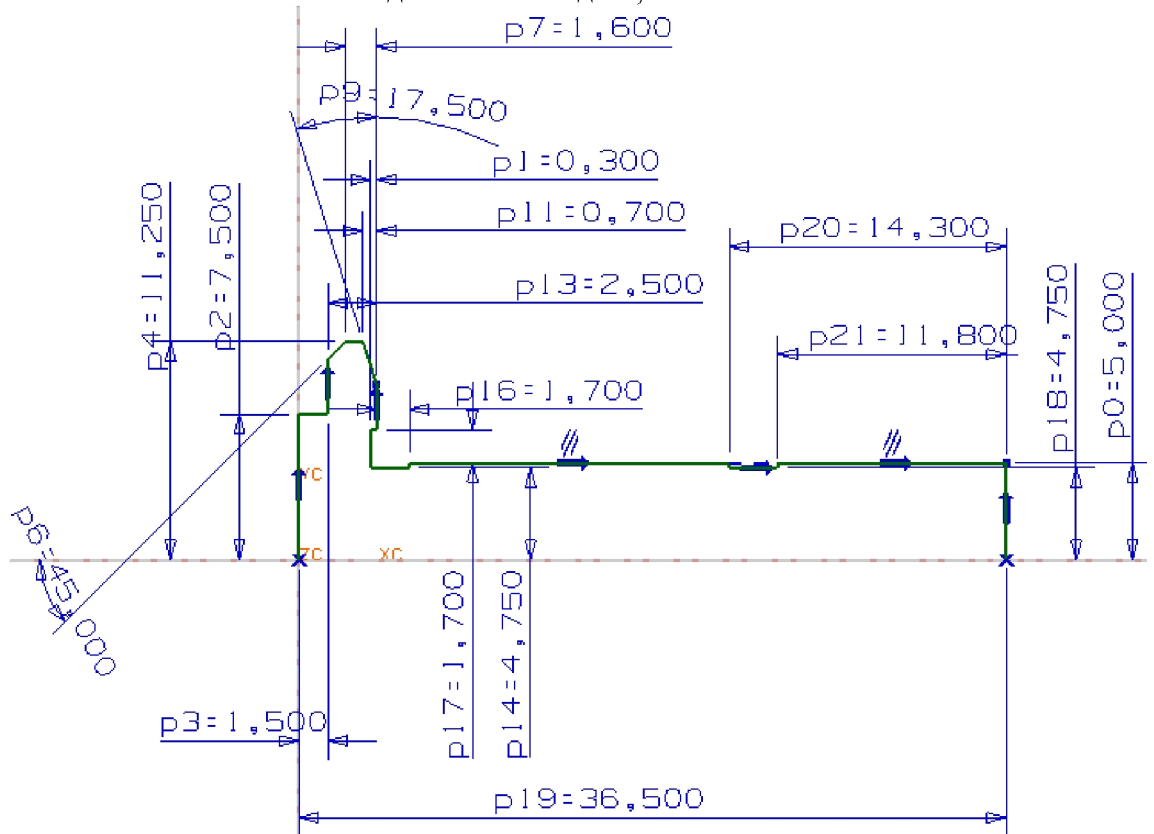


Рис. 124. Образмеренный эскиз осевого сечения болта

5. Используя построенное сечение, создайте тело вращения: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите созданный эскиз и нажмите кнопку **OK**. Выберите метод построения **Axis and Angle**. В качестве вектора, вокруг которого будет выполнено вращение эскиза – выберите ось **XC**, принимаем по умолчанию предлагаемый

начальный угол 0 градусов и конечный угол 360 (Рис.125). В результате должно получиться тело вращения (Рис.126).

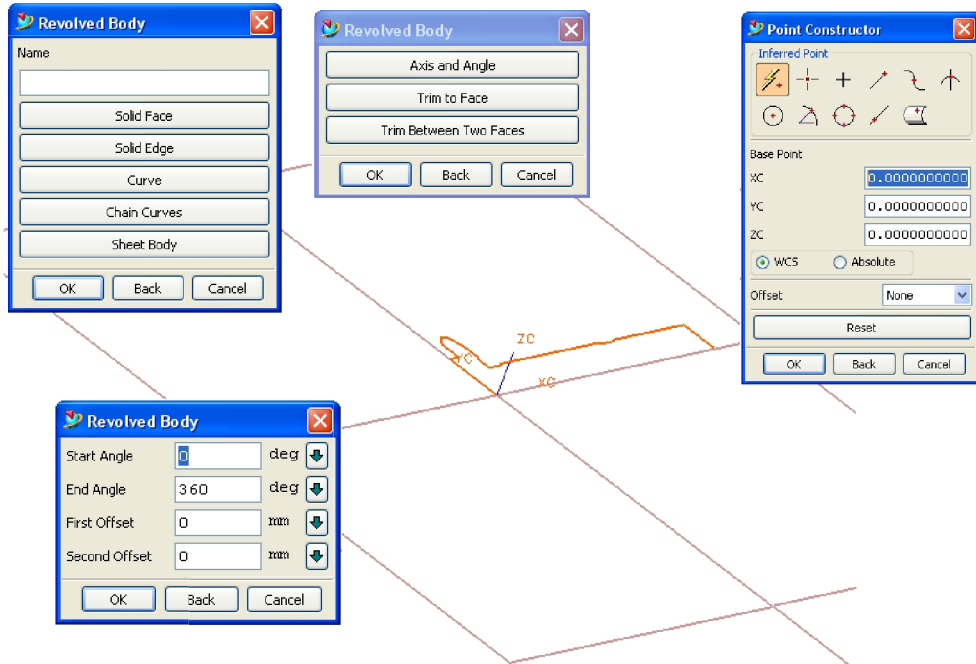


Рис. 125. Выбор параметров для построения тела вращения

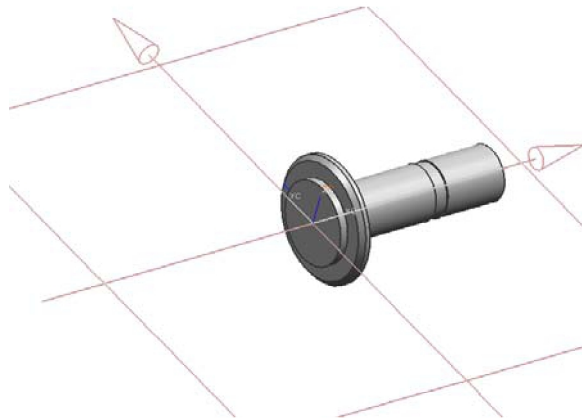


Рис. 126 Тело вращения

6. Выполните скругление радиусом 0.8 мм в выборке между резьбой и телом болта и телом болта и головкой: **Insert** → **Detail Feature** → **Edge blend...** Выберите соответствующие кромки в выборках, задайте радиус 0.8 мм и нажмите **OK** (рис.127).

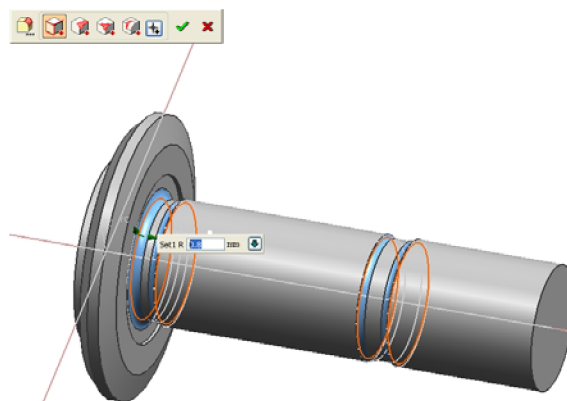


Рис. 127. Создание скругления

7. Создайте фаски в соответствии с требованиями чертежа (Рис.122). Для этого выберите из меню **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите режим построения фаски **Single Offset**, задайте размер фаски (0.6 мм) и нажмите **OK**. Результат – фаски 0.6x45 на головке болта и резьбовом конце (Рис.128).

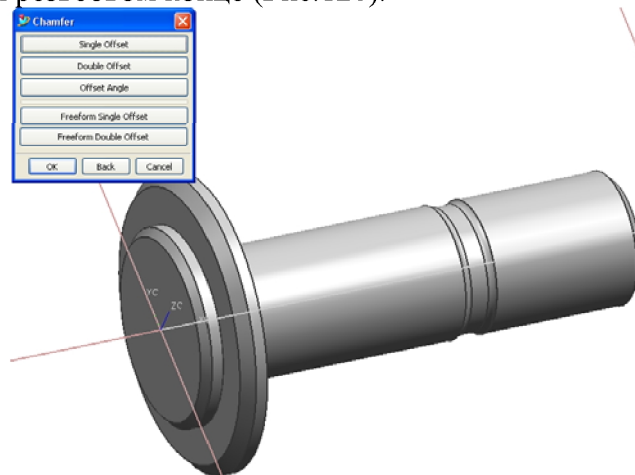



Рис. 128. Создание фасок

8. Выполните скосы на головке болта согласно требованиям чертежа (Рис.122). Для этого создайте эскиз на поверхности головки болта, выберите в качестве плоскости эскиза плоскость **Y-Z**, нажмите **OK**. Выполните построения, определяющие границы скосов. Выйдите из режима эскиз и протяните созданное сечение: выбрать **Insert** → **Design Feature** → **Extrude...**, вызвать **Extrude Dialog** - , задать **Through All** для **Limits End** и в **Boolean** установить **Intersect** (Рис.129), нажмите **OK**.

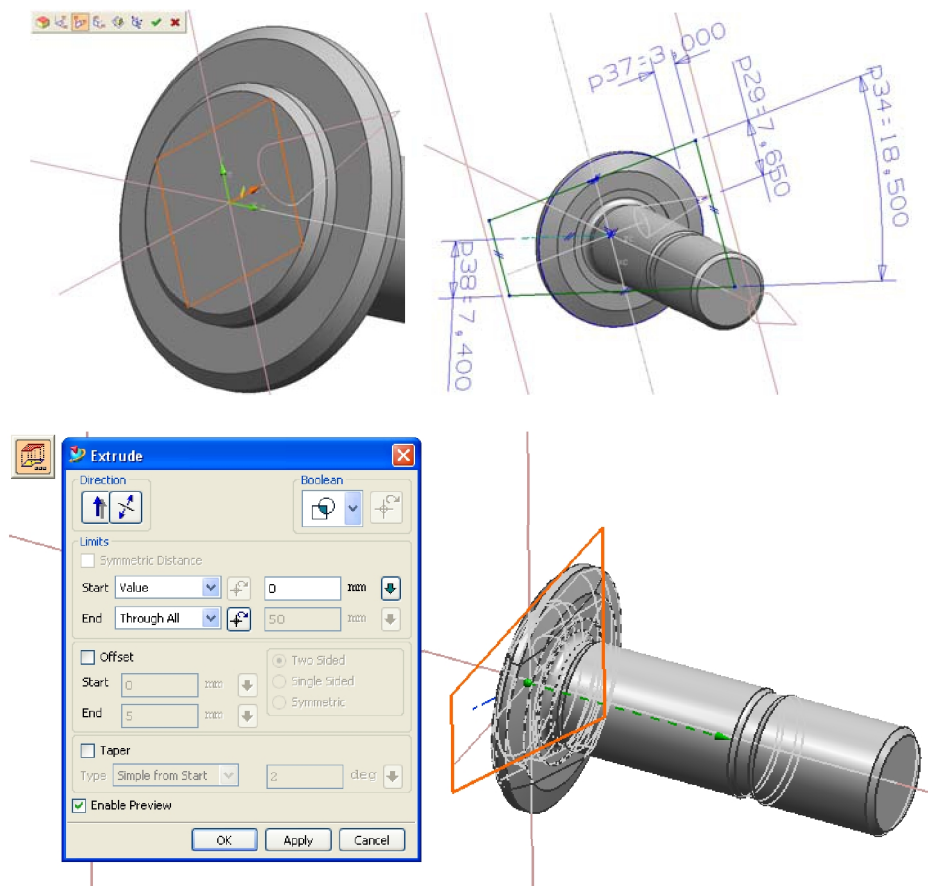


Рис. 129. Создание скосов на головке болта

9. Создайте резьбу на переднем конце детали. Для этого можно воспользоваться меню **Insert** → **Design Feature** → **Thread...**. Выбираем цилиндрическую поверхность и для нее задайте тип резьбы – символическая (**Symbolic**), выберите из списка - **Choose from Table** резьбу M10x1.5, задайте **Length** -11.8 mm. Нажмите **OK** (Рис.130).

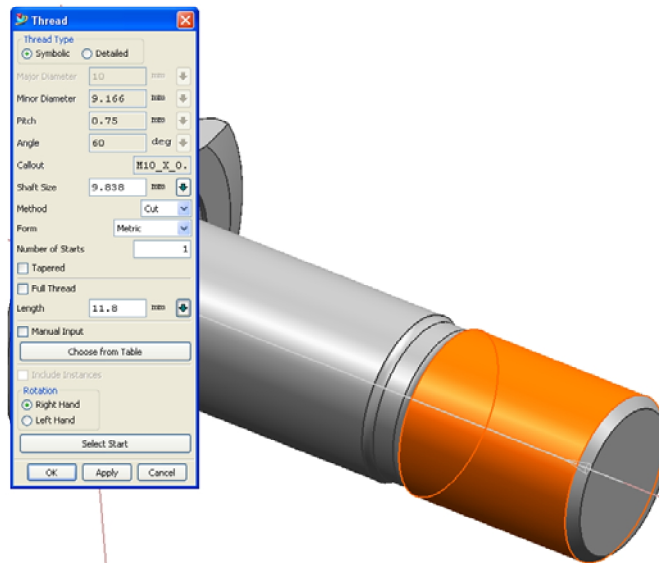


Рис. 130. Создание резьбы

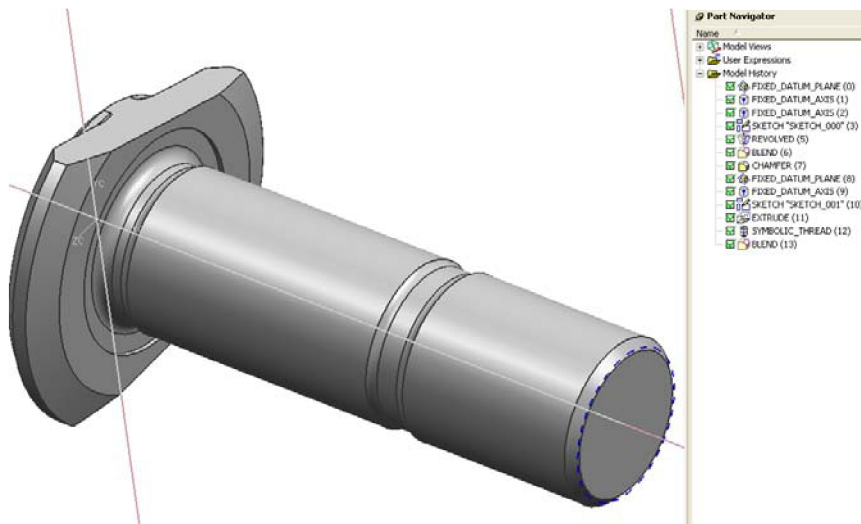


Рис. 131. Модель болта

2.7.2. Гайка

Этапы построения 3D модели:

1. Запустите Unigraphics.
2. Войдите в режим Modeling: **Application** → **Modeling** или используйте горячие клавиши **Ctrl+M**.
3. Создайте вспомогательную плоскость X–Y: **Insert** → **Datum/Point** → **Datum Plane**. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch**. Выберите вспомогательную плоскость и нажмите **OK**. Далее с помощью предлагаемого инструментария постройте поперечное сечение гайки (шестигранника), как показано на Рис.132.

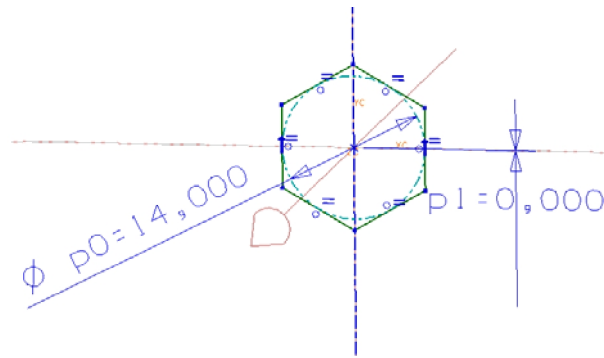


Рис. 132. Эскиз поперечного сечения гайки

4. Протяните полученное сечение на расстояние 8.5 мм: выбрать **Insert** → **Design Feature** → **Extrude...**, задайте высоту гайки 8.5 мм (Рис.133), нажмите **OK**.

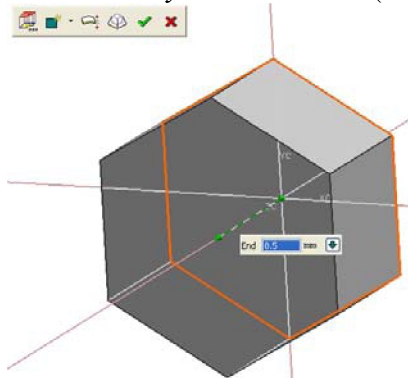


Рис. 133. Тело гайки

5. Создайте эскиз: **Insert** → **Sketch** вспомогательную плоскость **X-Y** и нажмите **OK**. Далее с помощью предлагаемого инструментария постройте вспомогательный эскиз для построения фаски, выйдите из режима эскиза и выполните: **Revolved Body: Insert** → **Design Feature** → **Revolve...** Выберите созданный эскиз и нажмите кнопку **OK**. В **Boolean operation** выберите **Subtract** (Рис.134). Создайте такую же фаску на противоположном торце гайки. Для этого предварительно создайте **Datum Plane**, проходящий посередине высоты гайки (смещенный от основания гайки на 4.25 мм), воспользуйтесь: **Insert** → **Associative Copy** → **Instance...**, выберите опцию **Mirror Feature**, выберите **REVOLVED**, укажите средний **Datum Plane**, нажмите **OK** (Рис. 135).

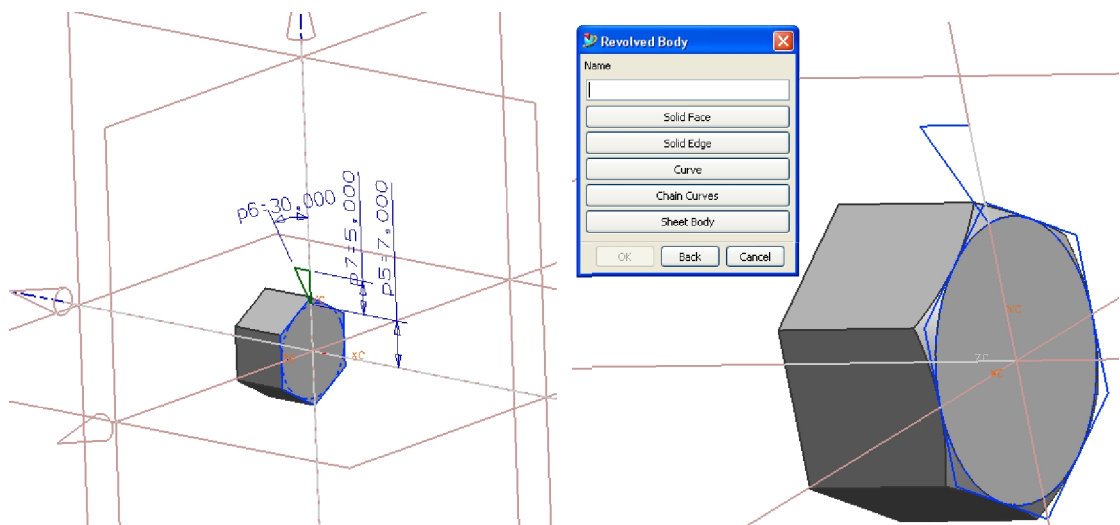


Рис. 134. Построение фаски на торце гайки

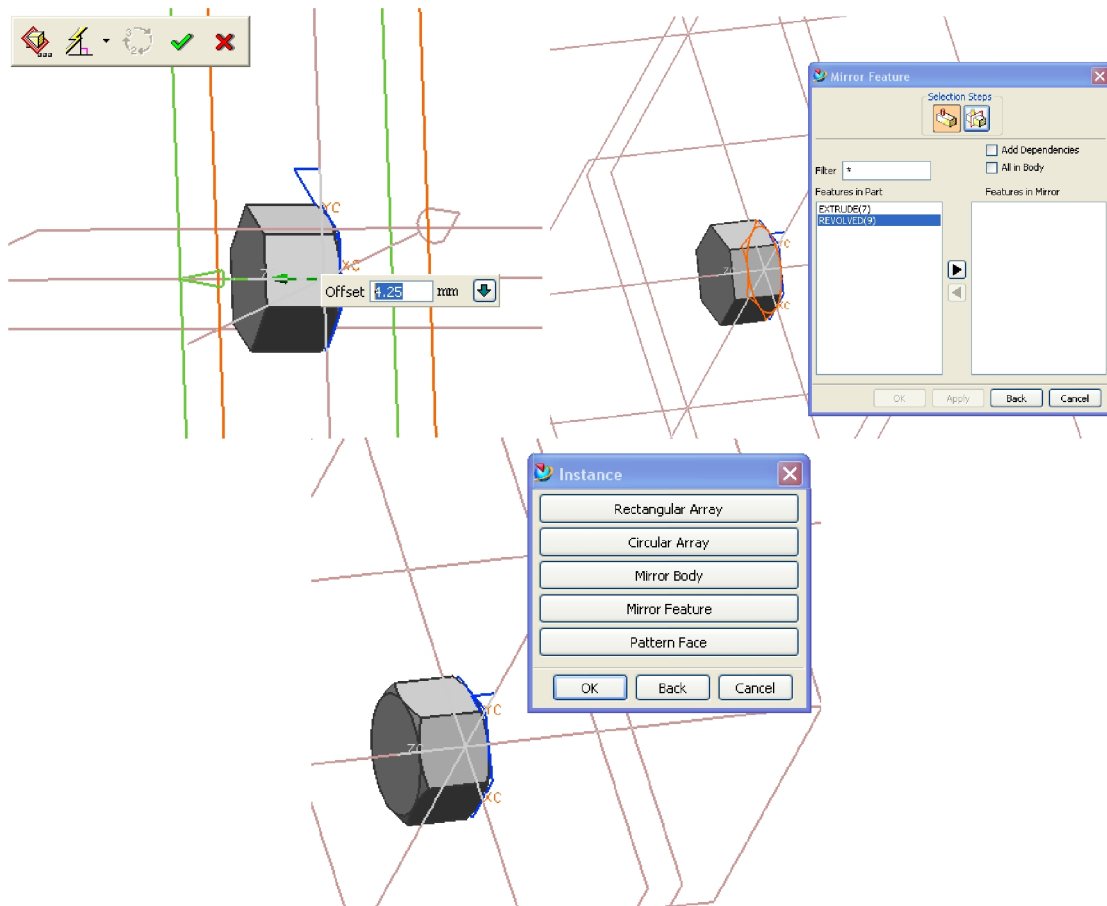


Рис. 135. Симметричное отображение фаски

6. Создайте отверстие диаметром 10 мм: **Insert** → **Design Feature** → **Hole...** Укажите торцевую плоскость гайки, на которой будет создано отверстие, задайте диаметр 10 мм и нажмите кнопку **OK**. В появившемся меню **Positioning** воспользуйтесь опцией **Point onto Point**, выберите одну из дуг на гайке, нажмите **OK**, в **Set Arc Position** выберите опцию **Arc Center**, нажмите **OK**.

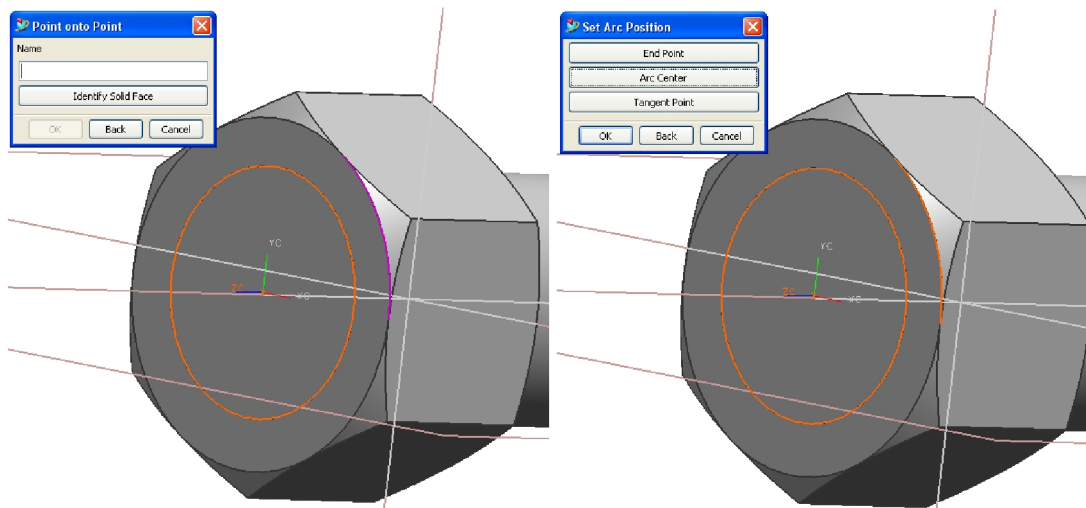


Рис. 136. Построение сквозного отверстия

7. Создайте фаски 0.1x60 на краю отверстия. Для этого: **Insert** → **Detail Feature** → **Chamfer...**, выберите опцию, **Offset Angle**, укажите на кромку и задайте смещение 0.1 мм и угол 60 градусов, нажмите **OK** (Рис.137).

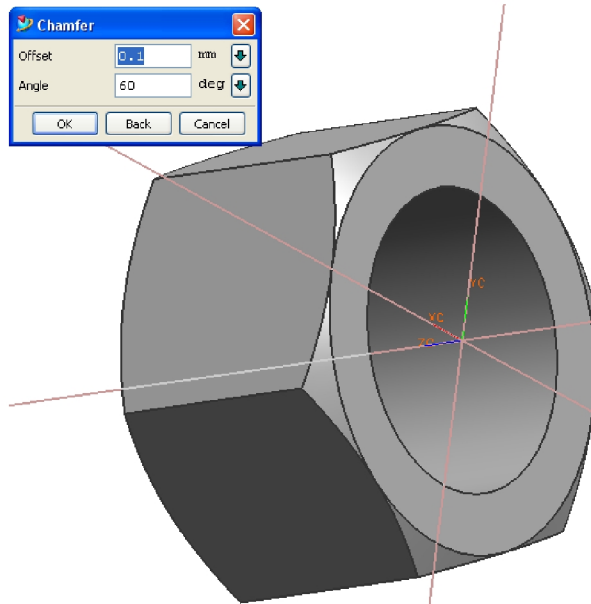


Рис. 137. Построение фаски

8. Создайте цилиндрическую выборку: **Insert** → **Detail Feature** → **Groove...**, выберите опцию **Rectangular**, укажите на цилиндрическую поверхность отверстия, нажмите **OK**, задайте параметры прямоугольной выборки: диаметр 10.2 мм и высота 2.5 мм, нажмите **OK**, на запрос укажите **target** кромку на гайке и **tool** кромку на вспомогательном теле, задайте смещение между кромками равное 0, нажмите **OK** (Рис.138).

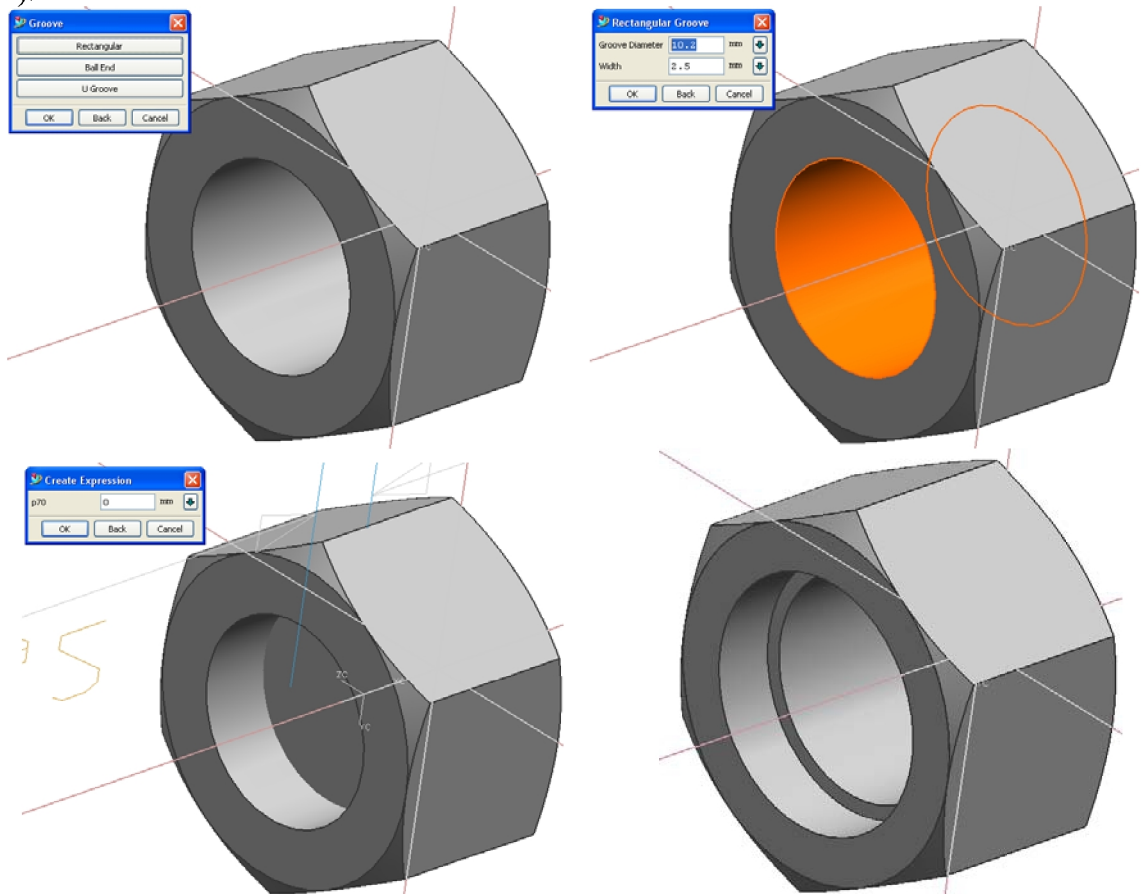


Рис. 138. Построение прямоугольной выборки

9. Создайте резьбу: **Insert** → **Design Feature** → **Thread...** . Выбираем цилиндрическую поверхность и для нее задайте тип резьбы – символическая (**Symbolic**) и

выберите из списка - **Choose from Table** резьбу M10x1.5, выберите кромку, от которой начинается резьба – опция **Select Start**, задайте **Length** -5.8 mm. Нажмите **OK** (Рис.139).

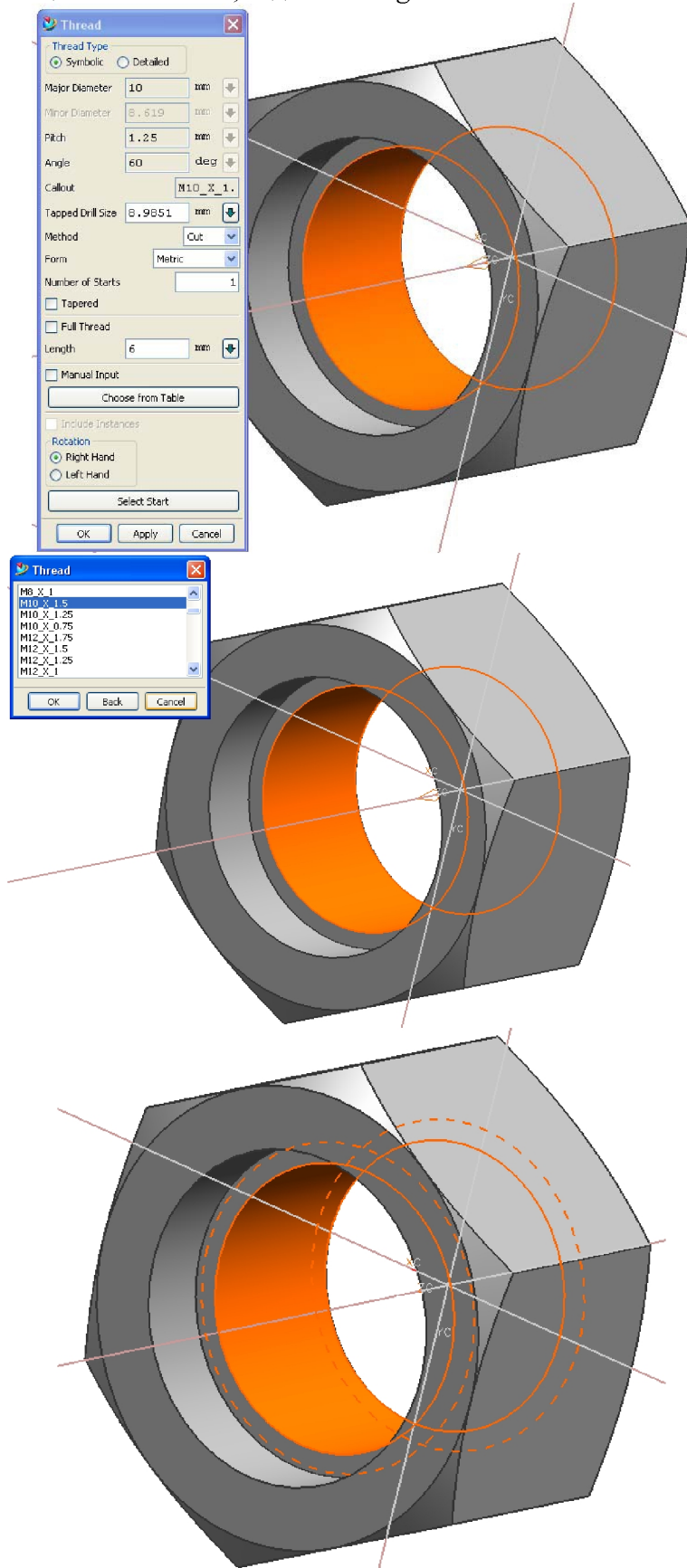


Рис.139. Создание резьбы

Заключение

В данном методическом указании изложены методики твердотельного моделирования деталей ротора турбомашин в системе UniGraphics NX. Методические указания раскрывают основные приемы и правила создания твердотельных моделей деталей ротора турбомашин, таких как диск, лопатка, междисковые проставки и др., на примере ротора КВД двигателя НК-56.

В процессе работы по методике используются различные способы и методы построения деталей ротора турбомашин и выбраны оптимальные операции. Это позволяет существенно сократить в дальнейшем трудоемкость создания студентами подобных элементов в собственных курсовых работах.

Библиографический список

1. Краснов, UNIGRAPHICS для профессионалов/ М. Краснов, Ю. Чигишев.- Москва: Лори, 2004.- 319 с.

Учебное издание

*Фалалеев Сергей Викторинович
Бондарчук Петр Владимирович
Медников Николай Викторович*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ
ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ И САД/САЕ
ЧАСТЬ 1**

Методическое указание

Технический редактор В. Н. В я к и н
Редакторская обработка А. В. Я р о с л а в ц е в а
Корректорская обработка А. А. Н е ч и т а й л о
Доверстка Н. С. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 14.11.07. Формат 60x84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 10,5.

Тираж 120 экз. Заказ . ИП-ж118/2007

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

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