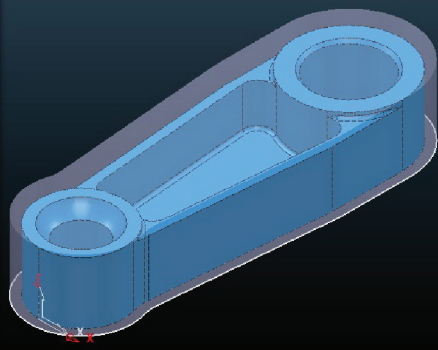
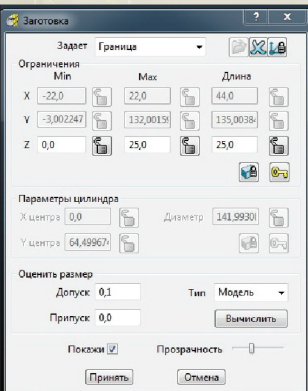


Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

А.В. Зотов, А.А. Козлов

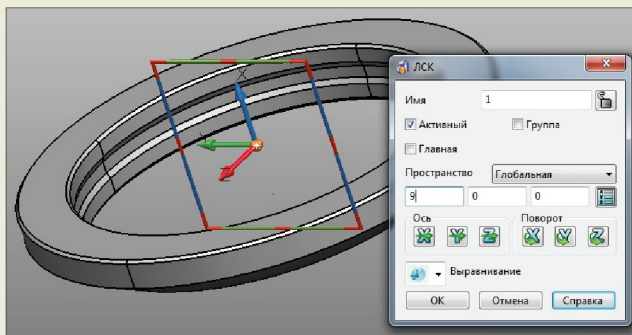
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Электронное учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВО
«Тольяттинский
государственный
университет», 2016

ISBN 978-5-8259-0991-2



УДК 621.91
ББК 30.2.-5-05

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, и. о. первого проректора Российского государственного социального университета *А.А. Солдатов*;
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного университета *Д.А. Расторгуев*.

Зотов, А.В. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов : электронное учеб.-методическое пособие / А.В. Зотов, А.А. Козлов. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. — 1 оптический диск.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы CAD/CAM-моделирования на примере пакетов семейства PowerSolution.

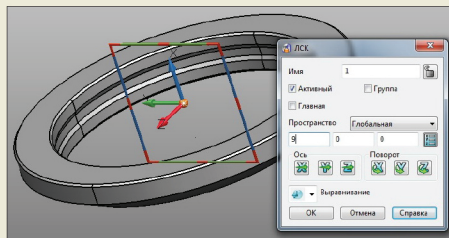
Предназначено для студентов очной формы обучения направления подготовки бакалавра 151900.62 (15.03.05) «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» при изучении дисциплин «Основы систем автоматизированного проектирования», «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов».

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; ПIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2016





Редактор *Т.Д. Савенкова*
Технический редактор *Н.П. Крюкова*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 12.09.2016.

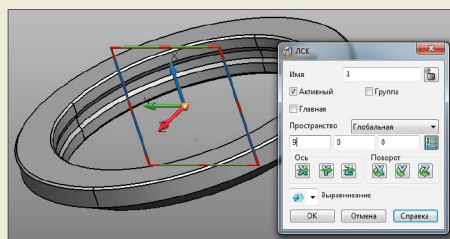
Объем издания 17,1 Мб.

Комплектация издания:

компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-21-15.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru



Содержание

Введение	5
1. СИСТЕМЫ CAD/CAM-МОДЕЛИРОВАНИЯ.	
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ	6
1.1. Пакет CAD-моделирования PowerShape	6
1.2. Пакет CAM-моделирования PowerMill	8
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	9
Практическая работа 1. Методика создания CAD-модели на базе операции вытягивания	9
Практическая работа 2. Методика создания CAD-модели на базе операций вращения и протягивания по сечениям	28
Практическая работа 3. Методика создания CAD-модели на основе поверхностного моделирования	39
Практическая работа 4. Методика создания CAM-модели на базе стратегий 3D смещения	49
3. МЕТОДИКА ОЦИФРОВКИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	69
Библиографический список	79
Приложение 1	80
Приложение 2	82
Приложение 3	84
Приложение 4	86

ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматизированного проектирования с каждым годом занимают все больше места как в технической подготовке производства, так и при управлении жизненным циклом изделий. Сейчас уже практически невозможно представить современное производство без использования подобных систем. Для любого специалиста в области машиностроения уже давно не являются чем-то новым такие аббревиатуры, как CAD/CAM/CAE. Ни для кого не секрет, что ускорение процессов подготовки производства, повышение производительности инженерно-технологических подразделений являются серьезными конкурентными преимуществами, так как существенно сокращают производственный цикл изготовления продукции.

Развитие и повышение эффективности промышленного производства напрямую связываются с внедрением новых информационных технологий, которое сдерживается прежде всего отсутствием квалифицированных специалистов.

Целью данного учебно-методического пособия является обучение студентов принципам CAD/CAM-моделирования с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования при решении практических задач профессиональной деятельности.

В пособии представлены варианты работ в программном пакете PowerShape, который позволяет в единой среде комбинировать разные техники моделирования: каркасное, твердотельное, поверхностное. Эти комбинации нашли отражение в практических работах.

В программном пакете PowerMill в ходе объяснения выполнения примера работы подробно разобраны варианты создания заготовок и расчета высот выборки.

Приведены варианты заданий для самостоятельной работы студентов.

1. СИСТЕМЫ CAD/CAM-МОДЕЛИРОВАНИЯ. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Пакет CAD-моделирования PowerShape

PowerShape — мощный гибридный моделировщик, сочетающий в себе широкий набор инструментов каркасного, твердотельного и поверхностного моделирования, работу с триангулированными моделями и текстурами, а также дополненный возможностями обратного инжиниринга.

В системе PowerShape реализована концепция Total Modeling, которая позволяет в единой среде моделирования комбинировать разные техники моделирования: каркасное, твердотельное, поверхностное, фасетное (триангулированное) и рельефное [1].

Поверхностное моделирование является сильной стороной пакета PowerShape. Построение поверхностей с помощью набора простых инструментов PowerShape содержит огромный потенциал для редактирования формы. Пользователю достаточно выбрать исходный набор данных, и PowerShape автоматически предлагает наиболее подходящий способ построения поверхности. При добавлении или выборочном удалении исходных элементов PowerShape тут же пересматривает метод создания поверхности и предлагает новый вариант. В то же время у пользователя на любом этапе сохраняется возможность самостоятельно задать необходимый ему способ и параметры построения. Уникальные инструменты, такие как морфинг, позволяют изменять форму изделия одной операцией, заменяя очень длительный и трудоемкий процесс поочередной модификации нужных элементов изделия [1].

Рассмотрим подробнее характеристики основных объектов PowerShape:

- каркасные объекты — включают линии, дуги, кривые, точки и т. д.; могут быть двухмерными и пространственными, используются для создания чертежей и большинства типов поверхностей и тел;
- поверхности создаются из каркасных объектов или путем преобразования из твердых тел. Поверхность можно представить как оболочку нулевой толщины, натянутую на сеть кривых. Простран-

ственная поверхностная модель представляет собой полый объект. Поверхности создаются набором поперечных (латерал) и продольных (лонгитуд) образующих; у поверхности может быть направляющая (спин);

- тела также создаются из каркасной геометрии, примитивов стандартных форм или путем преобразования из набора поверхностей. Пространственная твердотельная модель представляет собой цельный кусок материала.

Латерал можно представить как кривую или профиль, содержащий как минимум две точки. Он может быть плоским (рис. А) и трехмерным (рис. Б), открытым или замкнутым.

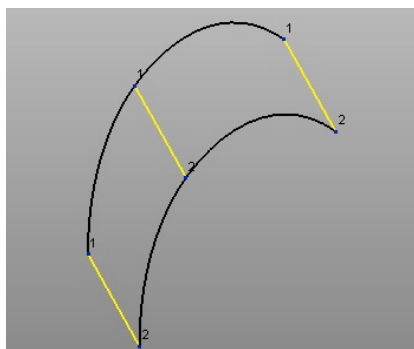


Рис. А. Каркасная геометрия на базе плоских открытых латералов

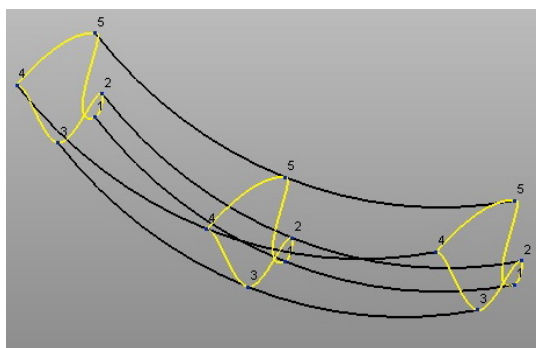


Рис. Б. Каркасная геометрия на базе трехмерных замкнутых латералов

В поверхности должно быть как минимум два латерала. Заданные латералы определяют поверхность (промежуточные точки аппроксимируются). Одноименные точки (с равными номерами) латералов соединяются плавной кривой (она и называется лонгитудом).

1.2. Пакет САМ-моделирования PowerMill

PowerMill – пакет для подготовки высокоэффективных управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ. Он позволяет повысить производительность станков и одновременно с этим достичь наивысшего качества при изготовлении деталей и оснастки [2].

Функции пакета PowerMill [2]:

- Гибкие стратегии черновой и чистовой обработки
- Высокая скорость расчета управляющих программ
- Мощный инструмент для редактирования управляющих программ
- Интегрированные средства их визуализации и проверки
- 100 % гарантия от зарезаний
- Импорт твердотельных, поверхностных и фасетных моделей, а также каркасной геометрии в различных форматах: AutoCAD, STL, STEP, IGES, VDA, DXF
- Дополнительно можно использовать прямые интерфейсы системы Delcam Exchange
- Нетребователен к качеству данных и выполняет обработку без зарезаний даже при разрывах на поверхности модели
- Библиотека стандартных постпроцессоров плюс конфигурируемый постпроцессор
- Обработка 2,5D без трехмерной модели по эскизу или импортированному чертежу
- Автоматический поиск плоских участков, распознавание отверстий
- Закрывание отверстий и пазов для исключения их обработки
- Гибкий механизм границ для ограничения зоны обработки.

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа 1 Методика создания CAD-модели на базе операции вытягивания

Создадим модель гаечного ключа (рис. 1.1).

После запуска PowerShape



автоматически открывается

окно новой модели. Создание 3D-модели начнем с выполнения рабочего эскиза гаечного ключа в средней плоскости.

Активируем команду «Создать одиночную линию», нажав на соответствующую клавишу  контекстно-зависимого меню опции «Линия»  главной панели создания модели (далее — главной панели). Введем в поле ввода координат параметры первой точки

Точ	0,01	-59.5 0
-----	------	---------

 и начертим горизонтальную линию предварительно длиной 19 мм (рис. 1.2), пользуясь интеллектуальным курсором.

Точность отображения элементов по умолчанию установлена на величину 0,01 мм. В любой момент моделирования точность можно изменить в соответствии с требованиями к качеству проектируемой модели.

Вторую линию начертим аналогично из точки с координатами (-5 -9.5 0).

Как можно было заметить, для черчения геометрии каркаса гаечного ключа его эскиз мысленно был развернут на 15° относительно точки пересечения осей рукоятки и зева в середине дуги радиуса R14.

Для построения задней стенки зева активируем команду «Дуга по центру, радиусу и сектору»  контекстно-зависимого меню опции «Дуга»  главной панели. Выполним построение дуги из точки центра координат произвольным радиусом, примерно как показано на рис. 1.3.

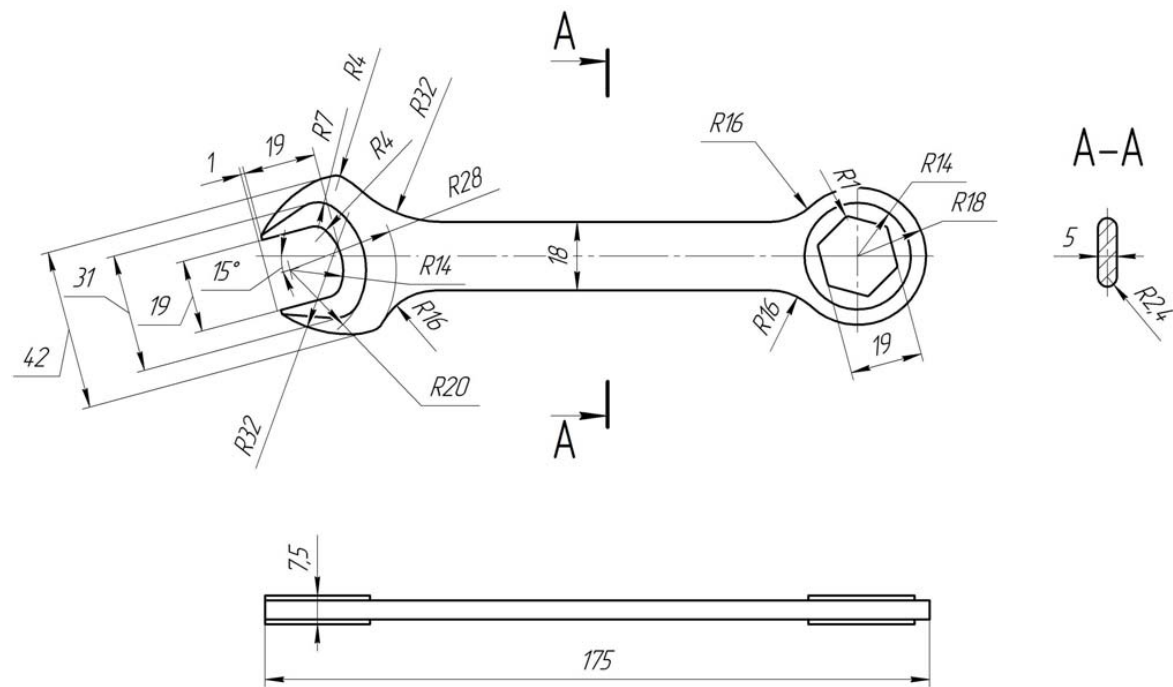


Рис. 1.1. Эскиз гаечного ключа

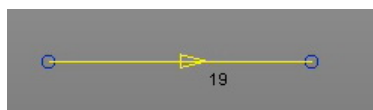


Рис. 1.2. Отображение линии

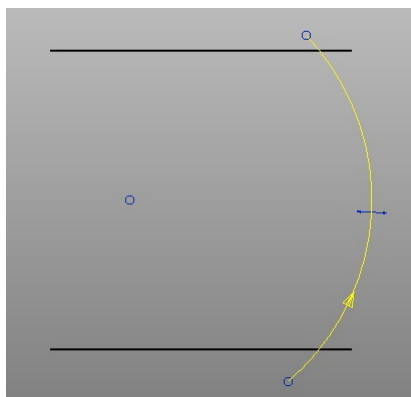


Рис. 1.3. Процесс создания дуги

Затем двукратным щелчком по левой кнопке мыши вызываем окно редактирования параметров (рис. 1.4) и в поле «радиус» вводим значение 14 мм.

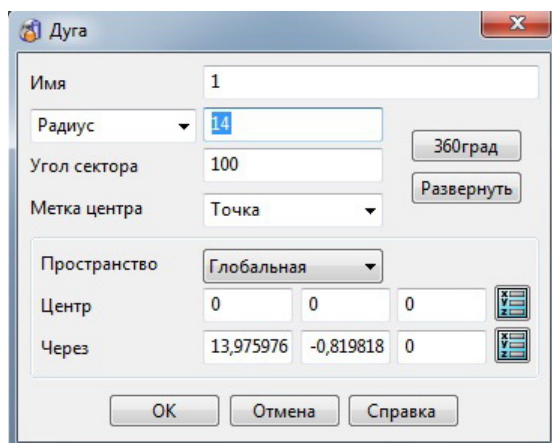


Рис. 1.4. Окно «Дуга»

Для построения скругления между прямыми и дугой активируем команду «Скругление»  и укажем необходимый нам радиус 4 мм в поле ввода координат Точ . Затем, выбирая последовательно элементы, создадим соответствующие скругления между дугой и прямыми (рис. 1.5).

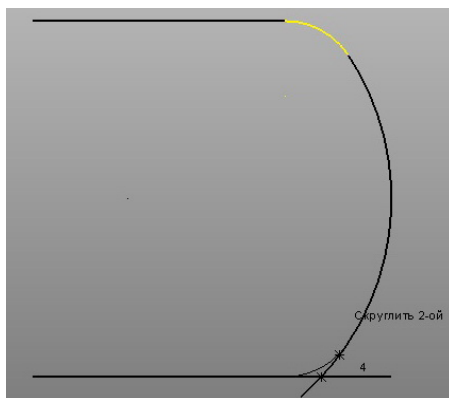


Рис. 1.5. Создание скругления

Теперь начертим внешний контур головки ключа. На высоте 21 мм начертим вспомогательную линию (рис. 1.6).

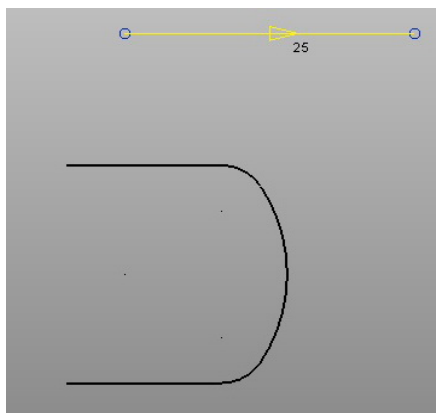


Рис. 1.6. Вспомогательная линия

Согласно эскизу (рис. 1.1) создадим дугу радиусом 28 мм с центром в начале координат, пользуясь интеллектуальным курсором и координатой первой точки дуги , а вторую точку создадим, продлив дугу до пересечения с горизонтальной линией (рис. 1.7).

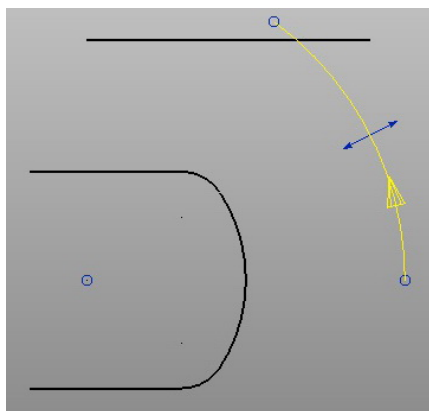


Рис. 1.7. Дуга от оси X

Скругление создадим по касательным посредством команды «Дуга по трем точкам» . При наведении курсора мыши на линию появляется подсказка «Касание» (рис. 1.8) — в этот момент необходимо кликнуть по линии и провести аналогичные действия с дугой.

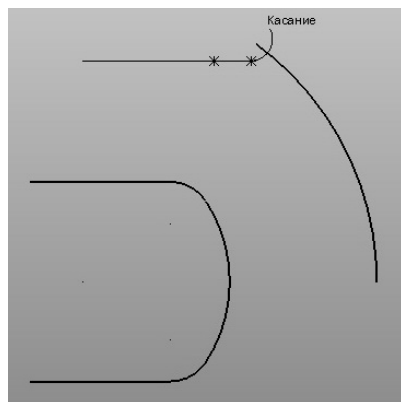


Рис. 1.8. Процесс создания дуги по касательным

Так будут задействованы две точки из трех. Для построения третьей точки необходимо вывести дугу на примерный радиус, кликнуть по ней, в этот момент появится окно «Радиус», в поле ввода которого указываем значение 12 мм (рис. 1.9).

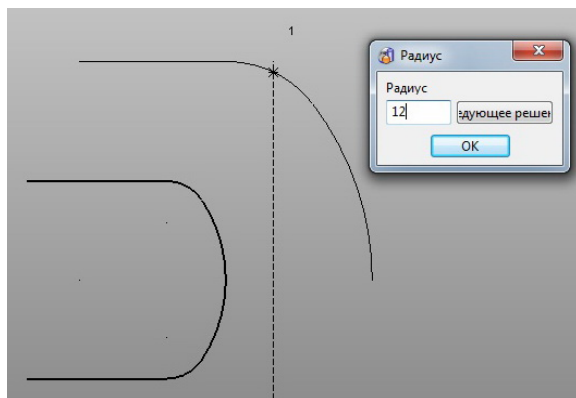


Рис. 1.9. Окно «Радиус»

Продлим дугу на больший центральный угол (рис. 1.10).

Следующий шаг: построим дугу по трем точкам с координатой первой точки $(-6 \ 9.5 \ 0)$ касательно к построенной ранее дуге и радиусом 32 мм (рис. 1.11).

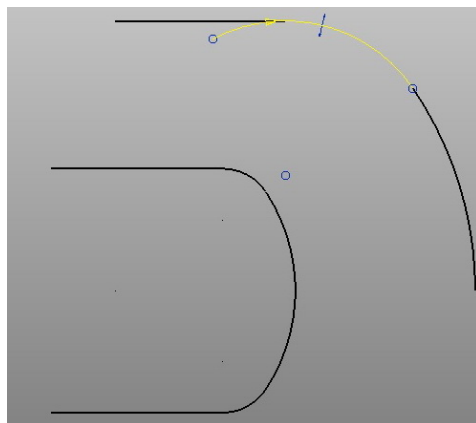


Рис. 1.10. Продление дуги

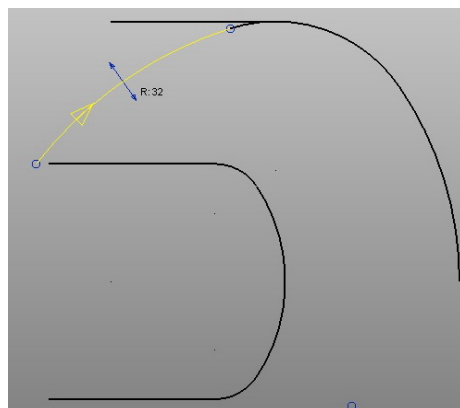


Рис. 1.11. Дуга по трем точкам

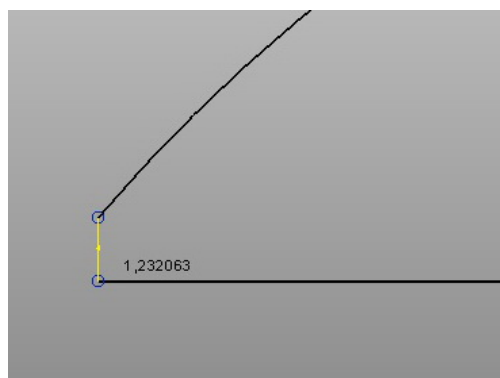


Рис. 1.12. Ограничивающая линия

Удалим ставшую ненужной вспомогательную линию и построим прямую из точки $(-5 \ 9.5 \ 0)$ вертикально до пересечения с последней созданной дугой, которую обрежем посредством команды «Ограничить до пересечения»  (необходимо кликнуть по обрезаемой части элемента каркасной геометрии) из выпадающего меню «Параметры общего редактирования»  (рис. 1.12).

Построим элементы геометрии усиленной части головки гаечного ключа.

В первую очередь начертим линию на высоте, равной половине ширины усиленного выступа (см. рис. 1.1).

Дугу радиусом 20 мм построим посредством команды «Полная дуга (окружность)»  контекстно-зависимого меню опции «Дуга»  главной панели. Центрируясь в начале координат, построим окружность произвольного радиуса и, активируя её двойным щелчком мыши, установим значения радиуса и угла сектора в окне «Дуга», как показано на рис. 1.13.

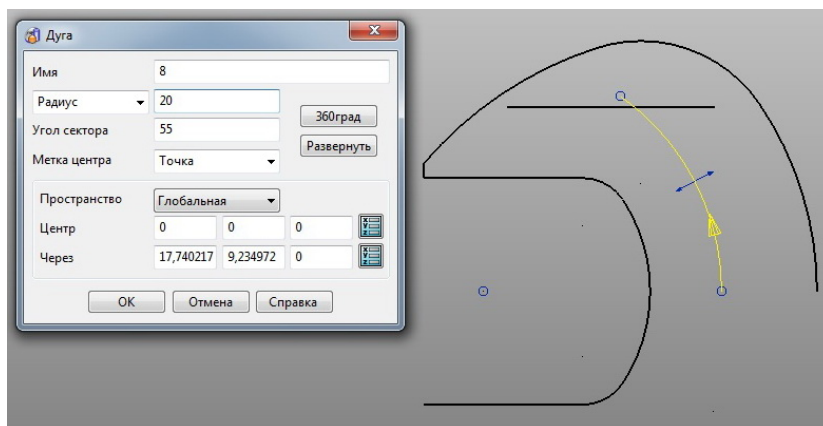


Рис. 1.13. Процесс создания дуги

Как видно на рис. 1.13, угол сектора отсчитывается от положительного направления оси X против часовой стрелки. Построим данный элемент геометрии, используя ранее разобранные команды.

Для наглядности следующего шага создадим локальную систему координат командой «Создать одиночную систему координат»  контекстно-зависимого меню опции «Локальная система координат»  главной панели, совпадающую с глобальной. И выполним симметрию требуемых элементов (выделяем их посредством левой кнопки мыши с зажатой клавишей «Ctrl»), используя команду «Отобразить зеркально объекты»  выпадающего меню «Параметры общего редактирования»  (рис. 1.14).

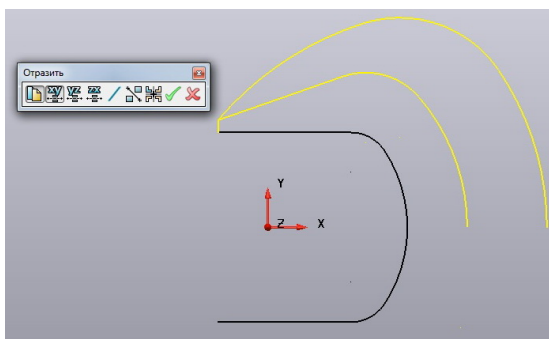


Рис. 1.14. Окно «Отразить»

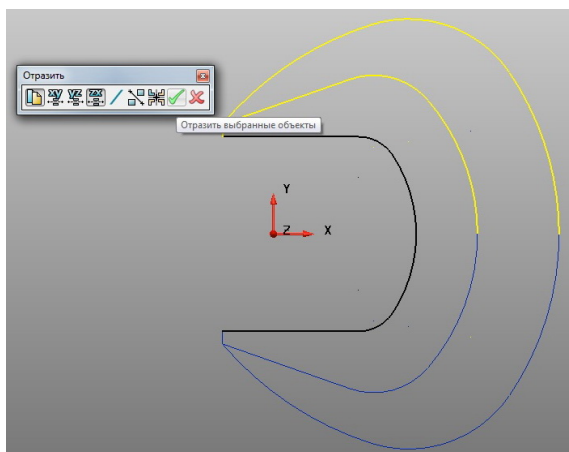


Рис. 1.15. Результат симметрии

Активная первая иконка панели «Отразить» (рис. 1.14) позволяет скопировать выделенные элементы (если она неактивна, то элементы будут только перенесены), в данном случае относительно плоскости ZX (рис. 1.15). Для фиксации выполненного действия нажимаем зеленую галочку «Отразить выбранные объекты» (рис. 1.15).

Для дальнейшего построения развернем эскиз на 15° относительно оси X в активной плоскости, используя команду «Повернуть объекты»  выпадающего меню «Параметры общего редактирования» . Обратите внимание, что в окне «Поворот» (рис. 1.16) иконка «Скопировать выбранные объекты» неактивна.

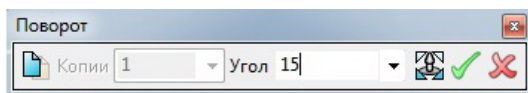


Рис. 1.16. Окно «Поворот»

Зафиксируем выполненное действие, нажав на иконку «Повернуть выбранные объекты» в окне «Поворот» (зеленая галочка).

Далее начертим вспомогательную осевую линию, одним концом привязавшись к середине дуги (следуем за интеллектуальным курсором) в положительном направлении оси X на длину 140 мм. Проведя горизонтальную линию любой длины, активируем её двойным щелчком мыши и в окне «Линия» (рис. 1.17) задаем необходимую длину.

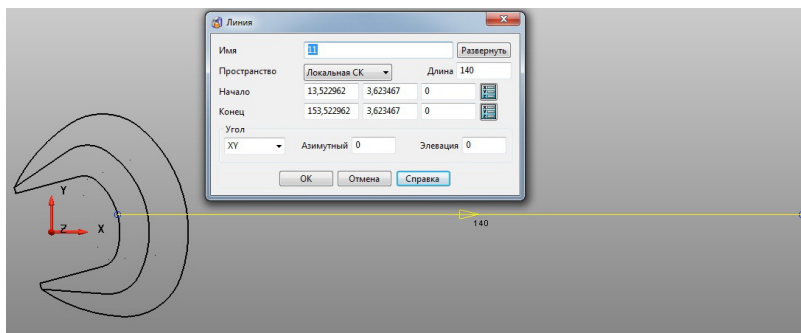


Рис. 1.17. Окно «Линия»

В окне «Линия» можно наблюдать, что активной на данный момент является локальная система координат; рабочая плоскость XY ; азимутный угол (угол в плоскости XY) равен 0; угол элевации (угол в пространстве относительно плоскости XY) также равен 0.

Для того чтобы отличать вспомогательную геометрию, изменим цвет линии — иконка «Цвет объекта»  на главной панели.

Теперь, согласно эскизу (см. рис. 1.1) создадим шестигранник под углом 15° к оси изделия. Используем команду «Многоугольник»  контекстно-зависимого меню опции «Линия»  главной панели. Выбираем параметры шестигранника, как на рис. 1.18, и при построении осуществляем поворот на нужный угол, контролируя параметры интеллектуальным курсором.

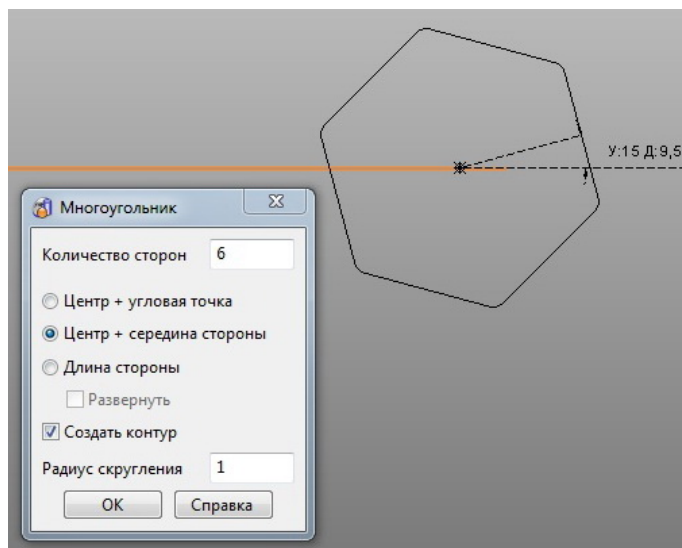


Рис. 1.18. Построение шестигранника

Из центра многоугольника построим две окружности радиусами 14 и 18 мм.

Передвинем систему координат на ось изделия — для этого активируем её и левой кнопкой мыши, ухватившись за центр, перемещаем в требуемое положение (рис. 1.19).

Построение рукоятки начнем с горизонтальной линии, координату первой точки которой возьмем (15 9 0), и продлим её на расстояние 102...104 мм (рис. 1.20), а затем выполним копирование симметрично плоскости ZX .

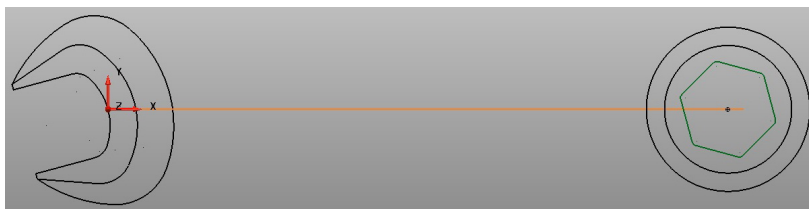


Рис. 1.19. Новое положение системы координат

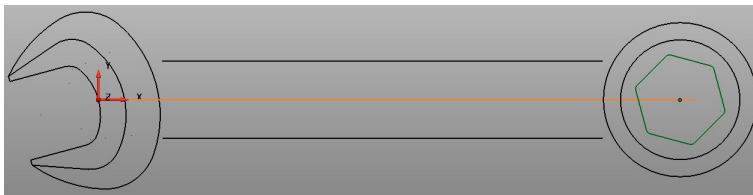


Рис. 1.20. Линии будущего каркаса рукоятки

Используя команду «Дуга по трем точкам» , выполним сопряжения по касательным прямым линиям с дугами соответствующими радиусами (см. рис. 1.1). Удалим вспомогательные элементы геометрии. Результат показан на рис. 1.21.



Рис. 1.21. Эскиз ключа в средней плоскости

Для завершения работы с каркасной геометрией необходимо создать композитные кривые (контуры) вдоль линий, дуг, кривых, то есть объединить несколько элементов в один – необходимо для работы с поверхностями и телами. Один такой контур уже был создан нами автоматически при создании многогранника (рис. 1.19). Как видно, контуры отображаются темно-зеленым цветом.

Активируем команду «Создать контур пошаговым следованием»  контекстно-зависимого меню опции «Кривая»  главной панели. Для создания непосредственно контура необходимо левой кнопкой мыши кликнуть по одному из элементов геометрии, вдоль которых будет создаваться композитная кривая, и далее, пользуясь маркерами (рис. 1.22), протянуть контур нужной конфигурации.

На рис. 1.22 показан процесс создания контура усиленной части головки ключа. По завершении процесса созданный контур нужно сохранить  и в нашем случае приступить к созданию следующего замкнутого контура вдоль внешней траектории ключа.

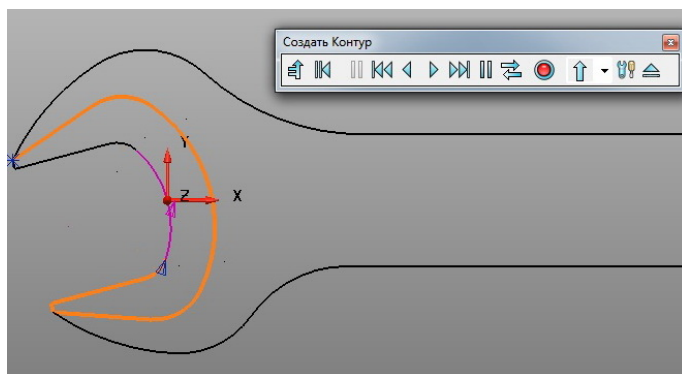


Рис. 1.22. Процесс создания контура

Теперь перейдем к инструментарию создания твердых тел и поверхностей. Выберем с зажатой клавишей «Ctrl» три контура (так как одна высота вытягивания) и активируем команду «Создайте одно или более тел вытягивания»  контекстно-зависимого меню опции «Тело»  главной панели. В открывшемся окне «Размеры» (рис. 1.23) задаем длину вытягивания по первому направлению — 3,75 мм.

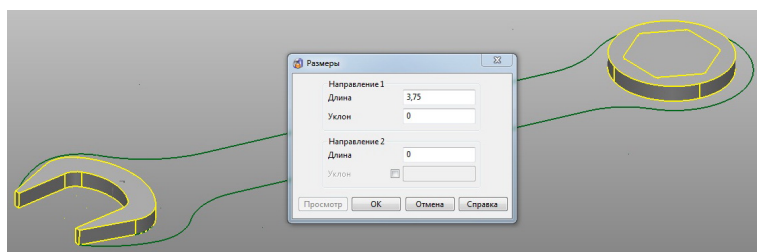


Рис. 1.23. Окно «Размеры»

Так были созданы три тела вытягивания. Как видно на рис. 1.23, в районе шестигранника результат несколько отличается от того, что требовалось получить. В PowerShape, в отличие от других программ (например, Компас 3D), тела автоматически не вычитаются.

Для создания операции вычитания воспользуемся командой «Вычесть выбранное тело, поверхность или символ из активного тела»  контекстно-зависимого меню опции «Элемент»  главной панели. Как следует из наименования команды, необходимо

назначить активным тело вытягивания цилиндра. Сделать это можно несколькими способами:

- активировать команду «Показать окно дерева построения» панели инструментов «Редактирование тела» (появляется при выборе тела в графическом окне) и выставить красный флажок, символизирующий активное тело, напротив требуемого;
- выбрать любое тело в графическом окне и посредством активации команды «Тело активно/неактивно»  на самой панели инструментов «Редактирование тела» сделать его активным либо нет;
- щелчком правой кнопки мыши по выбранному телу вызвать выпадающее меню и в случае, если тело необходимо сделать активным, проставить галочку напротив соответствующей строки «Активный» (рис. 1.24).

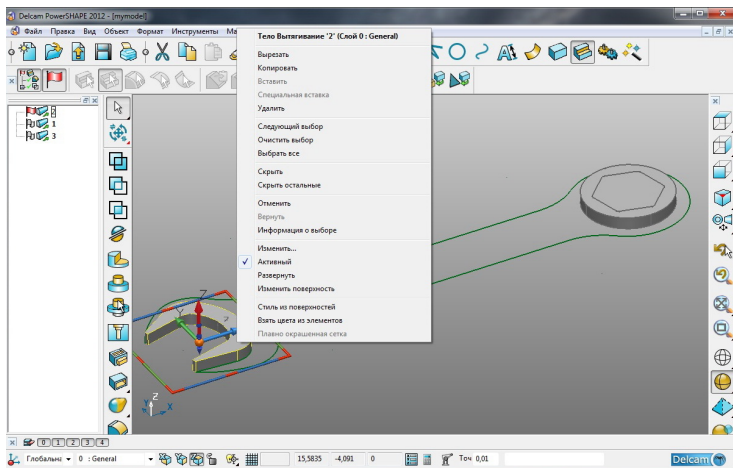


Рис. 1.24. Выпадающее меню тела вытягивания

Создадим еще одно тело вытягивания (по первому направлению на 2,5 мм) по последнему незадействованному контуру. Сделаем его активным и посредством активации команды «Добавить выбранное тело, поверхность или символ к активному телу»  контекстно-зависимого меню опции «Элемент»  главной панели объединим с ним тела вытягивания зева и цилиндра, а командой  вычтем из него тело вытягивания шестигранника (рис. 1.25).

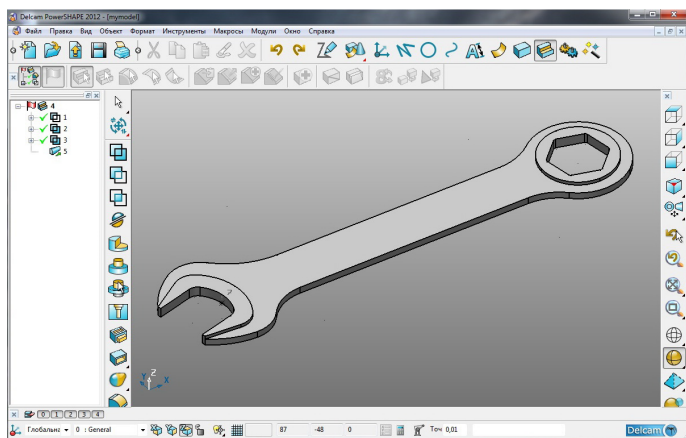


Рис. 1.25. Результат вычитания

Для построения переменного переходного радиуса конвертируем созданное тело в набор поверхностей — команда «Конвертировать выбранные тела в поверхности»  на панели «Редактирование тела». При этом нормали всех поверхностей должны быть направлены в одну сторону. Контроль данного требования можно осуществить, просмотрев цвет окраски поверхностей (по умолчанию цвета синий/красный оповещают о соответствующих направлениях нормали) (рис. 1.26).

Кроме того, при выборе любой поверхности появляются маркеры направления данной поверхности (продольное/поперечное) — крупная стрелка и направления нормали — мелкая стрелка (рис. 1.26). Щелчок мыши по данным маркерам меняет значение на противоположное.

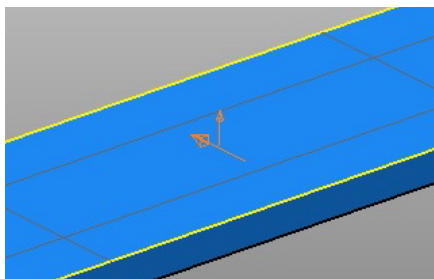


Рис. 1.26. Маркер направления и нормали

Проконтролировав нормали на интересующих нас поверхностях, активируем команду «Скругление»  контекстно-зависимого меню «Поверхность»  главной панели. Установим базовое значение радиуса — 1 мм, тип скругления — выпуклое, в качестве основных поверхностей — боковая окантовка ключа, в качестве вспомогательной — верхняя грань. Установив требуемые характеристики, нажимаем клавишу «Просмотр» в окне «Скругление поверхностей» (рис. 1.27), если нет ошибок, то появится образующая кривая радиуса.

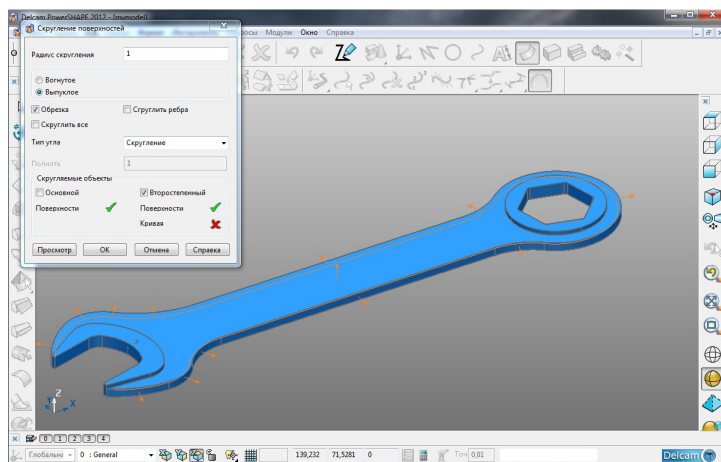


Рис. 1.27. Окно «Скругление поверхностей»

Нажатие клавиши «ОК» открывает следующее окно — «Выбор пути скругления». Выбираем образующую будущего скругления, и в этот момент появляются ключевые точки, позволяющие визуализировать выполняемые действия. При клике на кривую появляется радиус, текущее значение которого отображается в окне (рис. 1.28). Эти значения необходимо изменить в соответствии с требованиями моделирования, так на головке зева радиус равен 1 мм, на головке шестигранника — 1,5 мм и на ручке 2,4 мм.

Закон для углов кривой оставим по умолчанию — плавное сопряжение с обеих сторон. Нажимаем «ОК» и формируем переменный радиус вдоль созданной направляющей, но, как видно на рис. 1.29, в поверхности появились разрывы из-за невозможности выполнения команды на данных участках.

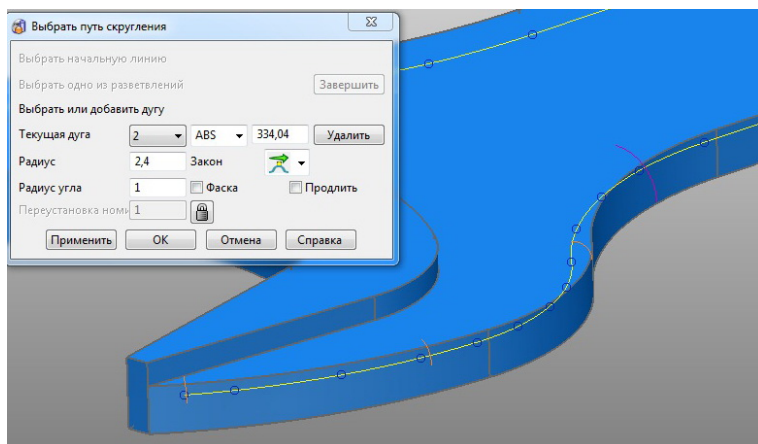


Рис. 1.28. Окно «Выбор пути скругления»

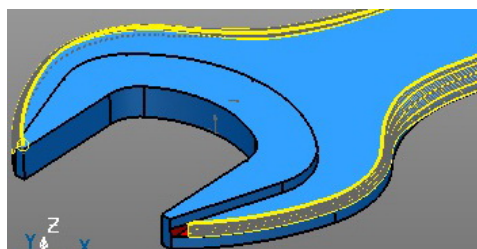


Рис. 1.29. Разрывы поверхностей

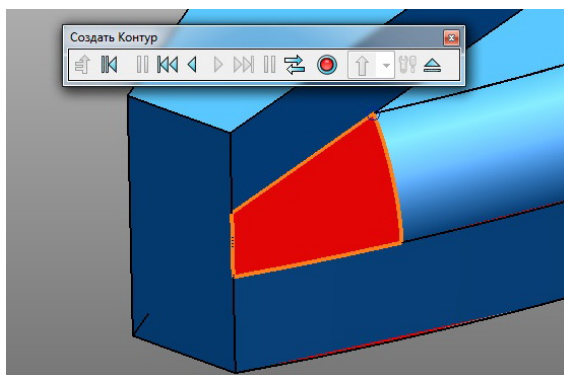


Рис. 1.30. Контур

Замкнем брешь поверхностью по сети кривых. Для этого сначала создаем контур  по периметру отверстия (рис. 1.30).

Далее формируем непосредственно саму поверхность по активированному контуру посредством команды «Умный моделировщик поверхностей»  контекстно-зависимого меню опции «Поверхность»  главной панели (рис. 1.31).

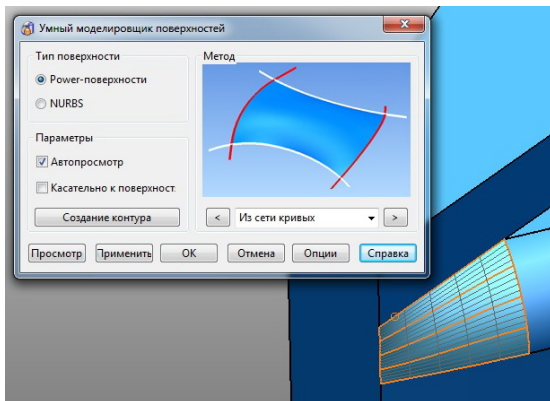


Рис. 1.31. Окно «Умный моделировщик поверхностей»

Следим за тем, чтобы опция «касательно к поверхности» была неактивна.

Сам контур предварительно создавать не обязательно — эта опция есть также в окне «Умный моделировщик поверхностей» (рис. 1.31).

Перед созданием тела из набора поверхностей воспользуемся командой «Быстрый выбор всех кривых»  выпадающего меню «Выбор»  и удалим выбранные контуры (композиционные кривые).

Далее выберем все поверхности и активируем команду «Создать тело из выбранных поверхностей или сеток»  контекстно-зависимого меню опции «Тело»  главной панели.

Скругления ребер, образующихся при пересечении выступающих над поверхностью рукоятки участков тела радиусом 0,75 мм, выполним командой «Создать скругление»  контекстно-зависимого меню опции «Элемент»  главной панели (рис. 1.32).

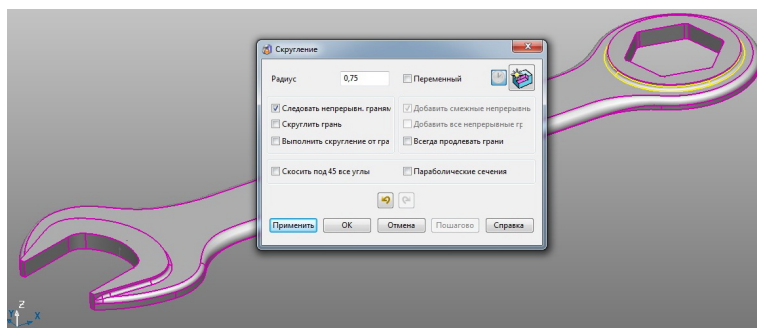


Рис. 1.32. Скругление твердого тела

Для получения полноценной модели гаечного ключа необходимо создать симметричное тело относительно плоскости XU и добавить его к уже существующему активному. Окончательный результат моделирования представлен на рис. 1.33.

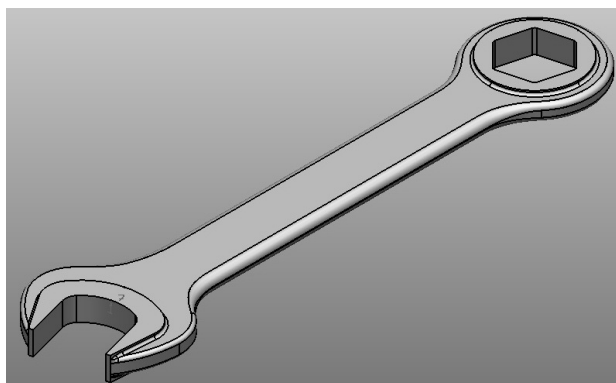


Рис. 1.33. Модель гаечного ключа

Задание для самостоятельной работы

Для выполнения задания необходимо:

- получить вариант у преподавателя;
- создать твердотельную модель гаечного ключа по данным своего варианта (прил. 1).

Практическая работа 2

Методика создания CAD-модели на базе операций вращения и протягивания по сечениям

Создадим модель кольца подшипника по эскизу (рис. 2.1).

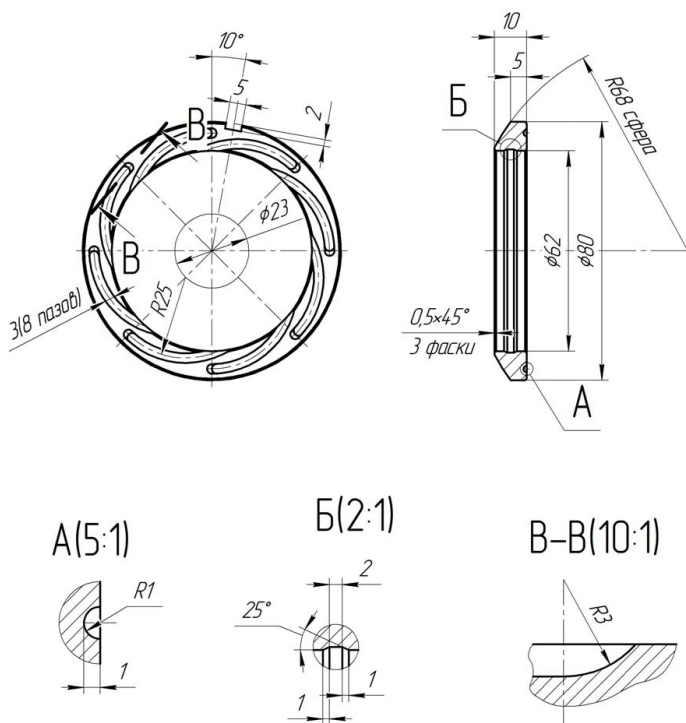


Рис. 2.1. Эскиз кольца подшипника

В первую очередь выполним эскиз основного контура поперечного сечения.

Для наглядности создадим локальную систему координат, совпадающую с глобальной, — «Локальная СК»  — «Создать единичную ЛСК»  в координатах (0 0 0).

Создание эскиза начнем с прямоугольника — «Линия»  — «Создать многоугольник» , первая угловая точка которого лежит в координатах (0 31 0), шириной 10 мм и высотой 9 мм. Затем согласно рис. 2.1 выполним 3 фаски — «Линия»  — «Создать фаску»

размерами $0,5 \times 45^\circ$ мм. И наконец, создадим дугу – «Дуга»  – «Дуга по центру, радиусу и сектору» . Для того чтобы задать точные координаты центра дуги, воспользуемся командой «Открыть панель точка»  строки состояния (рис. 2.2) и в открывшемся окне напротив координаты по X (в поле ввода) щелчком правой кнопкой мыши – откроется окно «Калькулятор», где во вкладке инженерных расчетов введем выражение для определения координаты центра дуги вдоль оси X (рис. 2.3).

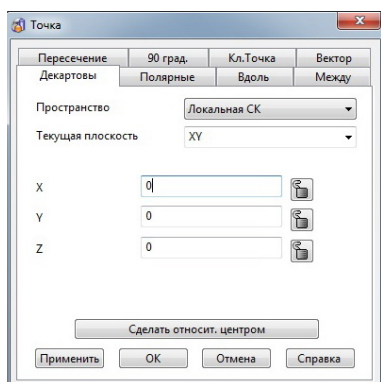


Рис. 2.2. Окно «Точка»

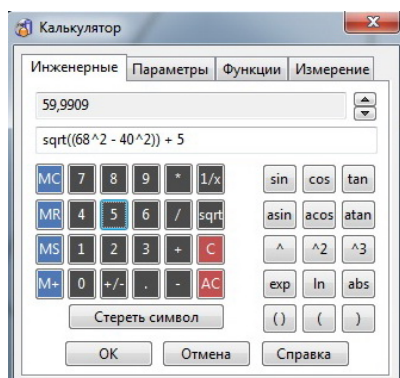


Рис. 2.3. Окно «Калькулятор»

Подтверждаем расчеты и фиксируем X (рис. 2.4).

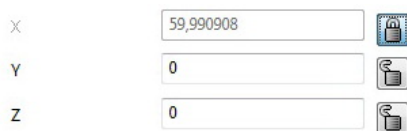


Рис. 2.4. Заблокированный результат вычислений

С помощью интеллектуального курсора выставляем радиус дуги 68 мм и проводим её в соответствии с рис. 2.5.

Далее вычертим образующую выточки – «Линия»  – «Создать одиночную линию»  – в поле ввода координат вносим значения первой точки линии (3 31 0), а для ввода координат второй точки воспользуемся командой «Открыть панель точка»  строки состояния и переходим во вкладку «Полярные», где в строке «Угол» вносим значение 25° и сразу его фиксируем. На следующей строке

из выпадающего перечня выбираем ось X и вносим значение длины вдоль этой оси – 1 мм (рис. 2.6).

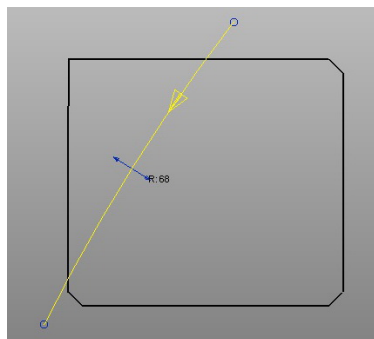


Рис. 2.5. Образующая сферической поверхности

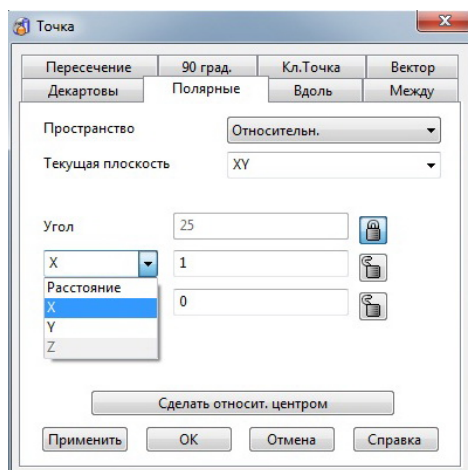


Рис. 2.6. Окно «Точка»

Обратите внимание на этот момент. Если вы введете в данное поле значение расстояния, то получите длину линии, что в проекции даст ошибочный результат.

При этом контролируем параметры окна: пространство – относительное, текущая плоскость – XY , элевация – 0° . Для завершения процесса нажимаем «Применить» – «ОК» (рис. 2.7).

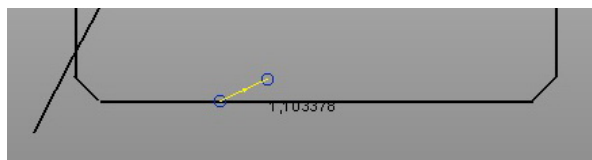


Рис. 2.7. Вид линии

Значение, отображаемое на экране (рис. 2.7), является длиной линии.

Достроим образующую выточки до конца и удалим всё лишнее до получения замкнутого набора кривых – «Показать параметры общего редактирования»  – «Ограничить до пересечения» , которые преобразуем в контур – «Кривая»  – «Создать контур пошаговым следованием»  (рис. 2.8).

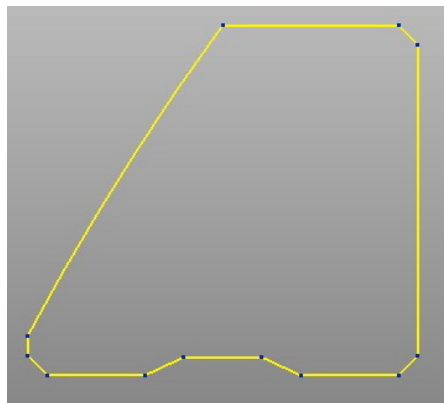


Рис. 2.8. Контур поперечного сечения кольца

Теперь создадим тело. Выберем контур и активируем команду «Создать тело вращения»  контекстно-зависимого меню опции «Тело»  главной панели (рис. 2.9). Но перед этим необходимо изменить ось в строке состояния – выберем ось X    (при вращении вокруг именно этой оси должно быть создано тело).

Для построения направляющей тела пересечения радиального выреза переместим локальную систему координат вдоль оси X на 9 мм. Двойным щелчком по системе координат активируем её и заполняем окно «ЛСК» в соответствии с рис. 2.10.

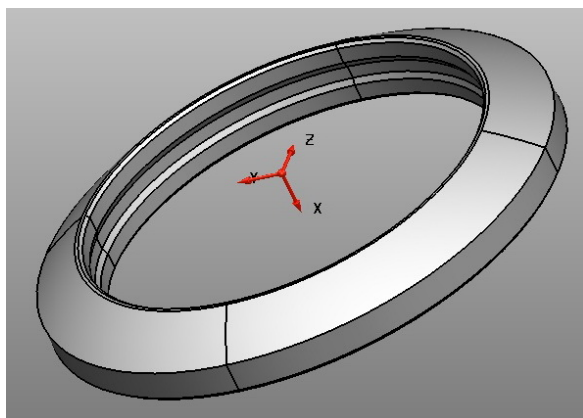


Рис. 2.9. Вид тела вращения

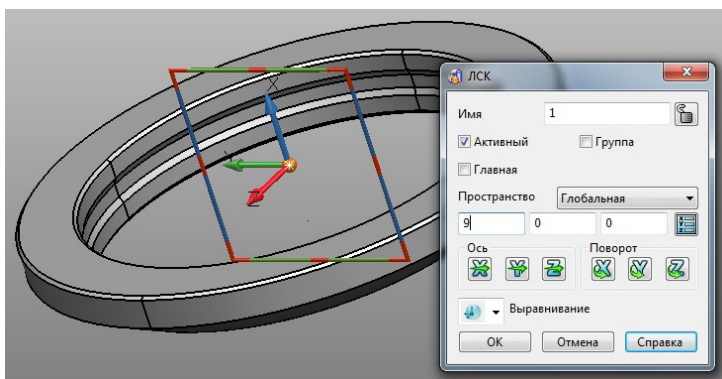


Рис. 2.10. Окно «ЛСК»

Далее делаем активной плоскость YZ и сразу блокируем её. Если не выполнить блокировку, то при создании каркасной геометрии её элементы могут привязываться к точкам на уже построенном теле и угол элевации относительно плоскости YZ уже не будет равен нулю (построения будут происходить в пространстве). На панели видов выбираем вид справа

Согласно эскизу (рис. 2.1) построим дугу, используя команду «Дуга по центру, радиусу и сектору» . Координаты центра дуги определим посредством интеллектуального курсора — наведем его на систему координат и будем перемещать вдоль оси Z по штриховой линии, пока индикация не станет равной 11,5 мм (рис. 2.11).

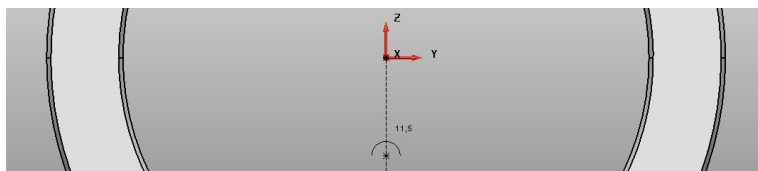


Рис. 2.11. Индикация координаты центра дуги

Фиксируем центр в этой точке и строим дугу радиусом 25 мм, как показано на рис. 2.12. В момент построения дуги для удобства сделаем отображение тела каркасным – «Каркасный вид»  панели видов.

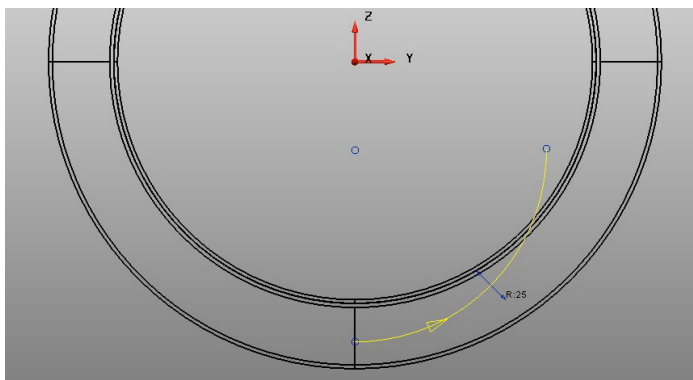


Рис. 2.12. Процесс построения первого участка направляющей

Для завершения построения направляющей изменим активную плоскость на XY и построим дугу  с координатами центра (3 0 -36.5), привязкой одного конца к краю построенной дуги радиусом 25 мм и углом сектора 90° посредством интеллектуального курсора (рис. 2.13) либо указанием соответствующих значений в поле ввода координат.

Создадим контур  из двух построенных дуг.

Для построения сечения вытягиваемого тела создадим одиночную, ориентированную по геометрии локальную систему координат  (рис. 2.14).

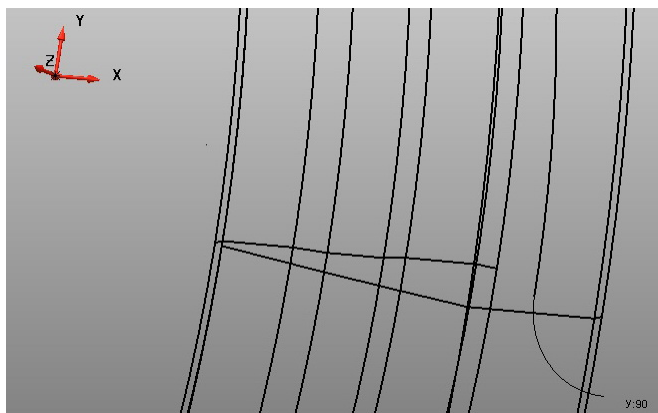


Рис. 2.13. Процесс построения второго участка направляющей

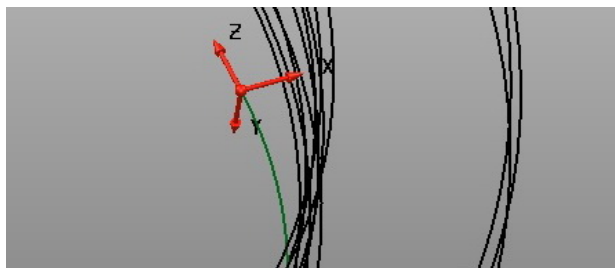


Рис. 2.14. ЛСК, ориентированная по объекту

Заблокируем рабочую плоскость и создадим контур сечения в соответствии с эскизом (см. рис. 2.1). Сектор дуги сечения сделаем немного больше 180° и замкнем дугу линией (рис. 2.15).

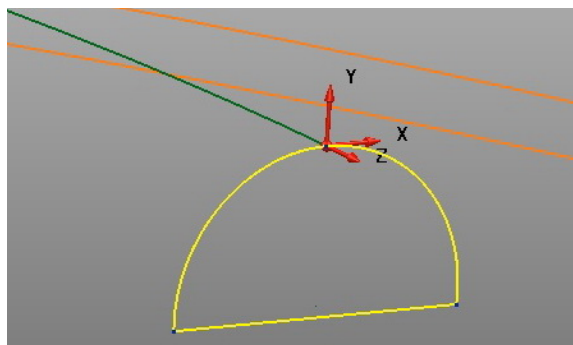


Рис. 2.15. Контур сечения канавки

Теперь всё готово для построения непосредственно тела. Активируем команду «Создать тело по сечениям вдоль ведущей кривой»  контекстно-зависимого меню опции «Тело»  главной панели. В открывшемся окне «Направляющая кривая» выберем сечение и, переставляя маркер, направляющую (рис. 2.16).

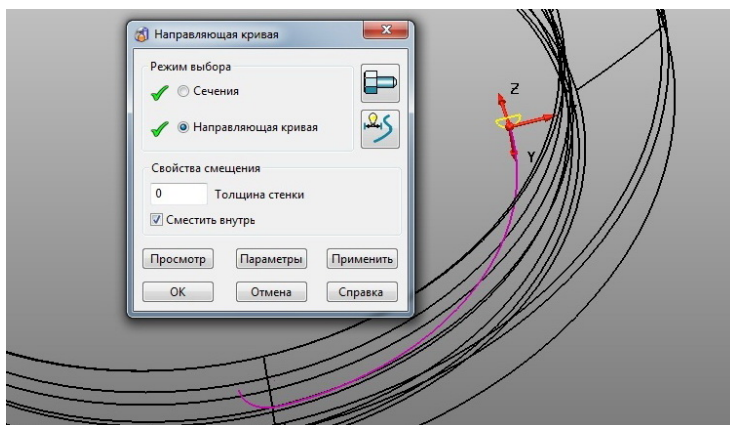


Рис. 2.16. Окно «Направляющая кривая»

Для предварительного просмотра нажмем соответствующую клавишу в активном окне. Результат после закраски каркаса представлен на рис. 2.17.

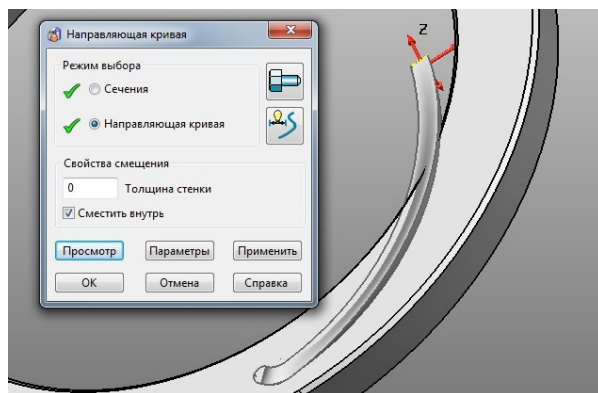


Рис. 2.17. Предварительный просмотр создаваемого тела

Как нетрудно увидеть, подобный результат нас не может устроить. Для редактирования входим в окно управления «Параметры создания направляющей кривой» (клавиша «Параметры») (рис. 2.18).

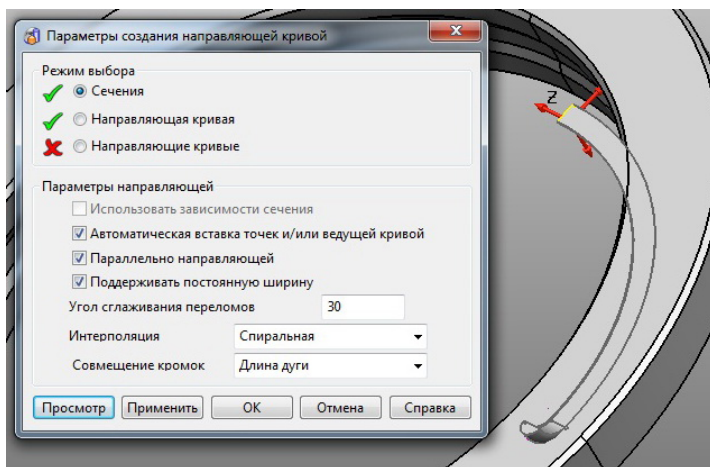


Рис. 2.18. Окно «Параметры создания направляющей кривой»

Здесь выбираем спиральную интерполяцию, а также функции — параллельно направляющей и поддерживаем постоянную ширину. Активируем «Просмотр» (рис. 2.18) и сохраняем полученный результат.

Теперь необходимо сделать 8 копий по окружности, но перед этим перейти к первой локальной системе координат. Сделать это можно, выбрав её из выпадающего списка в строке состояния.

Перейдем в рабочую плоскость YZ , выберем построенное тело по сечениям и активируем команду «Создать массив»  в параметрах общего редактирования . В окне «Редактирование массива» перейдем во вкладку «Окружность» и зададим количество элементов — 8 штук (рис. 2.19). Угол будет высчитан автоматически, и на экране будут отражены фантомы создаваемых тел. Сохраним полученный результат.

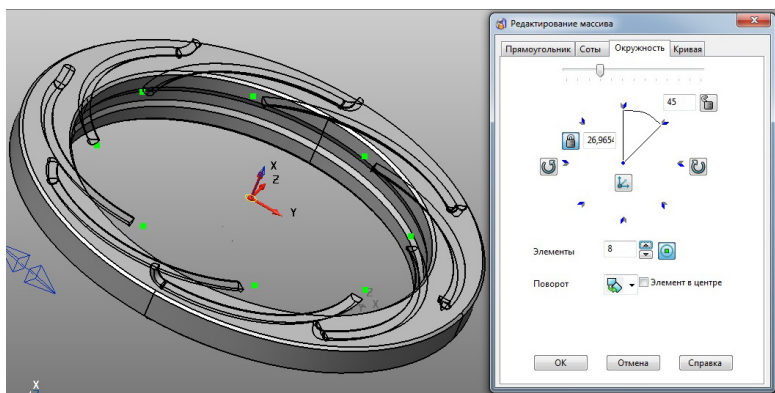


Рис. 2.19. Окно «Редактирование массива»

Так как активным телом является поверхность вращения, то все созданные по сечениям тела вычитаем из активного тела (рис. 2.20).

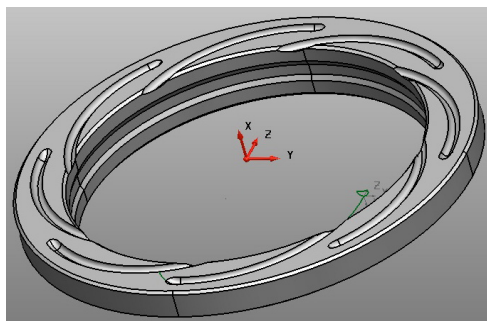


Рис. 2.20. Результат вычитания

Удалим ненужные контуры – «Выбор»  – «Быстрый выбор всех кривых»  – «Удалить» .

Шпоночный паз создадим посредством команды «Создать элемент, карман или выступ»  контекстно-зависимого меню опции «Элемент»  главной панели.

Вводим соответствующие параметры в окне «Карман» и создаем элемент (рис. 2.21).

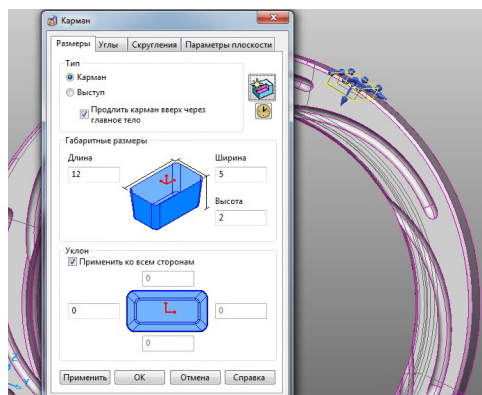


Рис. 2.21. Окно «Карман»

Окончательный вид модели кольца подшипника представлен на рис. 2.22.

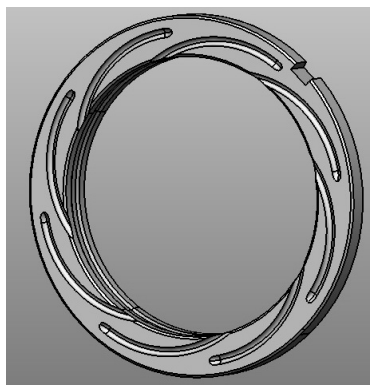


Рис. 2.22. Модель кольца подшипника

Задание для самостоятельной работы

Для выполнения задания необходимо:

- получить вариант у преподавателя;
- создать твердотельную модель по данным своего варианта (прил. 2).

Практическая работа 3

Методика создания CAD-модели на основе поверхностного моделирования

Создадим модель однорогого крюка (рис. 3.1).

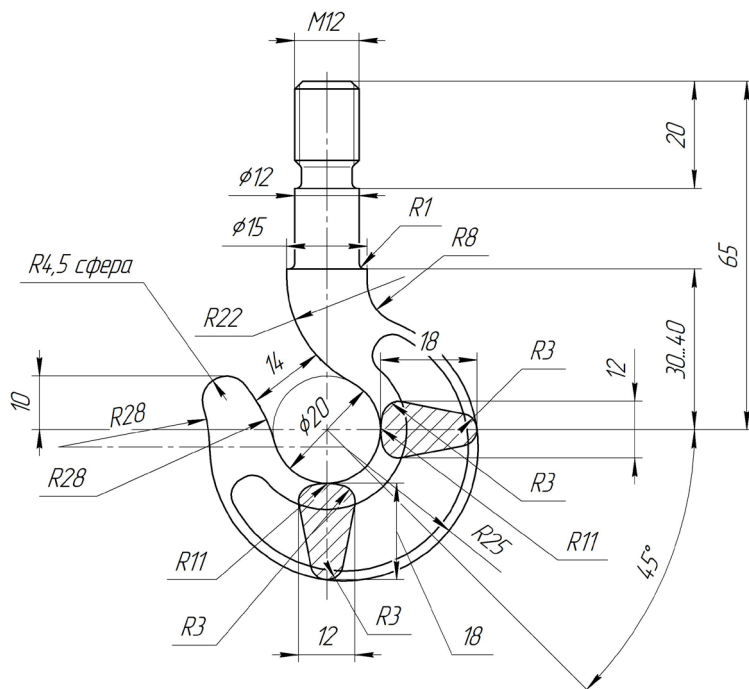
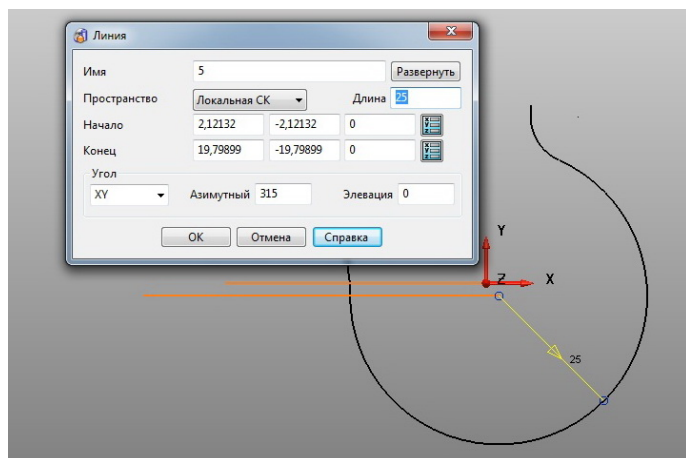


Рис. 3.1. Эскиз крюка однорогого

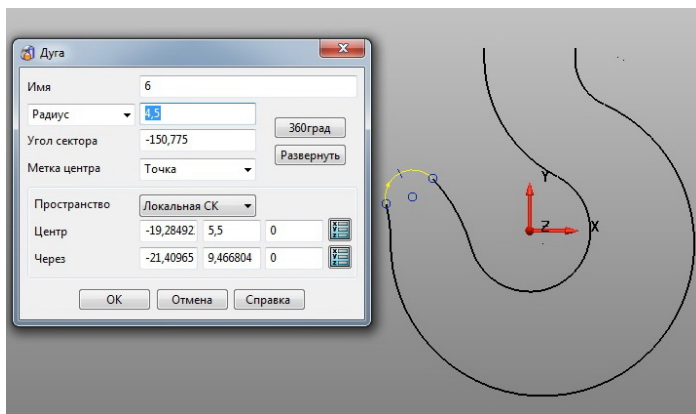
Для наглядности создадим локальную систему координат в точке (0 0 0).

Построим направляющие поперечного сечения крюка в соответствии с вышеприведенным эскизом (принимаем $l = 30$ мм), используя инструменты опций «Линия»  и «Дуга»  главной панели (рис. 3.2).

Создадим два контура (внешний и внутренний). Контуры не должны включать образующую будущего сферического сегмента кончика крюка. При построении контуров – «Кривая»  – «Создать контур пошаговым следованием»  во избежание построения одного контура вдоль всех элементов необходимо:



а



б

Рис. 3.2. Этапы построения кривых

– в окне «Создать контур» активировать функцию «Определить конечную точку» (рис. 3.3);



Рис. 3.3. Окно «Создать контур»

— указать её на совокупности каркасных элементов (рис. 3.4).

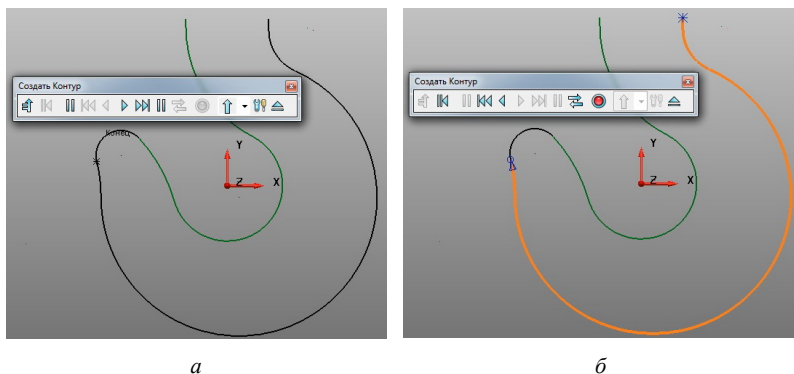


Рис. 3.4. Этапы построения контуров

Тогда контур при создании остановится в указанном месте.

Теперь создадим поперечные сечения.

Для удобства работы скопируем систему координат на кривую контура — выбираем локальную систему координат — «Показать параметры общего редактирования»  — «Переместить/копировать объекты»  — в открывшемся окне «Переместить» активировать функцию «Скопировать выбранные объекты» и в соответствующих полях указать расстояние относительного перемещения по осям (рис. 3.5). Завершаем команду и меняем статус вновь созданной системы координат на «Активный».

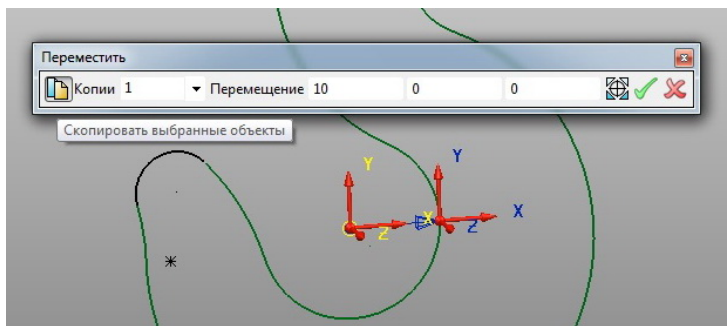


Рис. 3.5. Окно «Переместить»

Начертим вспомогательную линию, которая соединит вдоль оси X направляющие контура (рис. 3.6, *a*). Выполним ориентацию «Вид спереди» . Как видно (рис. 3.6, *б*), все контуры и линии слились в одну.

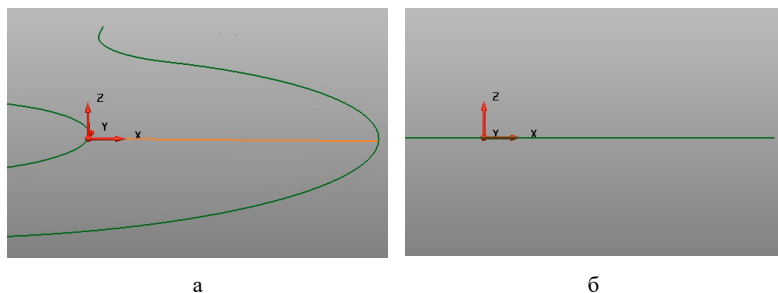


Рис. 3.6. Этапы подготовки для вычерчивания сечения

Погасим мешающие в данный момент контуры, посредством команды «Скрыть выбранные» , которая находится на панели видов.

Создадим контур сечения по эскизу (см. рис. 3.1), используя инструменты опций «Линия»  и «Дуга»  главной панели; команду «Отразить зеркально объекты»  панели параметров общего редактирования ; команду «Создать контур пошаговым действием»  контекстно-зависимого меню опции «Кривая»  главной панели (рис. 3.7).

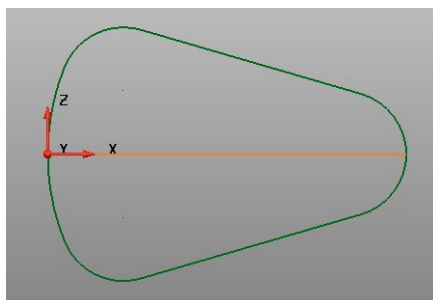


Рис. 3.7. Контур поперечного сечения

Отобразим погашенные элементы — опция «Показать скрытые»  панели видов.

Аналогичным образом построим остальные поперечные сечения крюка, удалим или скроем вспомогательные линии, сделаем активной систему координат, совпадающую с глобальной, в итоге должен получиться результат, представленный на рис. 3.8.

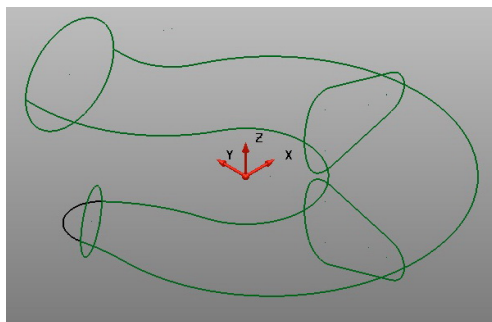


Рис. 3.8. Каркасная сетка крюка

При выделении любого контура становится активной панель «Редактирование поверхности/кривой». Для адекватного моделирования поверхностей нужно стараться, чтобы количество точек на отдельных лонгитудах либо латералах совпадало и совпадало их направление, т. е. первая точка должна быть напротив первой, вторая — второй и т. д.

Выберем продольные кривые и активируем команду «Вкл/выкл маркеры точек»  на панели редактирования кривой. Как видно (рис. 3.9), количество точек совпадает.

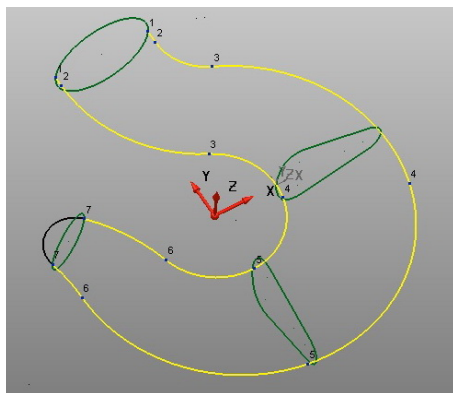


Рис. 3.9. Нумерация точек направляющих кривых

При проверке поперечных кривых количество точек будет разным в связи с особенностями их построения (рис. 3.10).

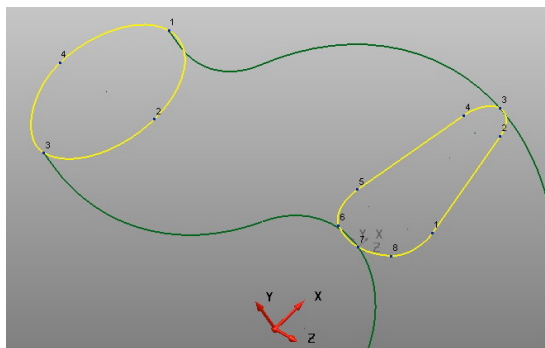


Рис. 3.10. Сравнение количества точек

Увеличим количество точек на окружности посредством команды «Изменить количество точек на кривой»  (находится на панели редактирования кривой). При активации команды в открывшемся окне укажем новое количество точек – 8 штук, располагающихся от 1 до 1 точки (по окружности) (рис. 3.11).

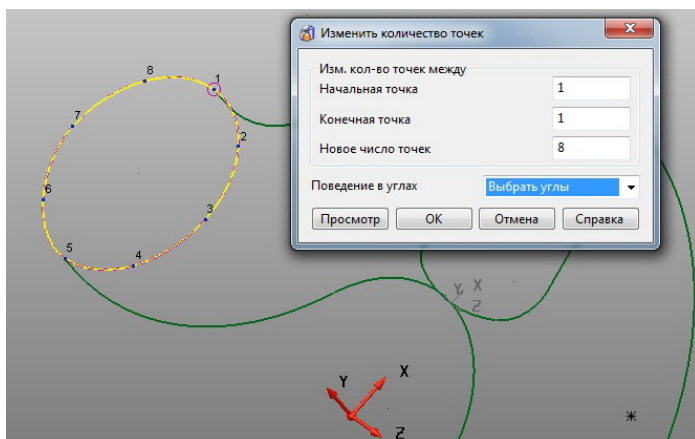


Рис. 3.11. Окно «Изменить количество точек»

Нетрудно заметить по нумерации, что точки по окружности (рис. 3.11) и на промежуточном контуре сечения (рис. 3.10) расположены не напротив друг друга.

Для их упорядочивания передвинем 1-ю точку на окружности на противоположный край — для этого выбираем 5-ю точку и активируем команду «Перенумерация точек кривой»  на панели редактирования кривой (данная команда позволяет перенумеровать любую точку в 1-ю). Результат представлен на рис. 3.12. Как видно, только две точки следуют друг за другом — это 1-я и 5-я, что говорит о противоположном направлении кривых. Исправить данное положение позволяет команда панели редактирования кривых — «Развернуть кривую» .

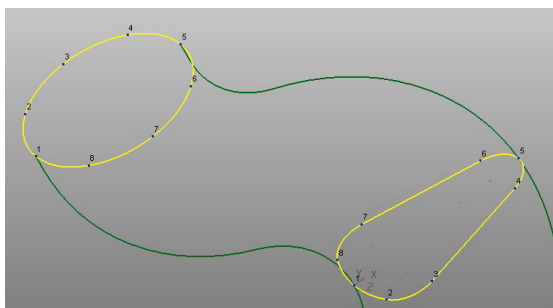


Рис. 3.12. Контур после переименования

Приводим аналогичным образом в соответствие все поперечные контуры каркасной геометрии крюка (рис. 3.13).

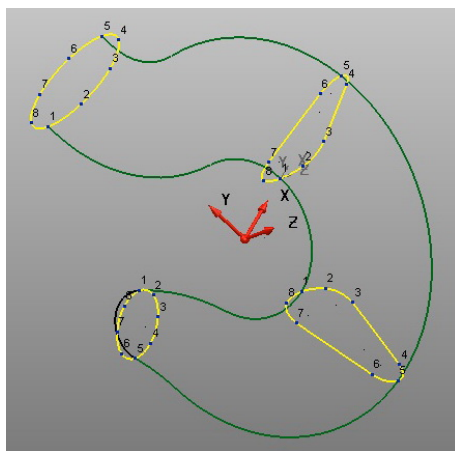


Рис. 3.13. Контуры, ориентированные в одном направлении

Для создания поверхности выберем все контуры построенной на данный момент каркасной геометрии и активируем команду «Умный моделировщик поверхностей»  контекстно-зависимого меню «Поверхность»  главной панели. Поверхность будет построена из сети кривых, но нас не полностью устраивает её форма. Для редактирования открываем окно «Параметры сети кривых» через дополнительные опции, в котором выбираем функцию совмещения кромок по направлению касательной (рис. 3.14). Полученная поверхность представлена на рис. 3.15.

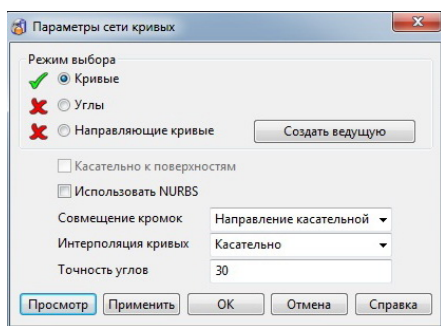


Рис. 3.14. Окно «Параметры сети кривых»

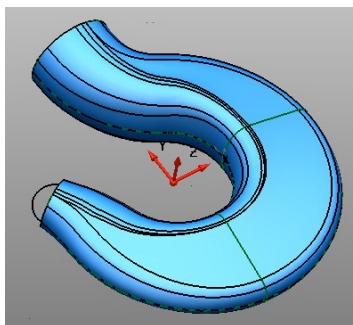


Рис. 3.15. Сгенерированная поверхность

Кончик крюка построим также через автоматическое построение поверхностей, выбирая перед активацией команды дугу и прилегающий к ней контур.

Длина хвостовика крюка по ГОСТу варьируется для одного и того же типоразмера.

Увеличим длину на 10 мм.

Активируем команду «Выбрать кривые на поверхностях»  панели редактирования кривых и в открывшемся окне выбираем 1-ю поперечную кривую (рис. 3.16). Подтверждаем выбор и задействуем команду «Ограничить до точки»  параметров общего редактирования.

При активации команды рядом с курсором появляется значок магнита (на рисунке не отображается), которым нужно захватить верхний латерал и переместить на требуемое расстояние, пользуясь интеллектуальным курсором (рис. 3.17).

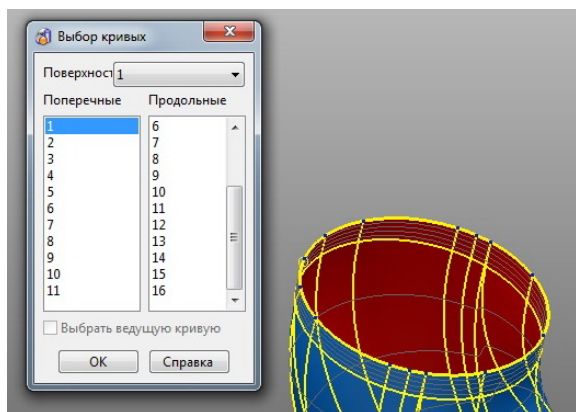


Рис. 3.16. Окно «Выбор кривых»

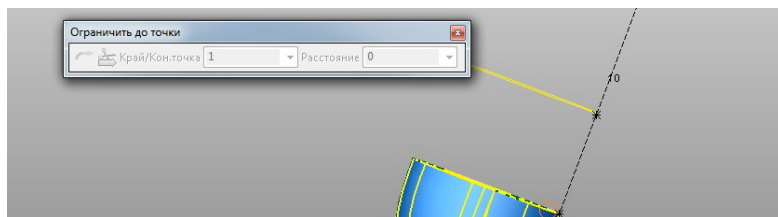


Рис. 3.17. Окно «Ограничить до точки»

Окончательный результат показан на рис. 3.18.

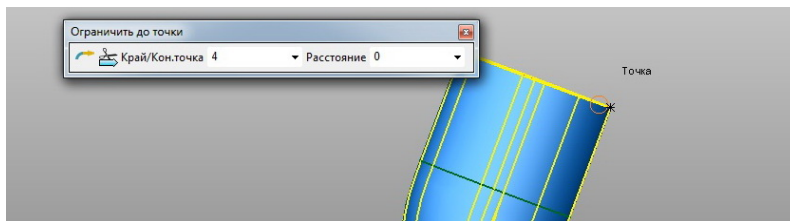


Рис. 3.18. Результат ограничения

Необходимо следить за направлением вытягивания. Для гарантированного результата нужно при помощи панели видов перейти в удобную для моделирования плоскость.

Закроем открытый торец хвостовика крюка ограниченной поверхностью , удалим все лишние контуры , предварительно осуществив их быстрый выбор , и для дальнейшей работы соз-

дадим тело из смоделированных поверхностей , не забывая контролировать нормали. При этом в окне дерева построения должен появиться один значок поверхности (рис. 3.19).

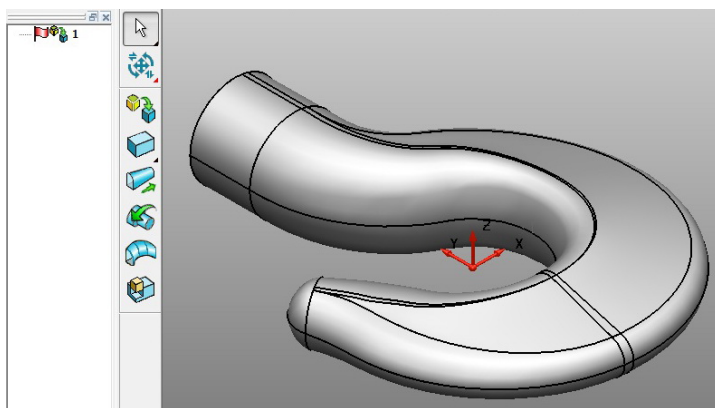


Рис. 3.19. Созданное тело

Если их больше, то моделирование поверхностей выполнено с ошибками, что может вызвать неприятные «сюрпризы» в дальнейшем.

Скопируем систему координат на плоскую грань хвостовика и перейдем в плоскость ZY , где создадим контур согласно эскизу (рис. 3.1). Не забывайте блокировать плоскость.

Результат представлен на рис. 3.20.

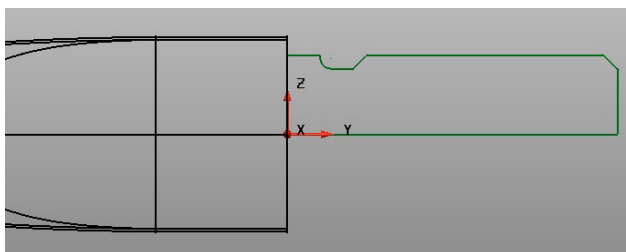


Рис. 3.20. Контур части хвостовика крюка

Создадим тело вращения , добавим его к активному  и наконец выполним скругление тела , которое стало возможным сразу после объединения. Окончательный результат моделирования одного крюка представлен на рис. 3.21.

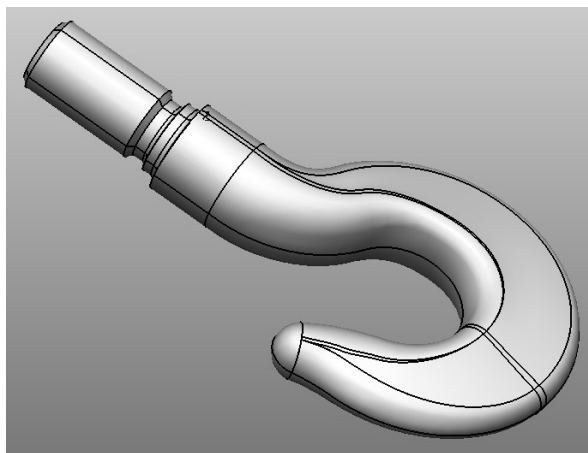


Рис. 3.21. Модель однорогого крюка

Задание для самостоятельной работы

Для выполнения задания необходимо:

- получить вариант у преподавателя;
- создать твердотельную модель кранового крюка по данным своего варианта (прил. 3).

Практическая работа 4

Методика создания САМ-модели на базе стратегий 3D смещения

Создадим САМ-модель обработки рукоятки (рис. 4.1).

CAD-модель рукоятки создана в программе PowerShape. Для осуществления возможности работы с ней в пакете PowerMill предварительно необходимо её экспортировать в соответствующий формат. Внутренним форматом для семейства программ Delcam является *dgc*. Для экспортирования в данный формат необходимо перейти по вкладкам «Файл» — «Экспорт» и выбрать систему, под которую создается файл экспорта (рис. 4.2).

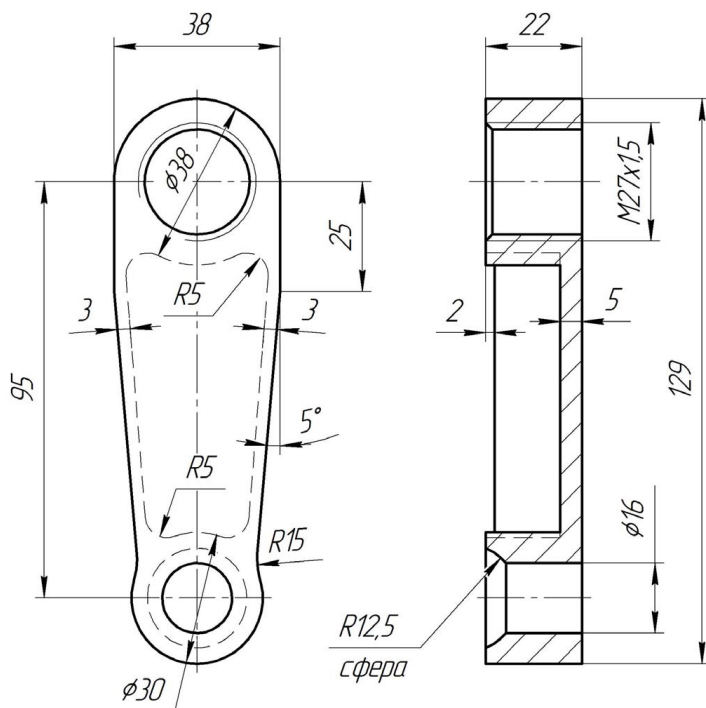


Рис. 4.1. Эскиз рукоятки

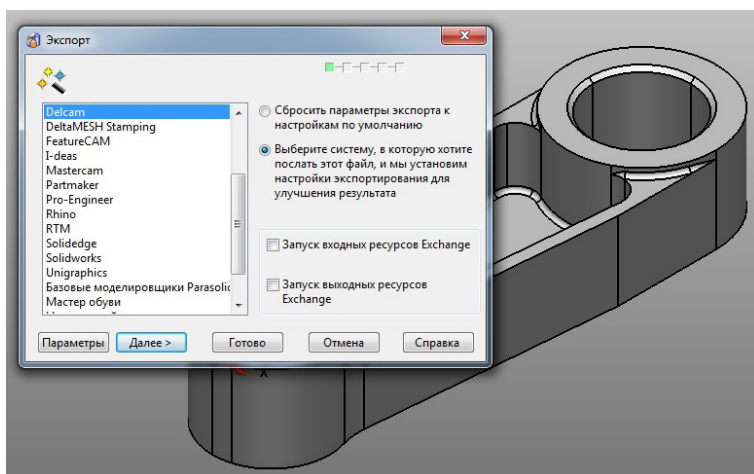


Рис. 4.2. Окно «Экспорт»

Запускаем PowerMill и импортируем файл CAD-модели рукоятки в формате DGK. Это внутренний формат программ семейства Delcam.

Кроме того, PowerMill поддерживает большинство внутренних форматов наиболее распространенных систем автоматизированного проектирования (Autodesk, Catia, Siemens NX, Компас 3D и т. д.).

Возможно импортирование и в универсальных форматах — IGES, STL, Parasolid и т. п.

В первую очередь необходимо разместить систему координат в соответствии с особенностями обработки и привязки к модулю числового программного управления станка (постпроцессора), под который создается управляющая программа.

Совместим локальную систему координат с глобальной — активируем систему координат, экспортированную из PowerShape, и перейдем по вкладкам (рис. 4.3) в окно «СК Детали» (рис. 4.4), где с помощью команд: переместить, повернуть, ориентировать — можно поместить систему координат в требуемом месте.

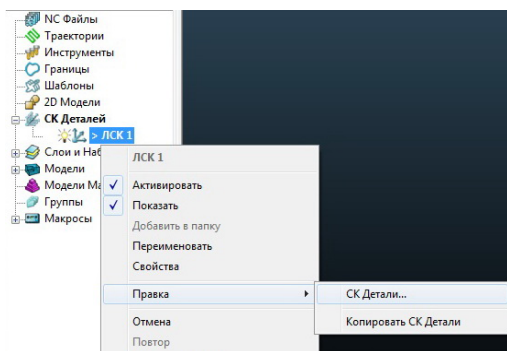


Рис. 4.3. Путь к правке ЛСК

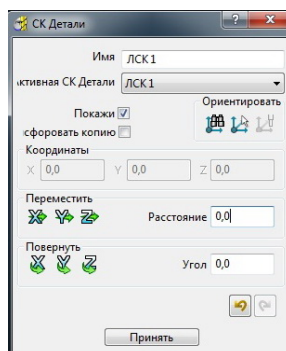


Рис. 4.4. Окно «СК детали»

Создаем NC-файл.

Для этого в дереве проекта щелчком правой кнопки мыши по соответствующей строке вызываем контекстное меню «NC-файлы» и выбираем строку «Создать NC-файл», в котором указываем имя управляющей программы (Handle), файл вывода (Handle.tap), постпроцессор, систему координат (ЛСК 1), имя детали, выводимое

в файл управляющей программы (Handle), и сохраняем произведенные изменения командами «Выполнить» — «Принять».

Теперь определим габариты заготовки. Вызовем окно «Заготовка», активировав соответствующую команду  на главной панели инструментов (рис. 4.5).

Как видно, заготовку можно задать пятью разными способами. Рассмотрим некоторые из них.

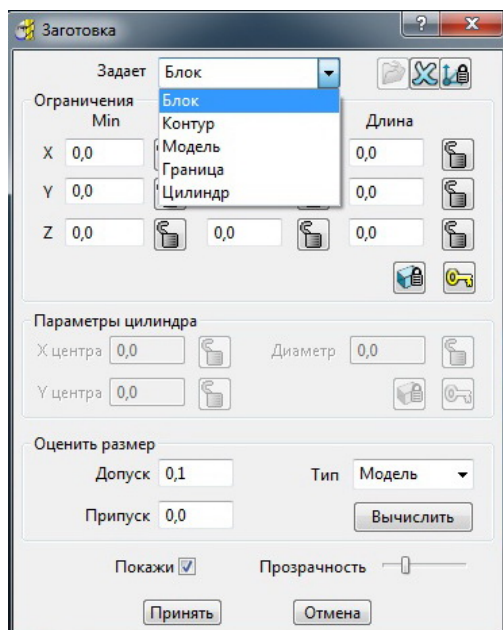


Рис. 4.5. Окно «Заготовка»

Первый способ — «Блок», заготовка задается габаритами параллелепипеда. Кнопка «Вычислить» (рис. 4.6) автоматически определяет параметры заготовки и просчитывает ограничения по осям координат.

Следующий шаг — необходимо указать реальные размеры заготовки. Как видно (рис. 4.6), есть возможность ручного выставления ограничений по осям в обоих направлениях, внося соответствующие значения в поля «Min» и «Max», а при увеличении значений в полях ограничения опции «Длина» припуск будет перераспреде-

лен равномерно от заготовки вдоль соответствующей оси. И наконец, при изменении поля опции «Припуск» параметры заготовки увеличатся на введенную величину со всех шести сторон.

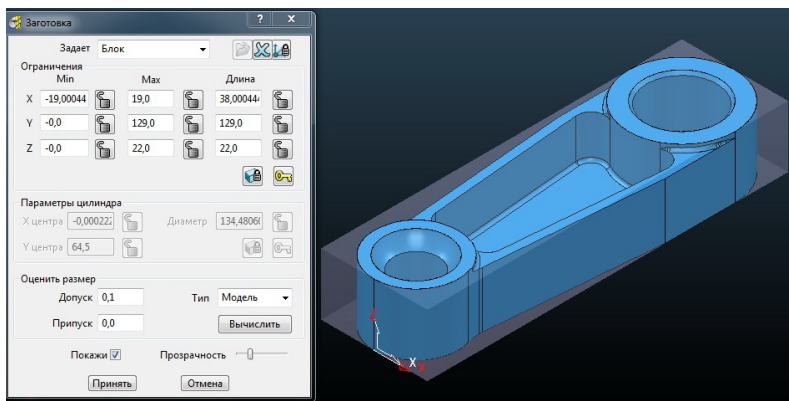


Рис. 4.6. Заготовка типа «Блок»

Подобная заготовка, как правило, получается из листового и сортового проката.

Следующий способ — «Цилиндр», заготовка задается габаритами цилиндра. Действия в основном аналогичны заданию заготовки блоком (рис. 4.7) с особенностями цилиндрической формы.

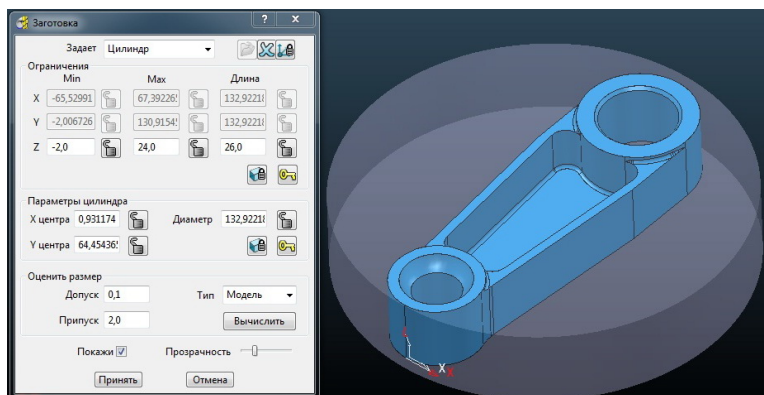


Рис. 4.7. Заготовка типа «Цилиндр»

Отображение заготовки на экране можно регулировать бегунком опции «Прозрачность».

Подобная заготовка, как правило, получается из сортового проката. Изготовление подобных изделий из круглого проката не является какой-либо редкостью в единичном производстве.

Третий способ – «Граница», заготовка задается по созданной границе. Варианты создания границы представлены на рис. 4.8.

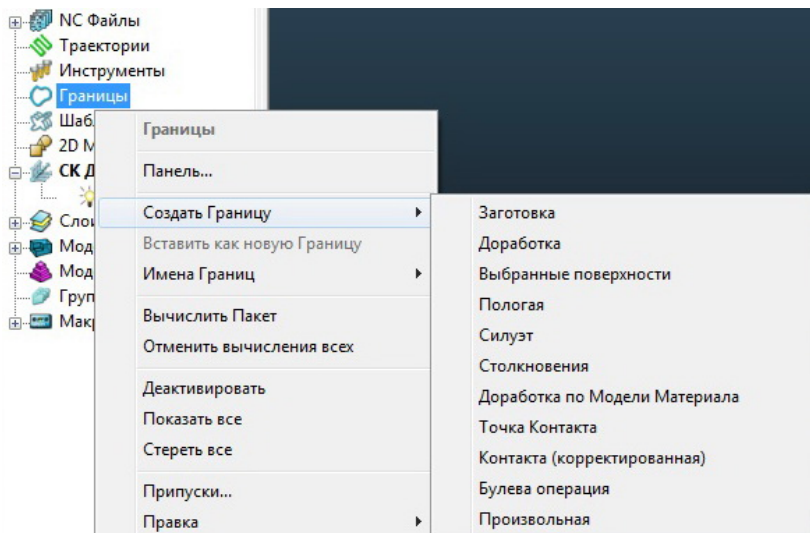


Рис. 4.8. Выпадающее меню создания границы

Рассмотрим пример создания произвольной границы по модели. С зажатой клавишей «Shift» выбираем поверхность модели, по контуру которой планируем генерировать границу (рис. 4.9). Далее открываем окно «Произвольная граница» (граница – создать границу – произвольная) (рис. 4.8) и генерируем её по модели. Так как заготовку требуется получить по границе только внешнего контура, то нужно удалить внутренние участки созданной по отверстиям границы. Результат представлен на рис. 4.10.

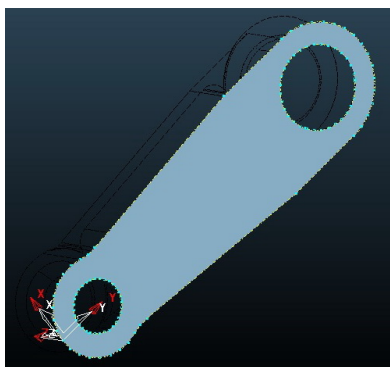


Рис. 4.9. Выбранная поверхность

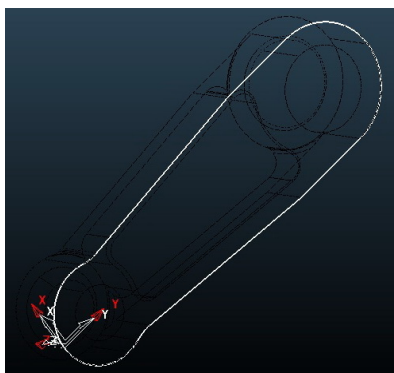


Рис. 4.10. Сгенерированная граница

Теперь в окне «Заготовка» выбираем способ моделирования по границе и вычисляем габариты (рис. 4.11).

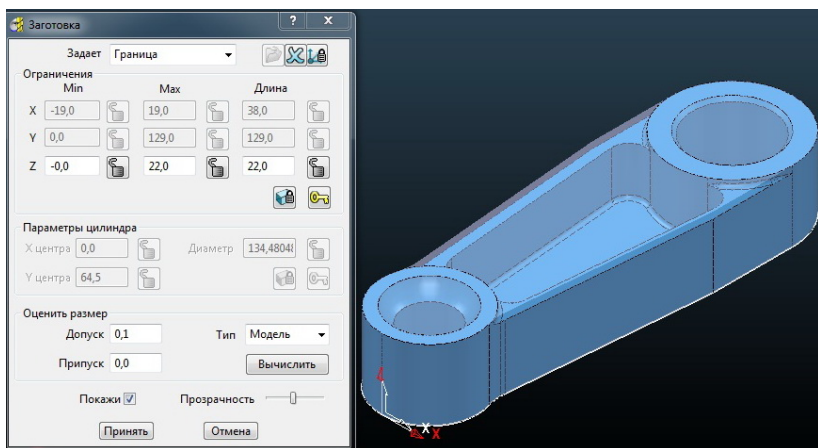


Рис. 4.11. Заготовка по границе

Видно (рис. 4.11), что изменить параметры заготовки можно только вдоль оси Z и при вводе величины припуска в соответствующее поле приращение заготовки будет также только в направлении оси Z .

Увеличить значение припуска в плоскости XU возможно только при изменении параметров самой границы. Так, для создания равномерного припуска по боковой поверхности рукоятки щелчком правой

кнопки мыши по значку границы в дереве проекта вызовем контекстное меню и пройдем путь – «Правка» – «Смещение 2D», в результате чего система выдаст запрос на величину смещения (рис. 4.12).

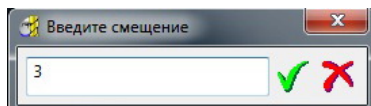


Рис. 4.12. Окно «Эквидистантное смещение»

Введем значение 3 мм и подтвердим действие. Результатом станет эквидистантное смещение контура на указанную величину (рис. 4.13). Пересчет габаритов заготовки даст результат, представленный на рис. 4.14.

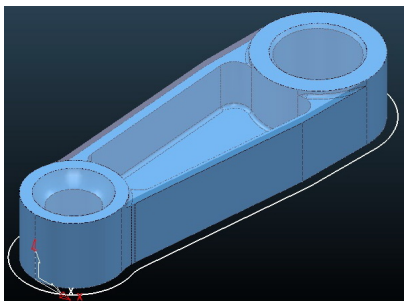


Рис. 4.13. Эквидистантное смещение контура

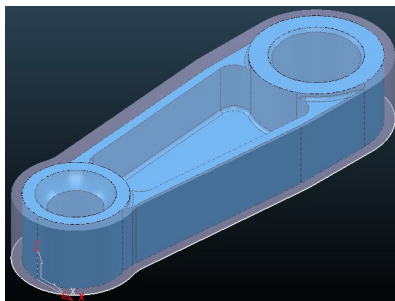


Рис. 4.14. Заготовка по границе с эквидистантным смещением

Данная заготовка может быть получена методомковки.

Рассмотрим еще один способ задания заготовки по модели изделия – собственно «Модель».

Откроем CAD-модель изделия в программе PowerShape и выполним эквидистантное смещение тела  (команда панели общего редактирования) на 2 мм (рис. 4.15). Результат представлен на рис. 4.16.

Далее экспортируем модель – «Файл» – «Экспорт». Из списка типов систем выбираем «Неизвестная», а из выпадающего меню окна «Экспорт файла» – формат «Parasolid (*.x_t)» (рис. 4.17).

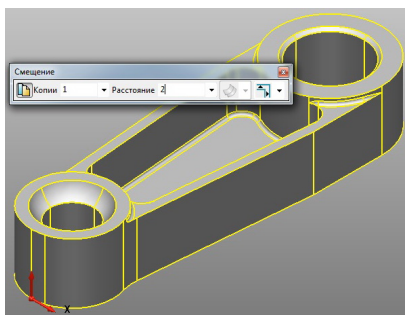


Рис. 4.15. Окно «Смещение»

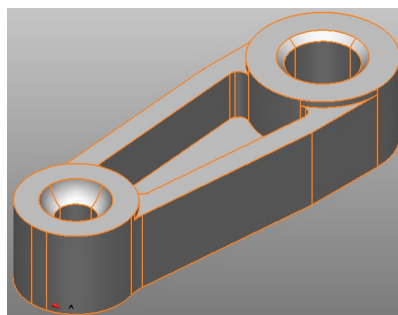


Рис. 4.16. Увеличенное тело

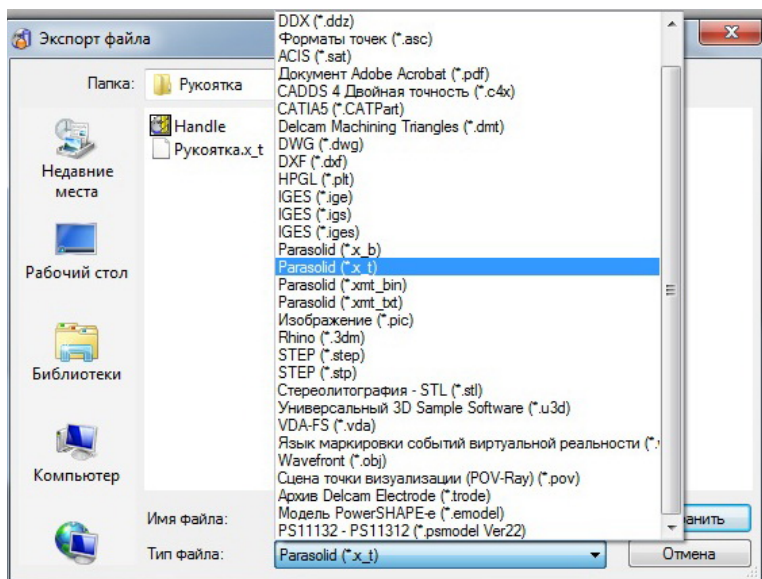


Рис. 4.17. Вариант экспорта файла

В этом случае экспортированы будут только тела.

Теперь в окне «Заготовка» выбираем тип генерирования «Модель» и активируем ставшую доступной команду «Открыть заготовку», где указываем экспортный файл с расширением (*.x_t) и закрепляем выполненные действия. Результат представлен на рис. 4.18.

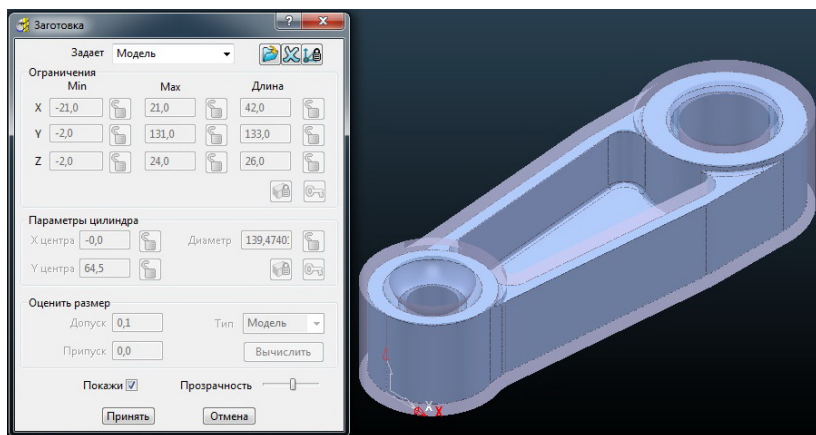


Рис. 4.18. Заготовка по модели

Видно (рис. 4.18), что параметры заготовки при получении данным способом не поддаются редактированию.

Этот способ задания заготовки, как правило, используется при моделировании отливок и штамповок.

Создадим заготовку по границе, эквидистантной к профилю на величину 3 мм и таким же припуском по верхнему краю (рис. 4.19).

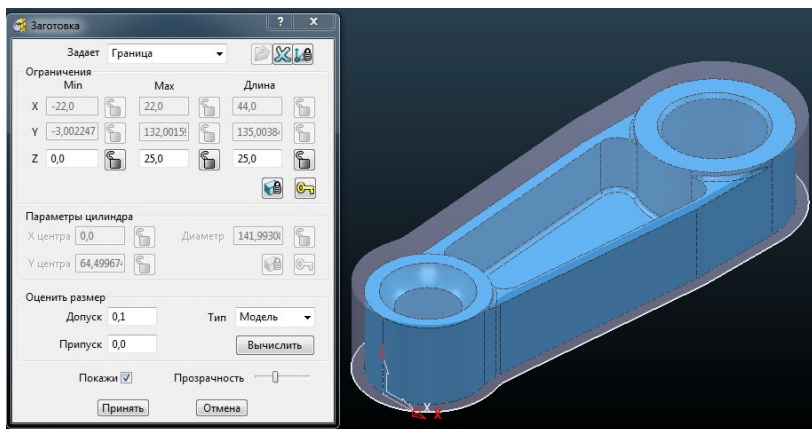


Рис. 4.19. Заготовка по границе (пример)

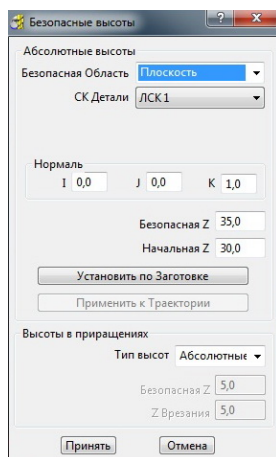


Рис. 4.20. Окно «Безопасные высоты»

Теперь установим безопасные высоты — активируем соответствующую команду  главной панели инструментов и воспользуемся опцией «Установить по заготовке» (рис. 4.20). Программа автоматически произведет расчет по стандартным заложенным в системе значениям.

Возможные виды безопасной области — плоскость, сфера, цилиндр, блок — выбираются по особенностям геометрии заготовки. Оставляем вид — плоскость.

Ускоренные подачи будут проходить по плоскости на установленной высоте «Безопасная Z».

Теперь можно приступить к созданию траектории перемещения инструмента для обработки детали. Активируем команду «Стратегии обработки»  главной панели инструментов. В открывшемся окне «Новая траектория» переходим во вкладку «3D выборка» и выбираем опцию «Выборка смещением 3D модель». Открывается соответствующее окно (рис. 4.21).

При данной стратегии обработки материал будет удаляться эквидистантными к каждому контуру проходами до полной выборки слоя [3].

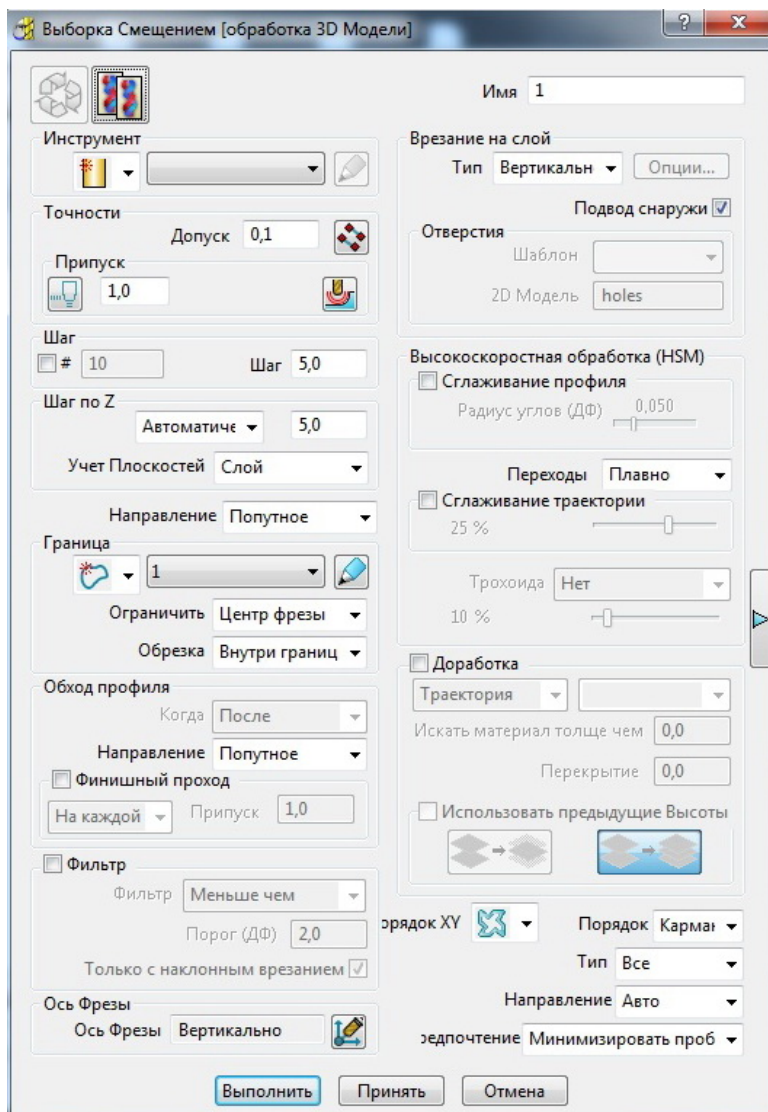


Рис. 4.21. Окно «Выборка смещением»

Работать с окном начнем с выбора инструмента. В выпадающем списке выберем концевую фрезу и зададим её параметры (рис. 4.22).

Допуск на отклонение моделируемой траектории оставим, как предлагается по умолчанию, 0,1 мм.

Припуск на последующие проходы исключим.

Шаг в радиальном направлении — 3,0 мм.

Режим задания высот выборки выберем «Ручной» и активируем соответствующую команду .

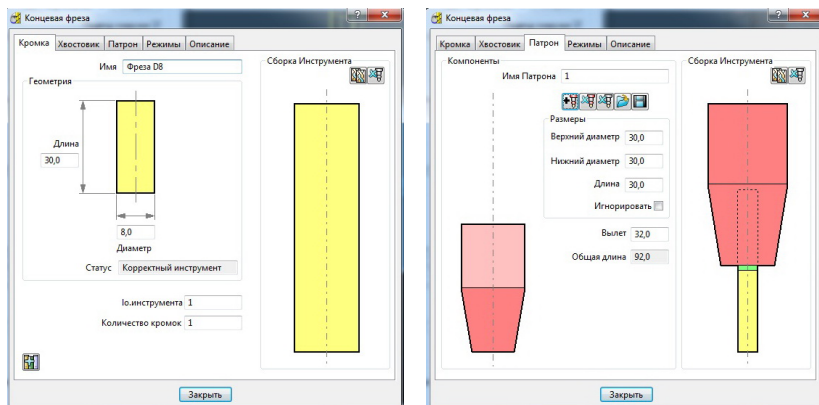


Рис. 4.22. Параметры инструмента

Рассмотрим варианты создания высот выборки более подробно.

На рис. 4.23 показан способ задания высот выборки количеством проходов. Видно, что при таком задании шага по Z инструмент при пяти проходах будет строго опускаться на 5 мм, что хорошо видно в списке рассчитанных высот.

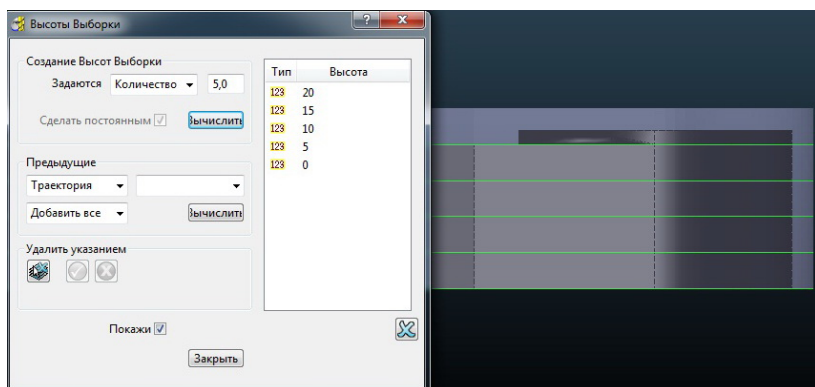


Рис. 4.23. Генерирование высот выборки количеством проходов

Следующий способ так и называется «Шаг по Z». На рис. 4.24 представлен вариант задания высот с шагом 4 мм.

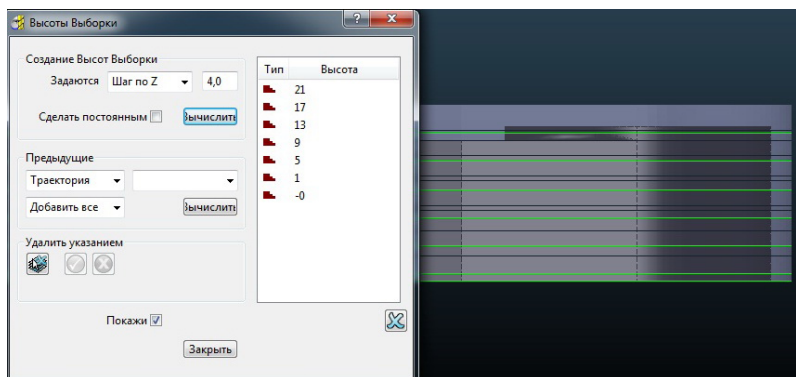


Рис. 4.24. Генерирование высот выборки шагом по Z

По списку рассчитанных высот видно, что высота была разбита на максимально возможное количество шагов высотой 4 мм и один шаг высотой оставшегося припуска — 1 мм.

При таком создании высот становится активной опция «Сделать постоянным». При её активации расстояние между шагами автоматически пересчитывается с равными промежуточными значениями (рис. 4.25).

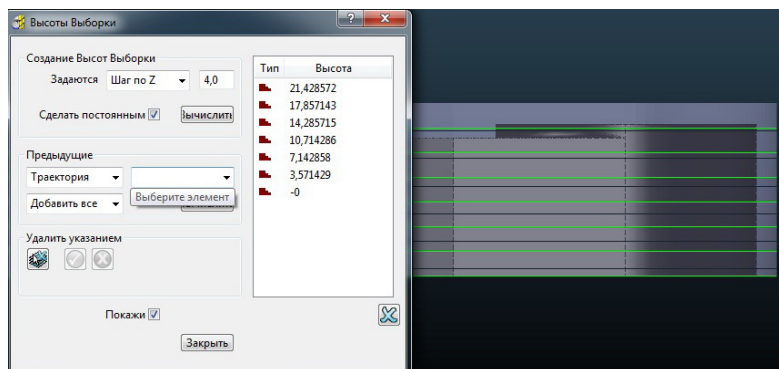


Рис. 4.25. Генерирование высот выборки шагом по Z с усреднением

Здесь, как и при задании высот количеством проходов, инструмент будет опускаться на определенную величину шага.

Способ задания высот выборки значением позволяет последовательно вручную ввести любые показатели высоты в каком угодно количестве (рис. 4.26).

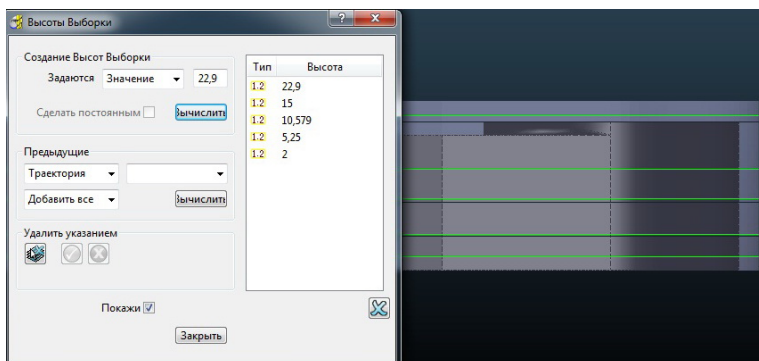


Рис. 4.26. Генерирование высот выборки по значению

Этот способ позволяет уже более гибко подойти к заданию высот.

Следующий способ «Добавить промежуточные высоты» сам по себе не функционален. Для его использования необходимо уже наличие высот выборки в списке, и тогда, задав количество промежуточных высот, будет произведено равномерное разбиение имеющихся значений. Так, на рис. 4.27 в список высот выборки, полученный опцией разбиения, количеством (5 высот) были добавлены по 4 промежуточные высоты на каждый шаг.

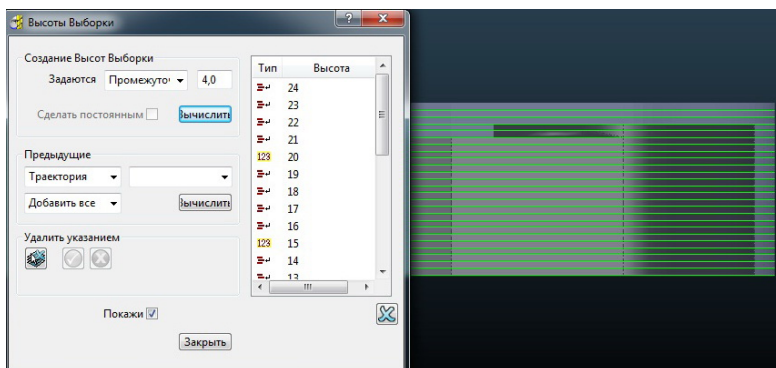


Рис. 4.27. Генерирование высот выборки вводом промежуточных значений

Наконец, последний способ задания высот — по плоскостям. Данный способ рассчитывает проходы только для последующей обработки плоских участков заготовки с учетом припуска на обработку (рис. 4.28).

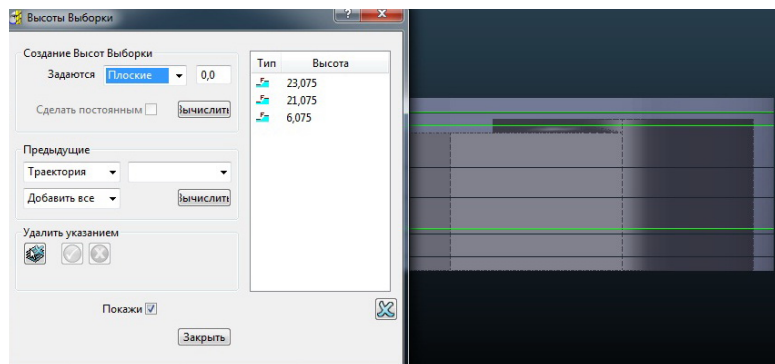


Рис. 4.28. Генерирование высот выборки по плоским поверхностям изделия

Как самостоятельный инструмент создания высот выборки этот способ в силу своей специфики используется редко.

Для рассматриваемого нами примера зададим шаг по Z, равный 5 мм, и в обязательном порядке учтем плоские участки заготовки. Результат представлен на рис. 4.29.

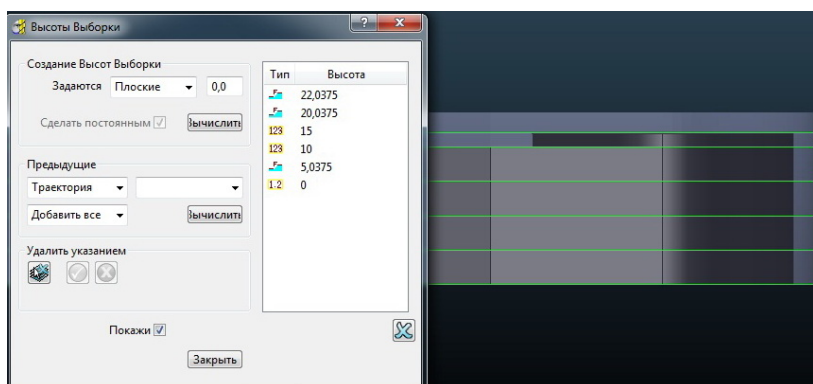


Рис. 4.29. Генерирование высот выборки (пример)

Направление обработки выбираем попутное, границу выводим из активного состояния, ось фрезы и врезание на слой – вертикально, последовательность обработки на одном слое – обработка по кратчайшей траектории, порядок обработки – по «карманам» (обработка впадин поочередно). Для сохранения внесенных изменений – «Выполнить» – «Принять».

В соответствии с заданными условиями PowerMill генерирует траекторию обработки (рис. 4.30).

Зелеными линиями обозначают рабочие ходы, пунктирными красными – переходы между ними, голубыми – подводы инструмента на подаче врезания.

Кроме того, PowerMill имеет возможность визуализации процесса обработки, имитирующей реальные движения инструмента по разработанным стратегиям. То есть предварительный анализ качества построения траектории можно провести без передачи программы на станок и в случае ошибки отредактировать ее и пересчитать.

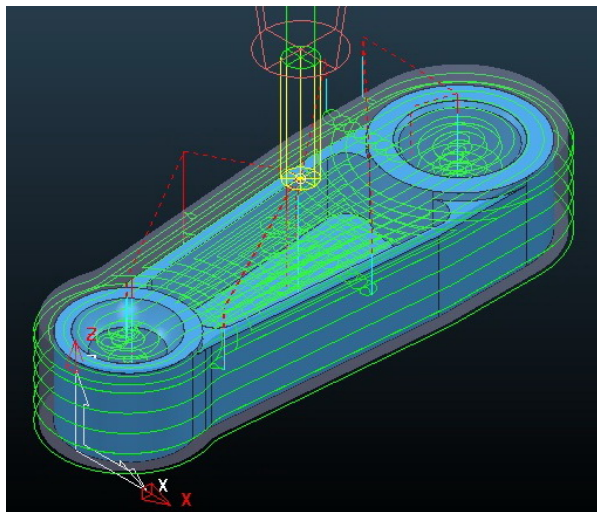


Рис. 4.30. Сгенерированная траектория обработки концевой фрезой

Для визуализации необходимо активировать панели «ViewMill» и «Симулятор». На рис. 4.31 представлена имитация обработки с активной функцией «Закраска по инструменту».

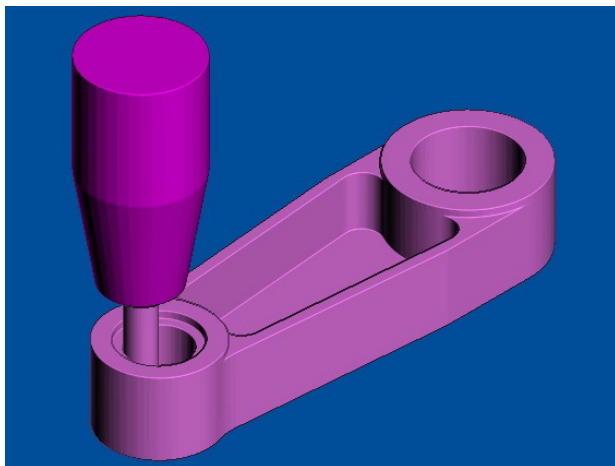


Рис. 4.31. Визуализация перемещения по смоделированной траектории

Теперь выполним генерацию траектории обработки сферической поверхности. Откроем окно «Новая траектория» , перейдем по вкладке «Чистовая» и выберем стратегию «3D смещением», то есть материал будет удаляться также эквидистантными проходами, но шаг здесь откладывается непосредственно по обрабатываемой поверхности [3].

В качестве инструмента примем сферическую концевую фрезу диаметром 6 мм, допуск – 0,1 мм, припуск – 0,0 мм, шаг вычисляем по высоте гребешка, границу создадим по выбранным поверхностям (рис. 4.32).

Выбор поверхностей производим с зажатой клавишей Shift. Для отмены случайно выбранной поверхности – с зажатой клавишей Ctrl.

Для сокращения количества подъемов между замкнутыми эквидистантными контурами активируем опцию «Спираль» – набор замкнутых контуров превратится в один спиральный проход.

Результат расчета траектории обработки сферической поверхности и окно модуля «ViewMill» с процессом симуляции представлены соответственно на рис. 4.33 и 4.34.

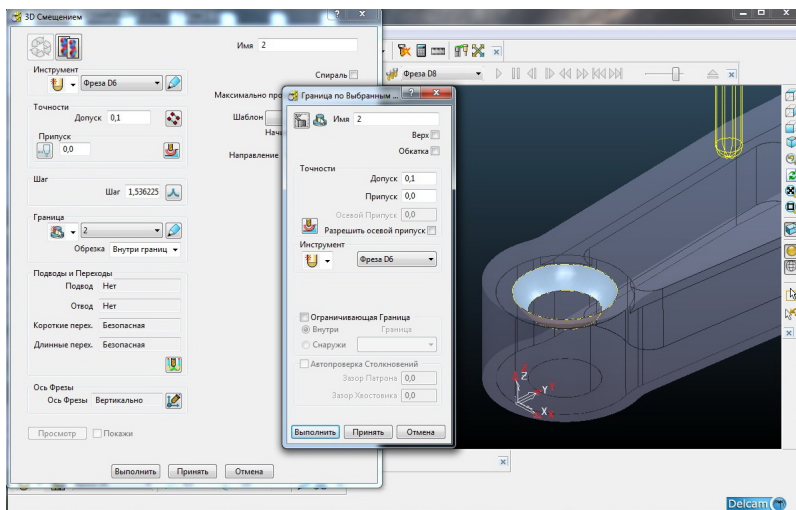


Рис. 4.32. Задание границы по выбранным поверхностям

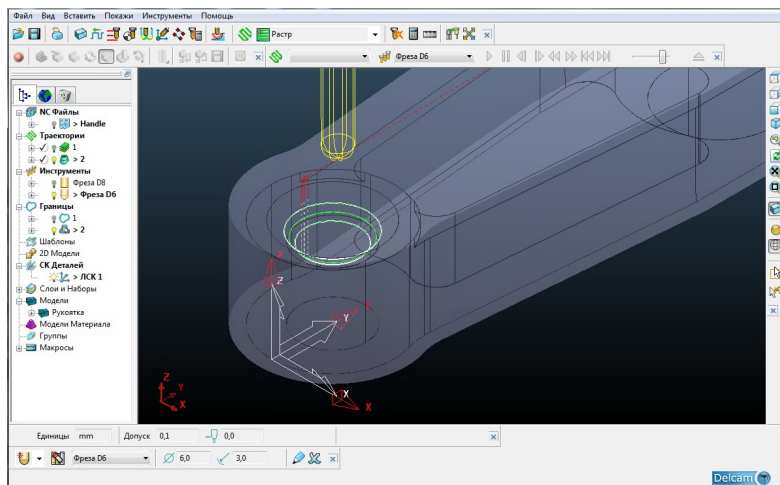


Рис. 4.33. Сгенерированная траектория обработки сферической фрезой с деревом проекта

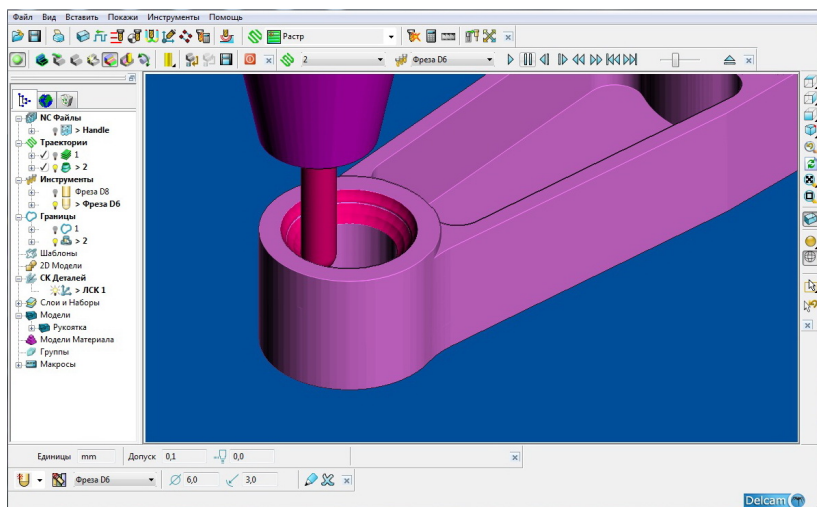


Рис. 4.34. Визуализация обработки с деревом проекта

Задание для самостоятельной работы

Для выполнения задания необходимо:

- получить вариант у преподавателя;
- создать САМ-модель обработки рукоятки по данным своего варианта (прил. 4).

3. МЕТОДИКА ОЦИФРОВКИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрим порядок выполнения необходимых действий при работе с установленным сканирующим модулем на Roland Modela MDX-20 для получения оцифрованной модели объекта.

Следует помнить, что станок необходимо включать только после загрузки операционной системы подключенного к нему компьютера.

Первым делом после запуска специализированной программы Dr.PICZA следует выбрать коммуникационный порт (если порт выбран неверно, то 3D сканер не будет воспринимать сигнал). Для этого нужно в главном меню выбрать команду «File» – «Preference» и в появившемся диалоговом окне выбрать коммуникационный порт (рис. 1) (в нашем случае – это COM3).

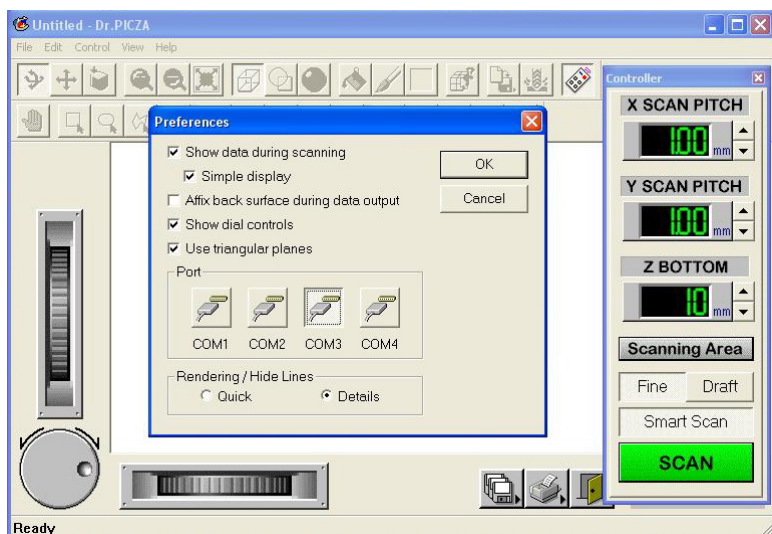


Рис. 1. Окно «Preference»

Рассмотрим специфику окна «Preference». Отмечая ту или иную команду, выбираем параметры просмотра выходных данных во время сканирования.

Теперь подробнее [4]:

– Show data during scanning (отображение данных во время сканирования) – происходит постоянное обновление изображения по ходу сканирования. При выключенной опции изображение оцифрованного объекта появляется только после окончания работы сканера, что удобно при необходимости разгрузки оперативной памяти;

– Simple display (простой вид) – отображает упрощенный образ объекта в процессе сканирования. С одной стороны, контролируется процесс оцифровки, с другой – не сильно нагружается память;

– Show dial controls (отображение панели управления) – при отключении скрывает колеса прокрутки;

– Use triangular plans (использование трехгранных элементов) – преобразует (разбивает) простые четырехгранные элементы в трехгранные;

– Rendering – визуализация: quick – быстро (упрощенно); details – подробно.

При запуске программы единственной активной командой панели инструментов является «controller» .

При её выборе появляется соответствующее окно (рис. 1).

Функции «controller»:

- X scan pitch – шаг (точность сканирования) по оси X ;
- Y scan pitch – шаг (точность сканирования) по оси Y ;
- Z bottom – высота нижней плоскости области сканирования относительно стола станка;
- Scanning area – окно настройки площади сканирования (рис. 2);
- Fine, Draft – настройка качества сканирования;
- Smart scan – идентификация области сканирования;
- Scan – запускает непосредственно процесс сканирования.

Перед началом работы для повышения производительности процесса необходимо как можно точнее настроить область сканирования путем ввода координат точек по осям X и Y либо перемещая маркеры при помощи мыши (рис. 2).

При помощи клавиш «Begin area test» и «Cansel area test» производится окончательная настройка области сканирования (уточнение введенных координат) путем визуального наблюдения за перемещением иглы сенсора.

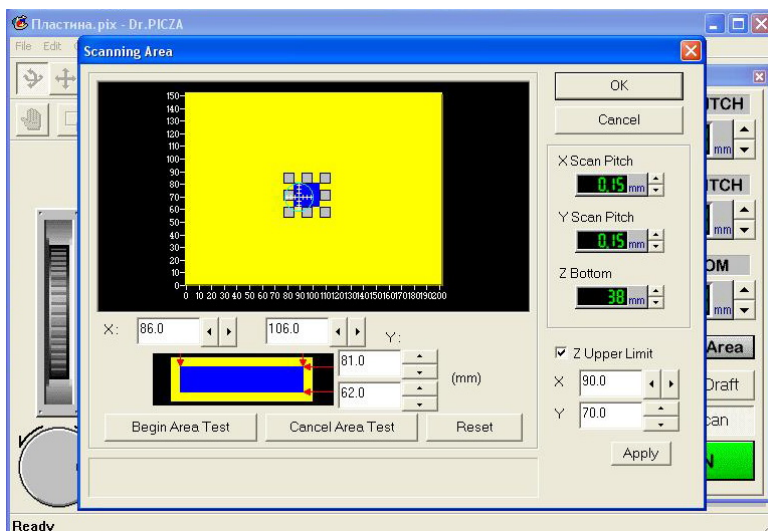


Рис. 2. Окно «Scanning area»

Для ускорения выхода на высоту области сканирования необходимо активировать команду «Z Upper limit» и ввести примерные координаты самой высокой точки объекта. Если сканер в процессе работы найдет более высокую точку, произойдет автоматический пересчет координат. Теперь при сканировании щуп сенсора будет сразу выходить на заданную координату верхней точки объекта.

Настроив вышеперечисленные параметры окна «Controller», запускаем непосредственно сам процесс сканирования.

Во время работы сканирующего модуля на экран выводится окно хода данного процесса «Processing» (рис. 3).

Здесь можно наблюдать количество времени, оставшееся до окончания процесса (может меняться в значительных пределах в зависимости от формы объекта, подвергаемого сканированию), параметры окна «Controller», а также команды «Cancel» и «View».

«Cancel» — отменяет процесс сканирования, но все данные, оцифрованные до аннулирования, остаются в памяти.

«View» — прерывание процесса сканирования (дублирует соответствующую кнопку на лицевой панели MDX-20). Стол станка выдвигается к оператору для удобства выполнения требуемых действий. Повторное нажатие возобновляет процесс.

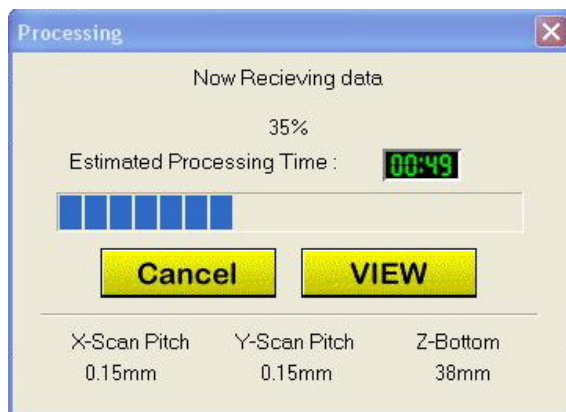


Рис. 3. Окно «Processing»

Окончательный результат сканирования пятигранной режущей пластины с точностью позиционирования в плоскости XY – 0,15 мм представлен на рис. 4.

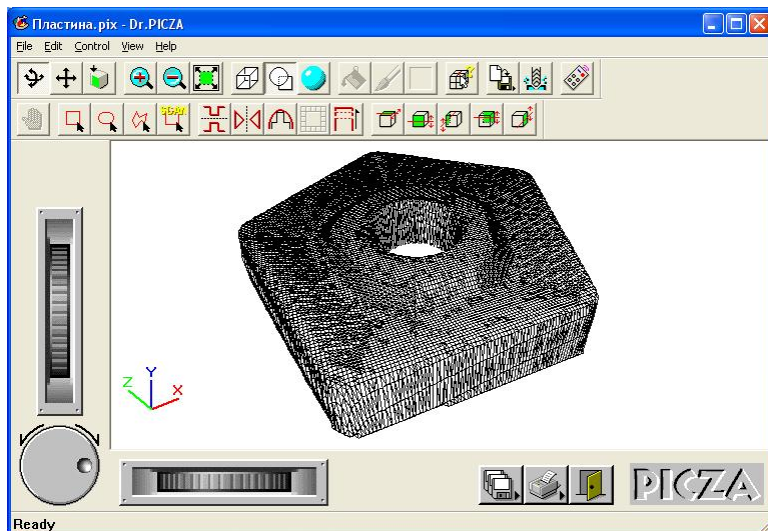


Рис. 4. Оцифрованная модель пятигранной режущей пластины

Как только получена отсканированная модель, становятся активными практически все команды панели инструментов (рис. 4).

Возможности редактирования оцифрованной модели

Перед началом редактирования необходимо обязательно сохранить данные сканирования, так как эта версия программы Dr.PICZA не обладает возможностью отката ни на один шаг назад.

Помимо соответствующих команд панели инструментов действия по ориентации оцифрованной модели возможно выполнять с зажатой левой кнопкой мыши — осуществляется вращение объекта, а также дополнительно:

- для масштабирования — удерживать клавишу «Shift»;
- для перемещения — одновременно удерживать клавиши «Shift» и «Ctrl».

При сканировании сложных габаритных объектов процесс может занять продолжительное время (до нескольких часов). Выключить станок и на следующий день продолжить сканирование не получится. В этом случае выручает возможность повторного сканирования  уже оцифрованного объекта. То есть сначала производится процесс сканирования с относительно большим шагом (рис. 5), затем выделяется область под повторное сканирование (рис. 6) с точным шагом. Таким образом, сканирование одного и того же объекта можно проводить в разное время.

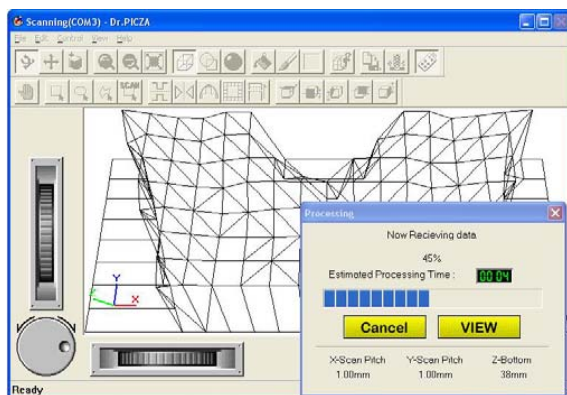


Рис. 5. Окно программы во время процесса грубой оцифровки

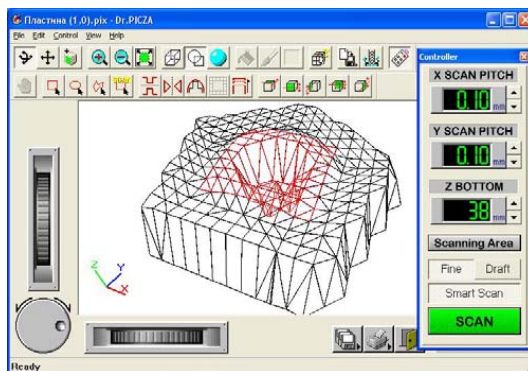


Рис. 6. Область, выделенная под точную оцифровку

Конечно, это не основное предназначение функции повторного сканирования. Как при создании конечно-элементных сеток в специализированных САЕ-программах, так и при сканировании на любых деталях имеются элементы (галтели, отверстия, переходные радиусы и т. п.), на которых требуется более точная оцифровка рассматриваемого объекта.

Так, в качестве наглядного примера на рис. 7 и 8 показан процесс точной оцифровки отверстия и прилегающей к нему области.

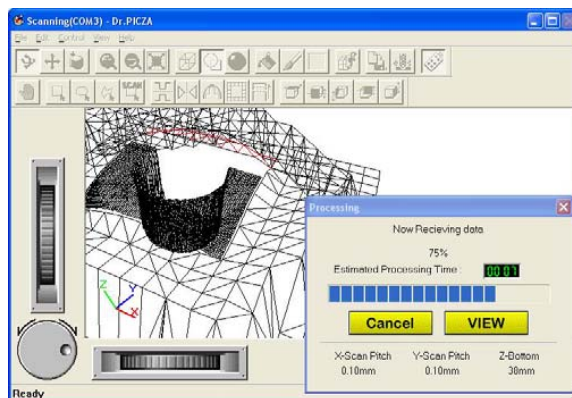


Рис. 7. Окно программы во время процесса точной оцифровки

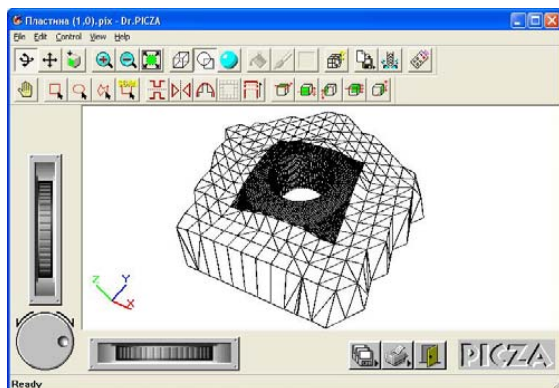


Рис. 8. Результат повторного сканирования с повышенной точностью

На объекте можно сразу выделять несколько областей под повторное сканирование, но нужно помнить, что в окне «Processing» время до окончания процесса указывается только на одну выделенную область, обрабатываемую в данный момент. В частности, на рис. 7 можно наблюдать вторую область под сканирование — выделена красным цветом.

Функция зеркального отображения объекта  удобна, когда возникает необходимость сканирования симметричных деталей (относительно плоскости YZ). В этом случае достаточно снять данные с одной модели, а вторую получить зеркальным отображением.

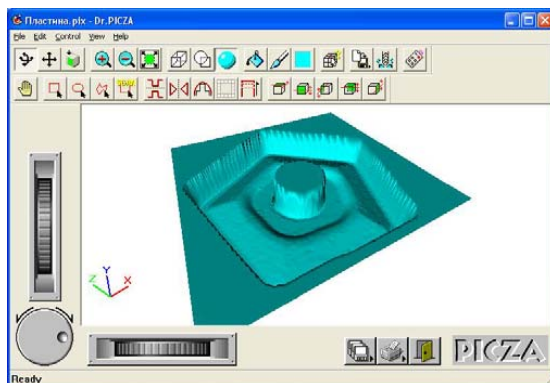


Рис. 9. Инверсия пятигранной пластины

Инверсией объекта  в вертикальной плоскости возможно получение предварительного профиля его «пресс-формы». На рис. 9 и 10 представлены соответственно результат инверсии модели пластины и её сглаженная поверхность (результат действия функции ).

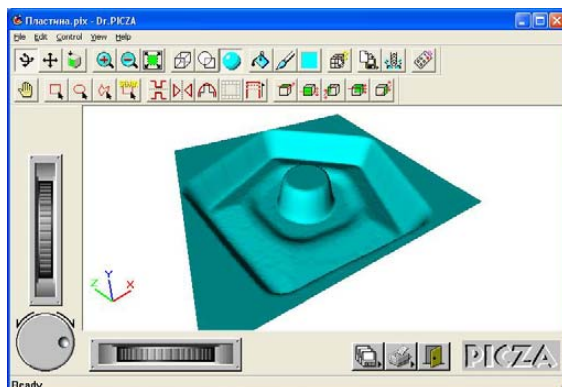


Рис. 10. Сглаженная поверхность

Как видно (рис. 10), сглаженная поверхность является более предпочтительной для создания по ней CAD-модели, но необходимо учитывать, что в зависимости от степени сглаживания модель теряет определенную точность.

Посредством функции  возможно провести предварительный анализ оцифрованного объекта (рис. 11).

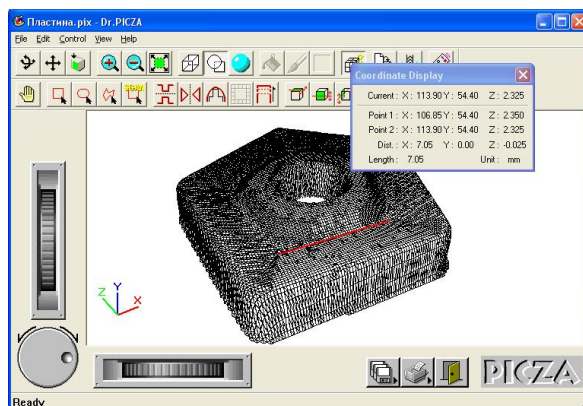


Рис. 11. Окно «Coordinate display»

Окно «Coordinate display» отображает координаты в пространстве двух выбранных точек, разность этих координат по каждой оси и расстояние между точками.

Окончательно отредактированную модель необходимо экспортировать посредством записи в соответствующий формат (рис. 12).

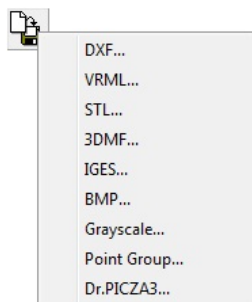


Рис. 12. Варианты экспорта

Из всех перечисленных форматов PowerShape и PowerMill без установки каких-либо дополнительных приложений воспринимают формат STL (Binary). Для импортирования же в таком нейтральном формате, как IGES, необходима установка модуля PS-Exchange [1] (набор прямых интерфейсов для считывания данных, записанных во внутреннем формате большинства CAD-систем).

В семействе программ PowerSolution есть мощная система преобразования данных, полученных с контрольно-измерительных и сканирующих машин, – CоруCAD. Данные оцифровки после редактирования преобразуются в триангулированную и далее в поверхностную модель. При этом поверхности генерируются в пределах заданной погрешности и в случае необходимости обеспечивается гладкое сопряжение примыкающих поверхностей по их границам. По линиям сканирования строится сеточная модель в формате STL с использованием различных способов формирования сетки – от простых до интеллектуальных, которые анализируют данные и предлагают лучший вариант связывания точек. Если уже имеется готовая модель, записанная в формате STL, как в нашем случае, то CоруCAD позволяет произвести ее редактирование.

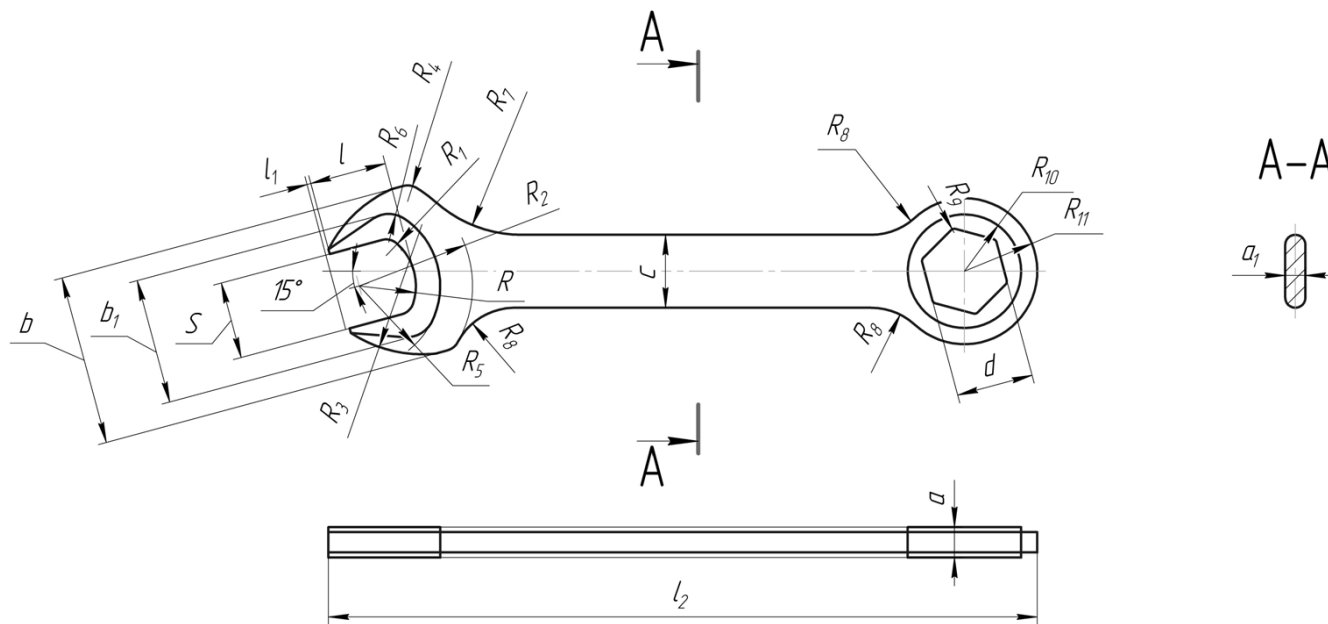
Получить поверхностную модель по импортированному изображению в формате STL возможно и с помощью пакета объемного моделирования – PowerShape, являющегося совершенным инструментом для работы со сложными формами и обеспечивающего идеальную подготовку CAD-модели для дальнейшего изготовления [1].

В настоящее время Delcam внедряет новые функциональные возможности в программный модуль PowerShape, которые позволят эффективно обрабатывать данные, полученные со сканирующих машин, и создавать на их основе CAD-модели с точным математическим описанием тел и поверхностей, которые будут пригодны для разработки на их основе качественных управляющих программ для станков с ЧПУ.

Библиографический список

1. Delcam. Delcam PowerShape : [Электронный ресурс]. 2014. URL: <http://www.delcam.ru/products/powershape/powershape.htm>.
2. Delcam. Delcam PowerMill : [Электронный ресурс]. 2014. URL: <http://www.delcam.ru/products/powermill/powermill.htm>.
3. Карданов, С.Б. Компьютерное моделирование деталей и проектирование технологии их изготовления в программном комплексе PowerSolution [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Б. Карданов. – Тольятти : ТГУ, 2006.
4. Roland Modela (3D Plotter) MDX–20 : User’s Manual. – Roland DG Corporation, 2000. – 70 с.

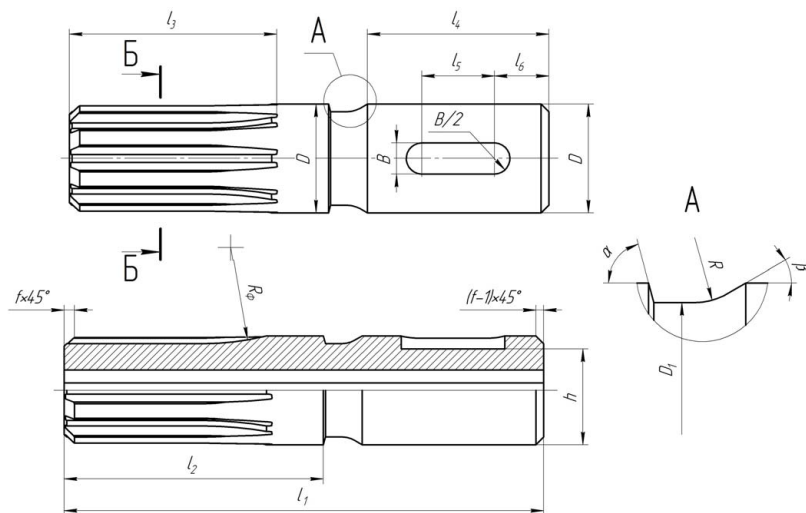
Эскиз гаечного ключа (задание)



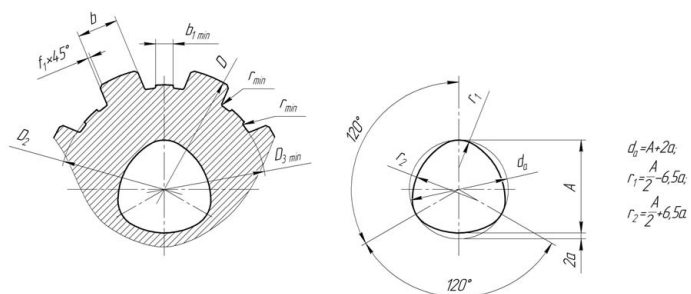
Варианты заданий

N _б	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>l</i> ₂	<i>a</i>	<i>a</i> ₁	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	<i>R</i> ₁	<i>R</i> ₂	<i>R</i> ₃	<i>R</i> ₄	<i>R</i> ₅	<i>R</i> ₆	<i>R</i> ₇	<i>R</i> ₈	<i>R</i> ₉	<i>R</i> ₁₀	<i>R</i> ₁₁		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
1	12	1,0	140	5,5	3,5	24	19	14	11	11	9	3,0	17	21	7,0	13	6	21	12	1,0	16	20		
2	13					26	20		12	12	10		19	23	8,0	14		23			17	21		
3	14					28	21		13	13	4,0	20	24	24				18			22			
4	15		160	6,0	4,0	30	22		14	14		14	21	26	9,0	15		26	13		19	23		
5	16					32	24	18	15	15		12	23	27	10,0	17	7	27	14		20	24		
6	16					34	26		16	16		13		24				28	28		15		21	25
7	17					35	27		17	17				25				29	29				22	26
8	18		175	7,5	5,0	39	29		18	18	14	5,0	27	30	11,0	19		31	16		23	27		
9	20		205	8,5	6,0	45	33		21	21	15		28	34	14,0	21	8	34	17		26	29		
10	21					46	34	22	22	5,0			31	35	15,0	22		35	18	1,0	27	31		
11	23					50	38	24	24	16	33		38	16,0	24	9	38	19	29		33			
12	26	2,0	260	10,5	8,0	55	41	22	27	27	18		38	41	17,0	26	10	41	20		32	36		
13	28					62	46	28	30	30	19	6,0	42	44	19,0	28	11	44	22		35	39		
14	30					65	48		32	32	20		45	47	21,0	29	12	47	24		37	41		
15	32		280	12,5	9,0	70	51	30	34	34	22	7,0	48	50	22,0	31	13	50	25		39	43		
16	34					75	54	32	36	36	23		50	52				52	26		41	45		
17	38					85	61	34	41	41	26	8,0	55	60	24,0	36	14	60	30		46	50		
18	42		380	17	10,0	95	68	38	46	46	29		62	65	26,0	40	15	65	32		51	56		
19	46					102	74	42	50	50	31		67	72	28,0	43	16	72	36		55	59		
20	51		3,0	420	18	12,0	112	81	45	55	55	34	9,0	73	77	32,0	47	18	77		38	60	64	

Эскиз вала шлицевого (задание)



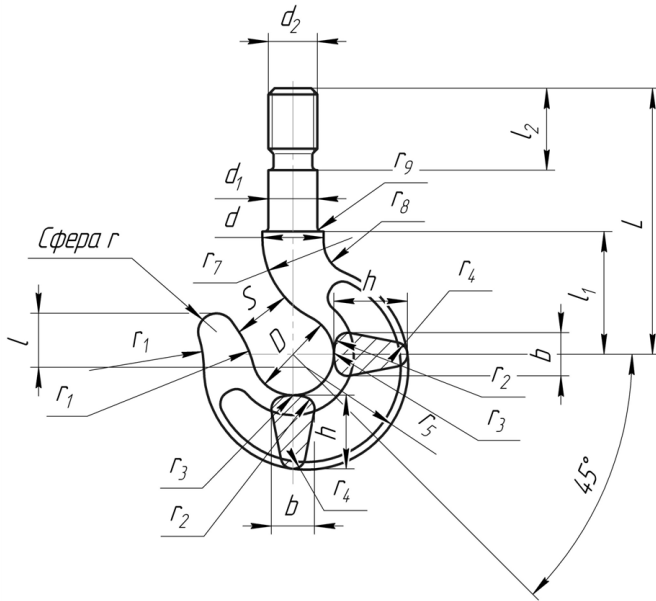
Б-Б



Варианты заданий

[illegible]

Эскиз крюка (задание)

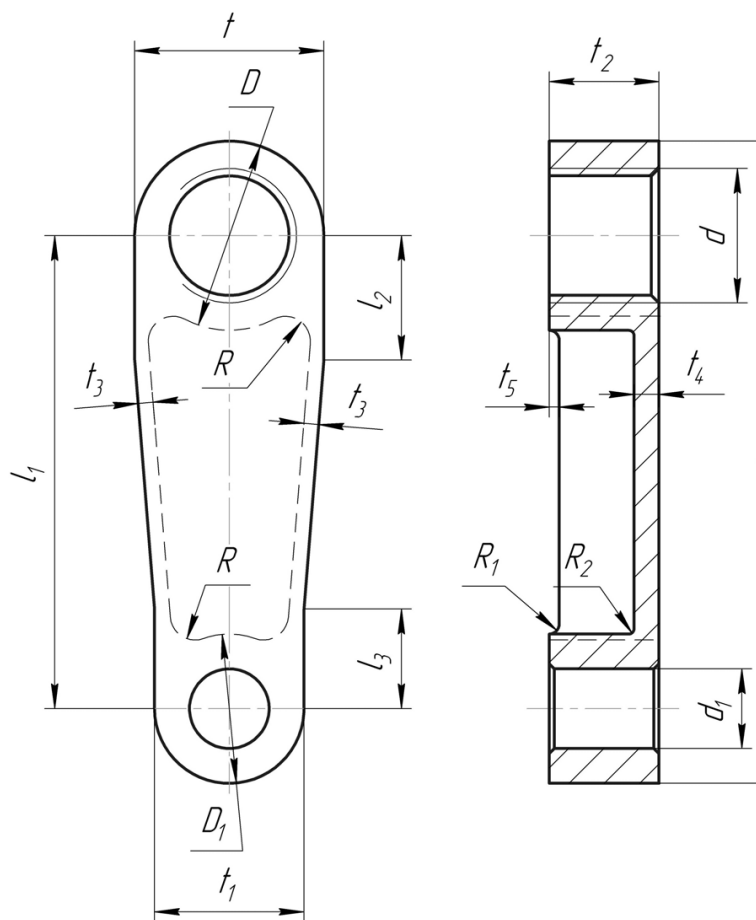


Варианты заданий

№ вар.	D	S	L	b	b_1	d	d_1	d_2	h	l	l_1	l_2	r	r_1	$r_2 = r_4$	r_3	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	22	16	70	13	8	15	12	M12	21	10	32	20	4,5	28	4,0	12	28	12	24	8	1,5
2	25	18	75	15		18	15	M14	24	12	35		5,0	30		13	32	13	26	9	
3	30	22	85	18	9	20	17	M16	26	15	40	25	5,5	35	5,0	14	37	14	30	10	
4	32	24	90	20					28	16	45			38		16	40	16	32	11	
5	36	26	105	22	10	25	20	M20	32	18	50	30	6,0	40	5,5	18	45	18	36	13	2,5
6	40	30	120	24					36	20	55		6,5	45		20	50	20	40	15	
7	45	33	130	26	12	30	25	M24	40	22	65	35	7,0	50	6,0	22	56	30	45	17	
8	50	36	145	30		35	30	M27	45	25	70	40	8,0	55		7,0	25	62	36	50	
9	55	40	165	34	16			M30	52	30	85	45		60	8,0	28	70	38	55	20	
10	60	45	180	38		40	35	M33	55	34	90	50	10,0	70		9,0	30	78	42	60	
11	65	50	195	40		45	40	M36	65	36	95	55		80		35	90	45	70	22	

№ вар.	D	S	L	b	b_1	d	d_1	d_2	h	l	l_1	l_2	r	r_1	$r_2 = r_4$	r_3	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
12	75	55	250	48	20	52	45	M42	75	38	105	60	11,0	85	10,0	40	100	50	75	25	2,5
13	85	65	280	54		56	50	M48	82	42	120	70	12,0	95	12,0	45	110	60	85	28	
14	95	75	310	60	—	62	55	M52	90	46	135	75	15,0	110	13,0	50	125	65	95	30	
15	110	85	340	65	—	68	60	M56	100	55	150	80	18,0	120		55	140	75	110	34	
16	120	90	415	75	—	80	70	M64	115	60	165	90	20,0	125	14,0	62	155	84	120	36	5,0
17	130	100	440	80	—	85	75	Tr70 ×10	130	62	180	95	21,0	140	16,0	70	170	90	130	40	
18	150	115	480	90	—	95	85	Tr80 ×10	150	75	210	100	22,0	170	18,0	75	200	105	150	45	
19	170	130	535	102	—	110	100	Tr90 ×10	164	80	230	115	30,0	190	20,0	100	220	120	170	50	
20	190	145	580	115	—	125	110	Tr100 ×12	184	95	260	130	32,0	210	23,0	110	245	135	190	60	5,0

Эскиз рукоятки (задание)



Варианты заданий

№ вар.	D	D_1	d	d_1	R	R_1	R_2	l	l_1	l_2	l_3	t	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	28	20	M17	6	5	2	1	119	85	15	10	28	20	22		5		
2	30	22	M18	8				121	87	17	12	30	22					
3	32	24	M20	10				123	89	19	14	32	24					
4	34	26	M22	12				125	91	21	16	34	26					
5	36	28	M24	14				127	93	23	18	36	28					
6	40	32	M28	18				131	97	27	22	40	32					
7	42	34	M30	20				133	99	29	24	42	34					
8	44	36	M33	22				135	101	31	26	44	36					
9	46	38	M35	24				137	105	33	28	46	38					
10	48	40	M36	26				139	107	35	30	48	40					
11	50	42	M39	28				141	109	37	32	50	42	25	3		2	
12	52	44	M40	30				143	111	39	34	52	44					
13	54	46	M42	32				145	113	41	36	54	46					
14	56	48	M45	34				147	115	43	38	56	48					
15	58	50	M48	36				149	117	45	40	58	50					
16	60	52	M48	38				151	119	47	42	60	52			8		
17	62	54	M50	40				153	121	49	44	62	54					
18	64	56	M52	42				155	123	51	46	64	56					
19	66	58	M55	44				157	125	53	48	66	58					
20	68	60	M58	46				159	127	55	50	68	60					