

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н.Л. Козликин

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Издательство
Томского политехнического университета
2008

УДК 681.327.1(075.8)

ББК 32.973.26-018.2:30

К59

Козликин Н.Л.

К59

Геометрические построения: учебное пособие / Н.Л. Козликин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 134 с.

ISBN 5-98298-184-2

Учебное пособие предназначено для изучения основ компьютерной графики на базе системы КОМПАС–3D. В нем описаны основные элементы геометрических построений, применяемые при создании чертежей, эскизов и т. д.

Различные построения из других автоматизированных систем предлагаются в качестве самостоятельных упражнений. В качестве самостоятельных заданий также предлагаются типовые построения при помощи «циркуля и линейки», которыми служат рассматриваемые способы геометрических построений.

Пособие разработано в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Материаловедение, наноматериалы и нанотехнологии» и рекомендуется студентам, обучающимся по машиностроительным специальностям, в качестве практического руководства для работы в современных геометрических редакторах.

УДК 681.327.1(075.8)

ББК 32.973.26-018.2:30

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Рецензенты

Доктор технических наук,
профессор кафедры теоретических основ информатики ТГУ
А.В. Скворцов

Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры физики высоких технологий
в машиностроении ТПУ
В.Н. Демидов

ISBN 5-98298-184-2

© Козликин Н.Л., 2008

© Томский политехнический университет, 2008

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	7
1.1. Геометрические построения	7
1.2. Предварительные замечания	8
1.2.1. Как получить справку при работе	8
1.2.2. Панель свойств	9
1.2.3. Панель специального управления	9
1.2.4. Вспомогательные построения	10
1.2.5. Редактирование объектов	11
1.2.6. Создание одиночной стрелки	12
1.2.7. Ввод параметров с использованием Геометрического калькулятора	12
1.2.8. Привязки	13
1.2.9. Стиль и цвет линий	15
Контрольные вопросы и задания	16
2. НАБОР ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ	17
2.1. Команда <i>Точка</i>	17
2.2. Команда <i>Точки равномерно по кривой</i>	17
2.3. Команда <i>Точки пересечений</i>	18
2.4. Команда <i>Непрерывный ввод</i>	18
2.5. Команда <i>Вспомогательная прямая</i>	20
2.6. Команда <i>Горизонтальная вспомогательная прямая</i>	21
2.7. Команда <i>Вертикальная вспомогательная прямая</i>	21
2.8. Команда <i>Параллельная вспомогательная прямая</i>	21
2.9. Команда <i>Перпендикулярная вспомогательная прямая</i>	22
2.10. Команда <i>Касательная вспомогательная прямая из внешней точки</i>	23
2.11. Команда <i>Касательная вспомогательная прямая через точку кривой</i>	24
2.12. Команда <i>Вспомогательная прямая, касательная к двум кривым</i>	25
2.13. Команда <i>Биссектриса</i>	25
2.14. Команда <i>Отрезок</i>	26
2.15. Команда <i>Параллельный отрезок</i>	26
2.16. Команда <i>Перпендикулярный отрезок</i>	27
2.17. Команда <i>Касательный отрезок из внешней точки</i>	28
2.18. Команда <i>Касательный отрезок через точку кривой</i>	28
2.19. Команда <i>Отрезок, касательный к двум кривым</i>	29
Контрольные вопросы и задания	29
2.20. Команда <i>Окружность по центру и радиусу</i>	31
2.21. Команда <i>Окружность по трем точкам</i>	32
2.22. Команда <i>Окружность, касательная к кривой</i>	32
2.23. Команда <i>Окружность, касательная к двум кривым</i>	33

2.24.	Команда <i>Окружность, касательная к трем кривым</i>	34
2.25.	Команда <i>Окружность по двум точкам</i>	35
2.26.	Команда <i>Дуга окружности</i>	36
2.27.	Команда <i>Дуга по трем точкам</i>	37
2.28.	Команда <i>Эллипс по центру и полуосям</i>	37
2.29.	Команда <i>Эллипс по диагонали габаритного прямоугольника</i>	38
	Контрольные вопросы и задания	38
2.30.	Команда <i>Кривая Безье</i>	41
2.31.	Команда <i>NURBS-кривая</i>	44
2.32.	Команда <i>Ломаная линия</i>	45
2.33.	Команда <i>Фаска</i>	46
2.34.	Команда <i>Фаска на углах объекта</i>	47
2.35.	Команда <i>Скругление</i>	48
2.36.	Команда <i>Скругление на углах объекта</i>	49
2.37.	Команда <i>Прямоугольник по диагонали</i>	50
2.38.	Команда <i>Прямоугольник по центру и углу</i>	51
2.39.	Команда <i>Правильный многоугольник</i>	51
	Контрольные вопросы и задания	52
2.40.	Команда <i>Штриховка</i>	53
3. КОМАНДЫ И КНОПКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ		
ПАНЕЛИ РЕДАКТИРОВАНИЯ		
		58
3.1.	Команда <i>Сдвиг</i>	58
3.2.	Команда <i>Сдвиг по углу и расстоянию</i>	59
3.3.	Команда <i>Поворот</i>	60
3.4.	Команда <i>Масштабирование</i>	61
3.5.	Команда <i>Симметрия</i>	62
3.6.	Команда <i>Копия</i>	63
3.7.	Команда <i>Копия по кривой</i>	64
3.8.	Команда <i>Копия по окружности</i>	66
3.9.	Команда <i>Копия по концентрической сетке</i>	67
3.10.	Команда <i>Копия по сетке</i>	68
3.11.	Команда <i>Деформация сдвигом</i>	69
3.12.	Команда <i>Деформация поворотом</i>	73
3.13.	Команда <i>Деформация масштабированием</i>	74
3.14.	Команда <i>Усечь кривую</i>	75
3.15.	Команда <i>Усечь кривую двумя точками</i>	76
3.16.	Команда <i>Выровнять кривые по границе</i>	77
3.17.	Команда <i>Удалить фаску или скругление</i>	77
3.18.	Команда <i>Разбить кривую на две части</i>	78
3.19.	Команда <i>Разбить кривую на равные части</i>	78
3.20.	Команда <i>Эквидистанта к объекту</i>	78
3.21.	Команда <i>Эквидистанта по стрелке</i>	81
3.22.	Команда <i>Удалить область</i>	83
4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ		
		85
4.1.	Деление отрезка пополам	85
4.2.	Деление отрезка на заданное число частей	86

4.3.	Деление отрезка прямой на пропорциональные части	86
4.4.	Деление отрезка прямой в среднем и крайнем отношении (правило «золотого сечения»)	87
4.5.	Построение отрезков прямой линии с соотношением сторон $\sqrt{2}$	88
4.6.	Построение перпендикуляра к прямой m , проходящего через точку O , лежащую вне этой прямой	89
4.7.	Построение перпендикуляра к прямой m в точке A , принадлежащей данной прямой	89
4.8.	Построение заданного угла	90
4.9.	Построение угла 30 град.	91
4.10.	Построение угла 60 град.	91
4.11.	Деление угла пополам	92
4.12.	Построение угла 75 град.	92
4.13.	Деление прямого угла на 7 равных частей	93
4.14.	Определение центра дуги	94
4.15.	Определение центра окружности	94
4.16.	Деление окружности на 3, 6 и 12 частей	95
4.17.	Деление окружности на 4 и 8 частей	95
4.18.	Деление окружности на 5 и 10 частей	96
4.19.	Деление окружности на 7 частей	96
4.20.	Деление окружности на n равных частей	97
4.21.	Построение правильных многоугольников по заданной длине одной стороны	98
4.22.	Спряmlение окружности и ее дуги	99
4.23.	Спряmlение дуги окружности	100
4.24.	Графический способ спряmlения окружности или плоской кривой с помощью циркуля	101
4.25.	Построение прямой, касательной к окружности	102
4.26.	Сопряжение пересекающихся прямых дугой окружности данного радиуса	102
4.27.	Сопряжение трех пересекающихся прямых	103
4.28.	Сопряжение дуги окружности и прямой линии дугой заданного радиуса	104
4.29.	Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса R	105
4.30.	Построение касательной к окружности через заданную внешнюю точку	106
4.31.	Построение касательной к двум окружностям; внешнее касание	107
4.32.	Построение касательной к двум окружностям; внутреннее касание	108
4.33.	Сопряжение окружности и прямой при условии, что дуга сопряжения проходит через заданную точку A на окружности	108
4.34.	Построение окружности, проходящей через заданную точку A и касающейся данной окружности с центром O в заданной точке B	110
4.35.	Сопряжение окружности данного радиуса и прямой при условии, что дуга сопряжения должна проходить через точку A на прямой t	111
4.36.	Сопряжение двух неконцентрических дуг окружностей третьей дугой заданного радиуса	112

4.37. Сопряжение двух параллельных прямых двумя дугами при заданных точках сопряжения	113
4.38. Построение эллипса по двум его осям	113
4.39. Построение эллипса по заданным сопряженным диаметрам	115
4.40. Построение эллипса по хордам	116
4.41. Построение касательной и нормали к эллипсу	116
4.42. Построение овала по двум его осям	117
4.43. Построение овала делением большой оси на четыре равные части	119
4.44. Построение овала делением большой оси на три равные части	119
4.45. Построение спирали Архимеда	120
4.46. Построение спирали Архимеда на участке между заданными точками	121
4.47. Построение эвольвенты (развертки) окружности по заданному диаметру	122
4.48. Построение циклоиды	123
4.49. Построение эпициклоиды и гипоциклоиды	124
4.50. Построение параболы	125
4.51. Построение гиперболы	127
4.52. Построение синусоиды по заданному диаметру начальной окружности	129
4.53. Провести параллельную прямую через заданную точку	130
ПРИЛОЖЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЫШИ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	133

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Геометрические построения

Современные системы автоматизированного проектирования обеспечивают пользователя богатым набором команд для создания графических образов на экране дисплея. Эти команды позволяют строить как плоские объекты, так и пространственные тела. При этом пользователь, как правило, имеет дело с двумя видами информации: сообщениями системы в виде текстовых подсказок и формируемым графическим изображением объекта. На практике разработано много методов построения геометрических объектов, из которых только часть, наиболее применяемых, реализуется в автоматизированных системах. Остальные построения предполагается строить, оперируя заданным набором команд.

В условиях возрастания сложности изделий зачастую оказывается, что тот набор примитивов, который реализован в имеющейся под рукой системе, не позволяет построить необходимый геометрический объект. В связи с этим возникает необходимость в использовании «циркуля и линейки» и математических знаний из области геометрических построений, чтобы реализовать необходимую конструкцию, выполнить вспомогательное построение для определения, например, точки привязки или оформить требуемый чертеж или иллюстрацию.

Под построениями с помощью «циркуля и линейки» подразумеваются стандартные построения, которые могут быть осуществлены в результате выполнения конечного числа следующих основных построений:

- проведение прямой через две точки;
- обозначение точки пересечения двух (пересекающихся) прямых;
- установление раствора циркуля, равного расстоянию между двумя данными точками;
- построение окружности данного радиуса с центром в данной точке;
- обозначение точек пересечения данной прямой с данной окружностью;
- обозначение точек пересечения двух данных окружностей.

Иногда сложные, с точки зрения математики, построения легко реализуются с использованием параметрических возможностей современ-

ных автоматизированных систем, что целесообразно применять после быстрых приближенных набросков нужных геометрических объектов.

В предлагаемом учебном пособии рассматриваются различные способы построения распространенных геометрических объектов в машиностроении, как с точки зрения чистой математики, так и с точки зрения их реализации в различных современных системах автоматизированного проектирования высокого уровня, таких как Pro/Engineer, Unigraphics (США), Euclid (Франция), T-Flex, СПРУТ (Россия), среднего уровня Mechanical Desktop (фирма Autodesk), SolidWorks и системах низкого уровня AutoCAD, MiniCAD (США), КОМПАС (фирма АСКОН, Россия), GeMМа-3D (ЗАО «НТЦ ГеММа», Россия) и др.

За основу возможностей современных автоматизированных систем взята система КОМПАС (фирма АСКОН, Россия). Отсутствующие в ней возможности предлагается реализовать студентам самостоятельно, используя базовые возможности системы КОМПАС и методы геометрических построений с помощью «циркуля и линейки». Выполнение таких заданий предлагается в качестве упражнений и дополнительных вопросов.

Работа над такими заданиями, по мнению автора, поможет глубже понять возможности современных автоматизированных систем и с честью выйти из нестандартной ситуации, встретившейся в работе над чертежом, твердой моделью или оформлением документации.

1.2. Предварительные замечания

1.2.1. Как получить справку при работе

При возникновении затруднительных ситуаций во время работы с КОМПАС Вы можете быстро получить необходимую справочную информацию. Для этого разработана справочная система, которая содержит сведения о командах меню и панелях кнопок, клавиатурных комбинациях, типовых последовательностях выполнения различных операций и т. д.

Получить справочную информацию можно одним из следующих способов:

- Вызовите подходящую команду из меню Справка.
- Нажмите клавишу <F1> для получения подсказки по текущему действию.
- Нажмите кнопку **Объектная справка** на Панели управления для получения подсказки по объектам рабочего экрана.

Вы можете также быстро получить краткую информацию о какой-либо кнопке с помощью технологии всплывающих подсказок (см. раздел **Использование всплывающих подсказок**).

Команда *Объектная справка*

Позволяет получить справку по командам, кнопкам и другим объектам рабочего экрана КОМПАС.

Команду *Объектная справка* можно вызвать, нажав кнопку *Справка* на Панели управления.



Кнопка Справка

После вызова команды курсор мыши изменит свой внешний вид (превратится в вопросительный знак со стрелкой). Подведите курсор к интересующему Вас объекту экрана (панели, кнопке, строке меню, полю ввода и т. д.) и щелкните на нем мышью.

1.2.2. Панель свойств

Панель свойств автоматически появляется на экране только после вызова какой-либо команды из выбранной Инструментальной панели или в режиме редактирования объектов.

На этой панели расположены кнопки, с помощью которых выполняются специальные действия, такие как ввод объекта, прерывание текущей команды, включение автоматического создания объекта и т. д.

В зависимости от выполняемой команды набор кнопок на этой панели может быть различным.

Здесь мы рассмотрим только две наиболее часто используемых: *Создать объект* и *Прервать команду*, с тем чтобы постоянно о них не упоминать в ходе рассмотрения различных команд.

Для фиксации построенного объекта требуется нажать кнопку *Создать объект*.



Кнопка Создать объект

Завершить выполнение команды можно, нажав клавишу *<Esc>* или кнопку *Прервать команду*.



Кнопка Прервать команду

1.2.3. Панель специального управления

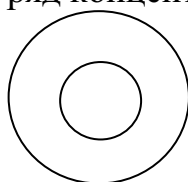


Кнопка Запомнить состояние

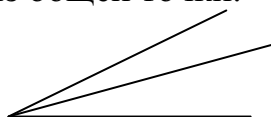
Позволяет запомнить параметры, которые были заданы при вводе объекта, для того, чтобы использовать их при создании следующих объектов.

Пример 1. Фиксация радиуса. При вводе окружности явно задать значение радиуса. Затем нажать кнопку *Запомнить состояние* и указать положение центра окружности. При вводе следующей окружности заданный радиус будет автоматически предлагаться в Строке параметров объектов для каждой новой окружности, пока не произойдет выход из текущей команды.

Пример 2. Фиксация центра окружности. Зафиксировать центр окружности. Затем нажать кнопку *Запомнить состояние* и указать радиус окружности. При вводе следующей окружности заданный центр будет автоматически предлагаться в Строке параметров объектов для каждой новой окружности, пока не произойдет выход из текущей команды. Таким образом можно построить ряд концентрических окружностей.



Аналогичным образом можно организовать ввод пучка отрезков, одним концом исходящих из общей точки.



Кнопка **Выбор объекта**

Появляется в том случае, если во время выполнения команды нужно указывать объекты (например, элементы для построения касательной к ним окружности). Нажав эту кнопку, Вы можете переопределить ранее выбранный объект, выполнив повторное указание курсором.

1.2.4. Вспомогательные построения

При построениях геометрических объектов возникают ситуации, когда требуются дополнительные или недостающие точки привязки. В этом случае рекомендуется использовать построения, в которых задействованы вспомогательные прямые и точки, легко удаляемые по завершении работы.

Способы построения таких прямых аналогичны соответствующим способам построения отрезков. При этом может быть включен режим простановки точек пересечения вспомогательной прямой со всеми кривыми, через которые она проходит. Полученные точки будут активными в качестве точек привязки без дополнительного указания соответствующего способа привязки.

Простановка точек пересечения

Если Вы хотите, чтобы при вводе вспомогательной прямой были вычислены и проставлены точки ее пересечения со всеми кривыми текущего вида, вызовите команду *Ставить точки пересечений* из контекстного меню или нажмите кнопку *Точки пересечений* на Панеле свойств объектов. Кнопка при этом изменит свой внешний вид, а рядом с командой контекстного меню появится «галочка».



Ставить точки пересечения



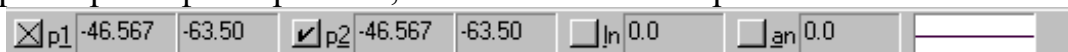
Не ставить точки пересечения

Повторное нажатие кнопки или вызов команды контекстного меню отключает простановку точек.

1.2.5. Редактирование объектов

После того как объект уже создан, бывает необходимо, например, изменить его длину, не меняя ни точек привязки, ни направление его отрисовки.

Чтобы начать процедуру редактирования какого-либо объекта, дважды щелкните по нему левой кнопкой мыши. Объект изменит цвет, и появится, соответствующая этому объекту, строка параметров, где все параметры зафиксированы, т. е. обозначены «крестиком».



Значение введено, параметр зафиксирован



Ожидание ввода параметров



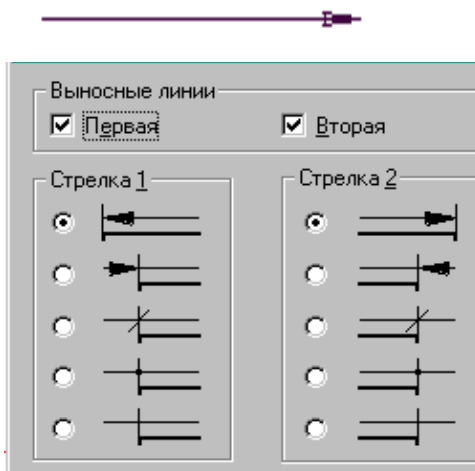
Вспомогательный параметр, доступный для ввода

A _____ B

Допустим, мы имеем отрезок АВ, у которого нужно изменить длину и при этом точку А оставить на месте. В зависимости от того, является ли точка А начальной или конечной, необходимо снять фиксацию либо с параметра Р1, либо с параметра Р2, щелкнув левой кнопкой мыши по соответствующему «крестику». После чего вводится требуемая длина в соответствующем поле и нажимается кнопка *Создать объект*. Редактируемый отрезок ужмется в сторону точки А.

1.2.6. Создание одиночной стрелки

При использовании системы для оформления и создания иллюстраций часто требуется обычная стрелка, указывающая то или иное направление. Чтобы ее создавать, можно использовать аппарат простановки размеров: **Параметры размера ...**



В этом диалоге можно установить необходимые параметры и сбросить ненужные: убрать выносные линии и убрать первую или вторую стрелку, а также убрать текст обозначения размера. В результате получим одиночную стрелку.

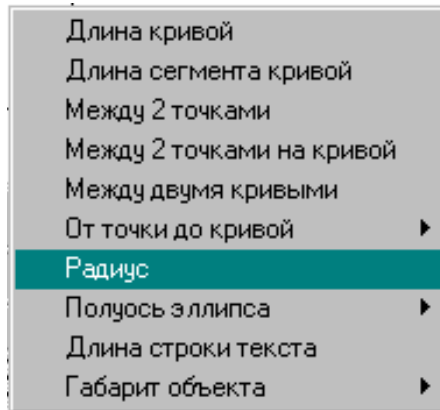
1.2.7. Ввод параметров с использованием Геометрического калькулятора

Задавать параметры объекта можно еще одним способом – непосредственно снимать их значения с других, ранее построенных объектов на чертеже. Для этого используется Геометрический калькулятор, который вызывается щелчком **правой** клавиши мыши на соответствующем поле. Поясним его работу на простом примере.



Построим окружность с центром в точке O_1 и радиусом, равным радиусу окружности с центром в точке O .

1. Выберем команду **Ввод окружности**.
2. В ответ на запрос системы **Укажите точку центра окружности или введите ее координаты** щелкните в точке O_1 .
3. Щелкните **правой** клавишей в поле **Радиус окружности** на Панеле свойств. На экране появится меню Геометрического калькулятора.



Замечание. В меню Геометрического калькулятора всегда отображается список команд, с помощью которых можно измерить на чертеже соответствующий параметр. В данном случае за радиус окружности можно взять длину любой кривой (команда *Длина кривой*) или ее отдельного участка (*Длина сегмента кривой*), расстояние между двумя любыми точками на чертеже (команда *Между двумя точками*) и т. д.

4. Щелчком левой клавиши мыши активизируйте команду *Радиус*.
5. Курсор принял форму мишени. Щелкните мишенью в любой точке существующей окружности с центром O.
6. Щелчком на кнопке *Прервать команду* завершите работу команды *Ввод окружности*.

1.2.8. Привязки

В процессе работы с чертежом постоянно возникает необходимость точно установить курсор в различные характерные точки элементов, иными словами, выполнить привязку к точкам или объектам.

Привязка – это механизм, позволяющий точно задать положение курсора, выбрав условие его позиционирования (например, в узлах сетки, или в ближайшей характерной точке, или на пересечении объектов и т. д.).

КОМПАС предоставляет самые разнообразные возможности привязок к характерным точкам (пересечение, граничные точки, центр и т. д.) и объектам (по нормали, по направлениям осей координат). Все варианты привязок объединены в меню, которое можно вызвать при создании, редактировании или выделении объектов по нажатию правой кнопки мыши.

Привязку можно также выполнять с помощью клавиатуры.

Понятие привязки неразрывно связано с понятием характерных точек объектов. Такими точками в КОМПАС являются точки, определяющие геометрию объектов или его положение на чертеже. В приведенной ниже таблице даны основные геометрические объекты КОМПАС и их характерные точки.

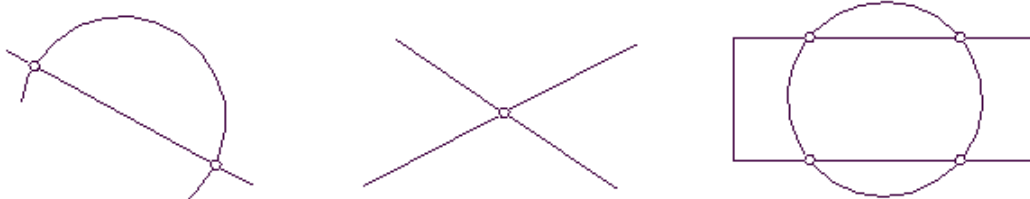
Геометрический объект	Его характерные точки	Схематическое изображение характерных точек
Точка	Сама точка	
Отрезок	Начало отрезка, конец отрезка	
Дуга	Начало дуги, конец дуги и центр	
Окружность	4 точки квадрантов и центр	
Прямоугольник	4 точки в углах прямоугольника	
Правильный многоугольник	Точки пересечения сторон и центр	
Эллипс	Конечные точки полуосей и центр	
Сплайн	Точки перегиба сплайна	
Ломаная линия	Точки перегиба ломаной	
Фаска	Аналогично отрезку	
Скругление	Аналогично дуге	
Строка текста	Точки начала и конца строки	Текст 
Штриховка	Точки в углах контура штриховки	
Таблица	Начальные и конечные точки всех отрезков	

При выполнении операций привязок на основе характерных точек система может вычислить некоторые дополнительные точки: средние точки отрезков и дуг, точки пересечения и касания объектов и т. д. (см. рисунок).

Средние точки объектов



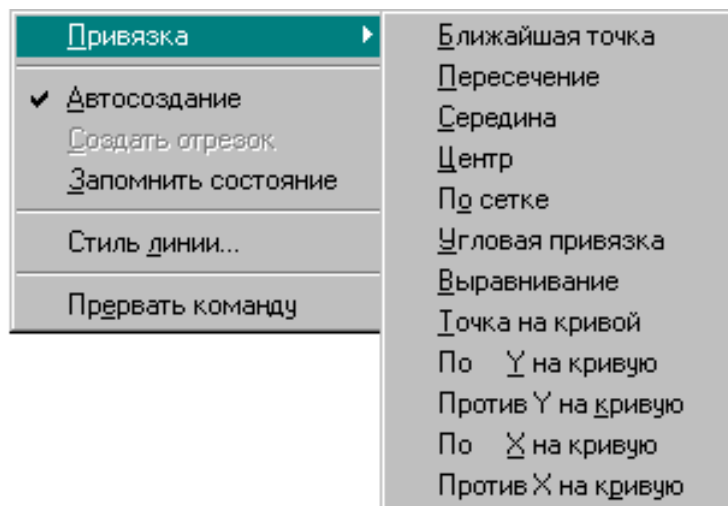
Точки пересечения объектов



Точки касания объектов

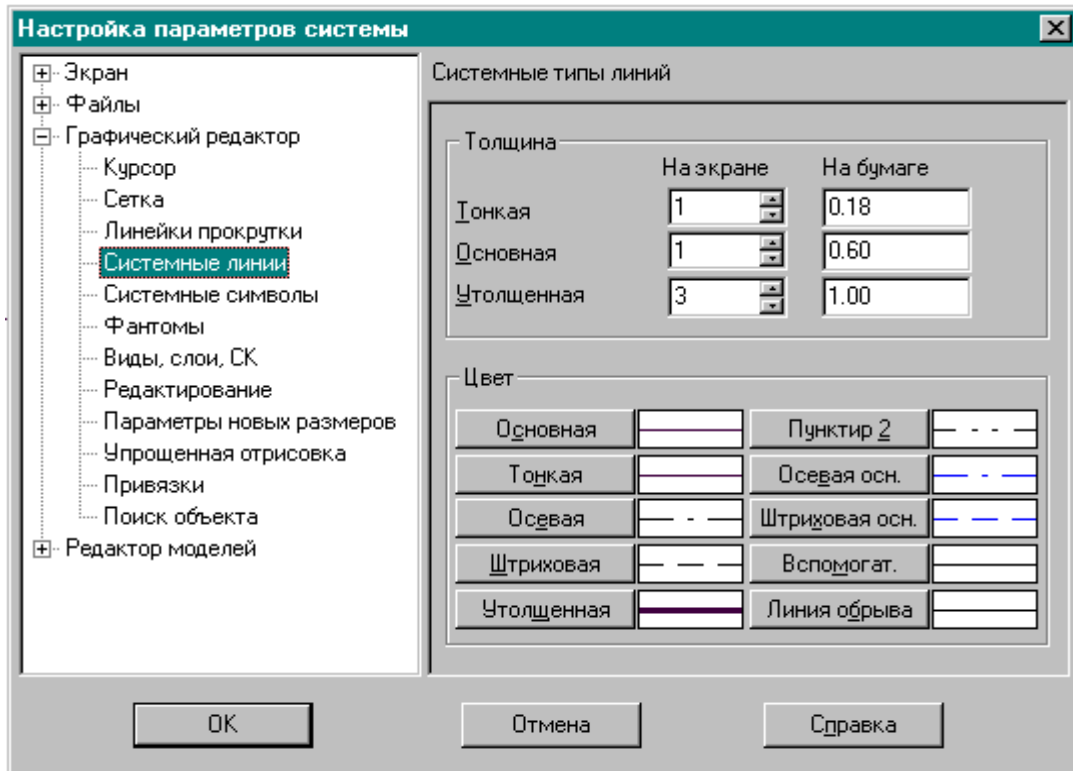


КОМПАС предоставляет самые разнообразные команды привязки к характерным точкам (граничные точки, центр) и объектам (пересечение, по нормали, по направлению осей координат и т. д.). Эти команды объединены в три независимые группы привязок: *глобальные*, *локальные* и *клавиатурные*.



1.2.9. Стиль и цвет линий

При оформлении чертежей, с последующей их печатью, система позволяет настраивать системные линии по типу и толщине и задавать их цвет, отдельно для экрана и на бумаге (см. приведенный ниже диалог такой настройки).



Контрольные вопросы и задания:

1. Как получить помощь при работе с системой?
2. Назначение кнопки *Объектная справка?*
3. Назначение кнопки *Выбор объекта?*
4. Какими средствами можно отменить вызванную команду?
5. Как запустить механизм редактирования геометрических объектов?
6. Назначение механизма привязок?
7. Найти по справке информацию о «Расширенной панели команд».

2. НАБОР ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

2.1. Команда *Точка*

Позволяет начертить одну или несколько точек.

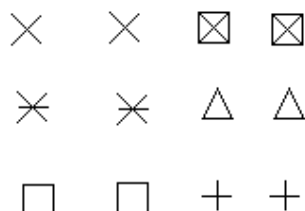
Для вызова команды нажмите кнопку *Точка* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Точка

Стиль отрисовки точек

Для изменения текущего стиля отрисовки точек вызовите команду *Стиль точек...* из контекстного меню или щелкните левой кнопкой мыши на поле стиля в Строке параметров объектов. На экран будет выведен диалог выбора стиля точки. Укажите в нем нужное начертание символа точки и нажмите кнопку ОК.



Примеры точек, имеющих разный стиль

2.2. Команда *Точки равномерно по кривой*

Позволяет равномерно проставить точки на указанном геометрическом объекте (кривой).

Для вызова команды нажмите кнопку *Точки равномерно по кривой* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Точки равномерно по кривой

Задайте количество участков, на которые точки должны разделить кривую, в соответствующем поле Строки параметров объектов. Затем укажите кривую, на которой нужно проставить точки.

В том случае, если кривая является замкнутой, дополнительно указывается точка (не обязательно точно на кривой), от которой нужно начать простановку. Если точка указана не на кривой, за начало простановки принимается точка на кривой, ближайшая к указанной.

2.3. Команда *Точки пересечений*

Позволяет проставить точки в местах пересечений указанных геометрических объектов.

Для вызова команды нажмите соответствующую кнопку на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Точки пересечений

Укажите первый геометрический объект для поиска пересечений. Затем последовательно указывайте объекты, которые пересекаются с первым. Система будет автоматически определять места пересечений и создавать в них точки.

2.4. Команда *Непрерывный ввод*

Позволяет вычертить непрерывную последовательность отрезков, дуг и сплайнов. Начальная точка следующего объекта автоматически устанавливается в конечную точку предыдущего.

Для вызова команды нажмите кнопку *Непрерывный ввод* на Инструментальной панели.



Кнопка Непрерывный ввод

После вызова команды в Строке параметров объектов, кроме собственно полей ввода параметров, отображаются несколько дополнительных кнопок. Используя их, можно выполнять построение сегментов нужного типа.



Кнопка Отрезок



Кнопка Дуга по 3 точкам



Кнопка Кривая Безье

По умолчанию (если не была нажата какая-либо кнопка в Строке параметров объектов) строится последовательность отрезков с концами в указываемых точках.

Если нажать одну из кнопок в Строке параметров объектов для переключения на другой тип элемента, из развернувшейся панели можно выбрать другой вариант построения выбранного объекта.



Кнопка **Параллельный отрезок**



Кнопка **Перпендикулярный отрезок**



Кнопка **Касательный к кривой отрезок из внешней точки**

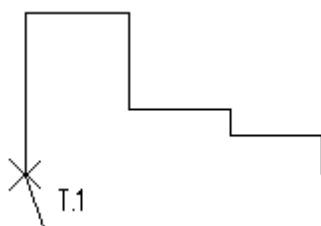


Кнопка **NURBS-кривая**

Для того чтобы закончить ввод последовательности объектов, не замыкая ее, и начать ввод новой последовательности объектов, вызовите команду **Начать новый** из контекстного меню или нажмите кнопку **Новый ввод** в Строке параметров объектов.



Кнопка **Новый ввод**

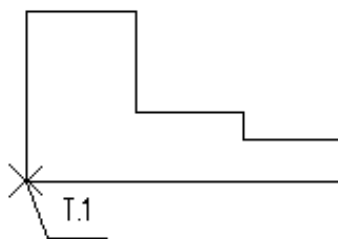


Разомкнутая последовательность

Для того чтобы закончить ввод последовательности объектов, замкнув ее, и начать ввод новой последовательности объектов, вызовите команду **Замкнуть** из контекстного меню или нажмите кнопку **Замкнуть** в Строке параметров.



Кнопка **Замкнуть**



Замкнутая последовательность

Как изменить текущий стиль отрисовки линии

Прервать ввод объектов можно, нажав клавишу **<Esc>** или кнопку **Прервать команду**.

Следует отметить, что построенная последовательность кривых не является единым объектом. Кривые будут выделяться, редактироваться и удаляться по отдельности.

2.5. Команда **Вспомогательная прямая**

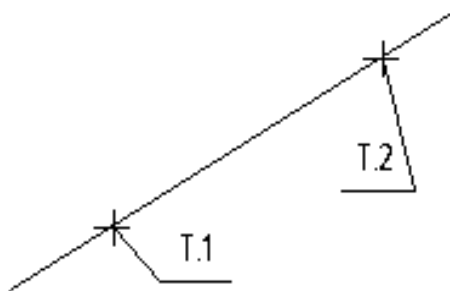
Позволяет начертить одну или несколько произвольно ориентированных вспомогательных прямых линий.

Для вызова команды нажмите кнопку **Вспомогательная прямая** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка **Вспомогательная прямая**

Вычерчивается вспомогательная прямая, проходящая через две указанные точки.



Прямая по двум точкам

При создании прямых Вы можете явно указывать положение характерных точек, перемещая курсор по экрану мышью или клавишами. Можно также вводить значения координат точек и другие параметры в полях Строки параметров объектов.

Как включить простановку точек пересечения прямой с другими объектами

Если Вы хотите, чтобы при вводе вспомогательной прямой были вычислены и проставлены точки ее пересечения со всеми кривыми текущего вида, вызовите команду **Ставить точки пересечений** из контекстного меню или нажмите кнопку **Точки пересечений** в Строке параметров объектов. Кнопка при этом изменит свой внешний вид, а рядом с командой контекстного меню появится «галочка».

Аналогичное действие применимо ко всем вспомогательным прямым, которые будут рассмотрены далее.



Ставить точки пересечения



Не ставить точки пересечения

Повторное нажатие кнопки или вызов команды контекстного меню отключает простановку точек.

Завершить ввод вспомогательных прямых можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку Прервать команду на Панели специального управления.

2.6. Команда *Горизонтальная вспомогательная прямая*

Позволяет построить горизонтальную вспомогательную прямую.

Для вызова команды нажмите соответствующую кнопку на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Горизонтальная прямая

Укажите точку, через которую должна пройти прямая.

За один вызов команды можно построить произвольное число прямых.

2.7. Команда *Вертикальная вспомогательная прямая*

Позволяет построить вертикальную вспомогательную прямую.

Для вызова команды нажмите соответствующую кнопку на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Вертикальная прямая

Укажите точку, через которую должна пройти прямая.

За один вызов команды можно построить произвольное число прямых.

2.8. Команда *Параллельная вспомогательная прямая*

Позволяет начертить одну или несколько вспомогательных прямых, параллельных другим прямым или отрезкам.

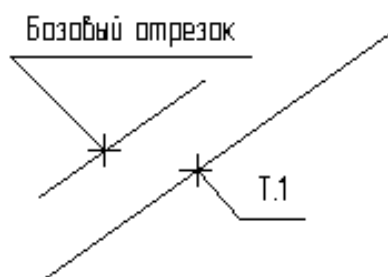
Для вызова команды нажмите кнопку Параллельная прямая на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Параллельная прямая

Зафиксируйте курсор на объекте, параллельно которому должна пройти прямая (этот объект называется базовым), а затем укажите положение

прямой, зафиксировав точку на нужном расстоянии от базового элемента. При необходимости Вы можете ввести точное значение расстояния от базового объекта в соответствующем поле Строки параметров объектов.



Прямая, параллельная отрезку

Система предоставляет возможность построения параллельной прямой по одну или по обе стороны базового объекта. Для выбора одного из этих вариантов построения служит кнопка **Количество прямых** в Строке параметров объектов. При переключении кнопка меняет внешний вид.



Одна прямая



Две прямые

После построения параллельной прямой (или двух прямых) система ожидает указания следующего базового объекта.

Если требуется перейти к построению линий, параллельных другому объекту, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный объект.



Кнопка Выбор объекта

2.9. Команда **Перпендикулярная вспомогательная прямая**

Позволяет начертить одну или несколько вспомогательных прямых, перпендикулярных другим объектам.

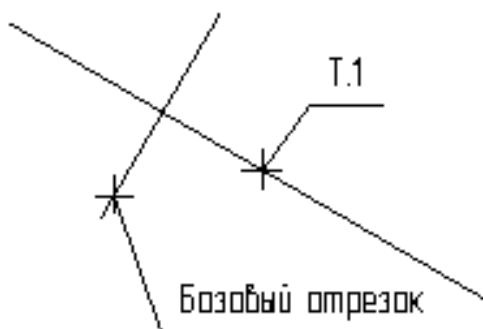
Для вызова команды нажмите кнопку **Перпендикулярная прямая** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Перпендикулярная прямая

Зафиксируйте курсор на объекте, перпендикулярно которому должна пройти прямая (этот объект называется базовым), а затем ука-

жите нужное положение прямой. При необходимости Вы можете ввести значения координат точки, через которую должна пройти прямая, в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Прямая, перпендикулярная отрезку

Если возможно построение нескольких перпендикуляров к объекту, на экране будут показаны фантомы всех вариантов линий. Вы можете зафиксировать одну или несколько из них, щелкая мышью на нужной прямой либо нажимая кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.



*Кнопка **Создать объект***

После построения перпендикулярной прямой (или прямых) система ожидает указания следующего базового объекта.

Если требуется перейти к построению линий, перпендикулярных другому элементу, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.

2.10. Команда *Касательная вспомогательная прямая из внешней точки*

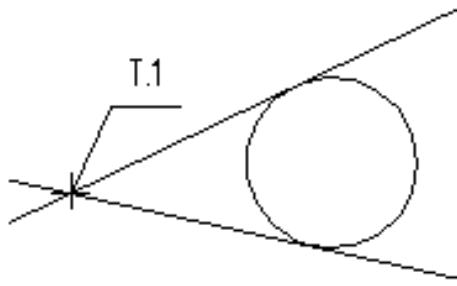
Позволяет начертить одну или несколько вспомогательных прямых, касательных к другим объектам.

Для вызова команды нажмите кнопку **Касательная прямая из внешней точки** на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Касательная прямая из внешней точки***

Зафиксируйте курсор на элементе, касательно к которому должна пройти прямая, а затем укажите точку на этом элементе. При необходимости Вы можете ввести значения координат точки, через которую должна пройти прямая, в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Прямые, касательные к окружности

Если возможно построение нескольких касательных к объекту, на экране будут показаны фантомы всех вариантов линий. Вы можете зафиксировать одну или несколько из них, щелкая мышью на нужной прямой либо нажимая кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

2.11. Команда *Касательная вспомогательная* прямая через точку кривой

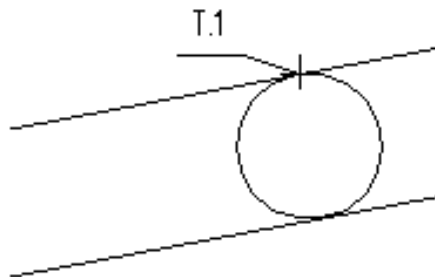
Позволяет начертить одну или несколько вспомогательных прямых, касательных к другим объектам.

Для вызова команды нажмите кнопку **Касательная в точке кривой** на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Касательная в точке кривой***

Зафиксируйте курсор на элементе, касательно к которому должна пройти прямая, а затем укажите точку на этой прямой. При необходимости Вы можете ввести значения координат точки, через которую должна пройти прямая, в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Касательные прямые через точку окружности

Если возможно построение нескольких касательных к объекту, на экране будут показаны фантомы всех вариантов линий. Вы можете зафиксировать одну или несколько из них, щелкая мышью на нужной прямой либо нажимая кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

2.12. Команда *Вспомогательная прямая, касательная к двум кривым*

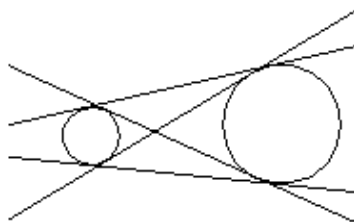
Позволяет начертить одну или несколько вспомогательных прямых, каждая из которых является касательной к двум элементам.

Для вызова команды нажмите кнопку *Касательная к 2 кривым* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка *Касательная к 2 кривым*

Укажите курсором сначала первый, а затем второй элемент, касательно к которым должна пройти прямая.



Прямые, касательные к окружностям

Если возможно построение нескольких касательных, на экране будут показаны фантомы всех вариантов линий. Вы можете зафиксировать одну или несколько из них, щелкая мышью на нужной прямой либо нажимая кнопку *Создать объект* на Панели специального управления.

2.13. Команда *Биссектриса*

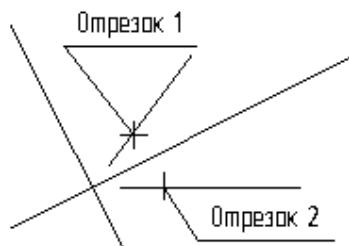
Позволяет построить биссектрису угла, образованного двумя указанными прямыми или отрезками.

Для вызова команды нажмите кнопку *Биссектриса* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка *Биссектриса*

Последовательно укажите курсором два объекта (отрезки или прямые). Выполняется построение биссектрис сразу для двух образованных объектами углов.



Построение биссектрис

Если указаны два параллельных друг другу отрезка (или прямые), будет построена прямая, равноудаленная от этих отрезков.

Если требуется заново указать линии для построения биссектрисы, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем последовательно укажите курсором два элемента.

2.14. Команда **Отрезок**

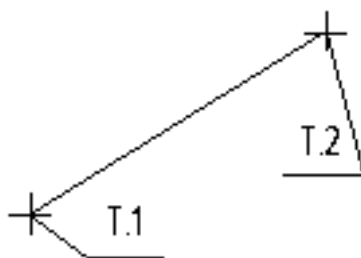
Позволяет начертить один или несколько произвольных отрезков прямых.

Для вызова команды нажмите кнопку **Отрезок** Инструментальной панели.



Кнопка **Отрезок**

Вычерчивается отрезок с концами в двух указанных точках.



Построение отрезка по двум точкам

При создании отрезков Вы можете явно указывать положение характерных точек, перемещая курсор по экрану мышью или клавишами. Можно также вводить значения координат точек и другие параметры в полях Строки параметров объектов.

2.15. Команда **Параллельный отрезок**

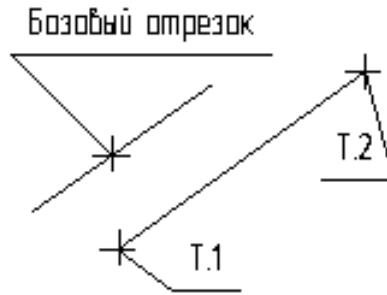
Позволяет начертить один или несколько отрезков, параллельных другим прямым или отрезкам.

Для вызова команды нажмите кнопку **Параллельный отрезок** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка **Параллельный отрезок**

Зафиксируйте курсор на элементе, параллельно которому должен пройти отрезок, а затем выполняйте построение отрезка. При необходимости Вы можете ввести точное значение расстояния от базового элемента в соответствующем поле Строки параметров объектов.



Отрезки, параллельные базовому

За один вызов команды можно построить произвольное число отрезков.

Если требуется перейти к построению отрезков, параллельных другому элементу, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.

2.16. Команда **Перпендикулярный отрезок**

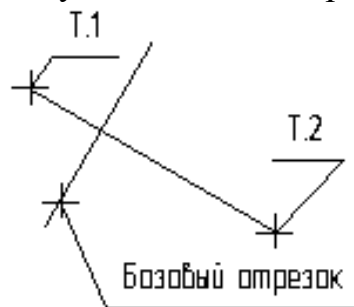
Позволяет начертить один или несколько отрезков, перпендикулярных другим объектам.

Для вызова команды нажмите кнопку **Перпендикулярный отрезок** на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Перпендикулярный отрезок***

Зафиксируйте курсор на элементе, перпендикулярно которому должен пройти отрезок, а затем выполняйте построение отрезка. При необходимости Вы можете ввести значения координат концов отрезка и других данных в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Построение перпендикулярного отрезка

За один вызов команды можно построить произвольное число отрезков.

Если требуется перейти к построению отрезков, перпендикулярных другому элементу, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.

2.17. Команда *Касательный отрезок из внешней точки*

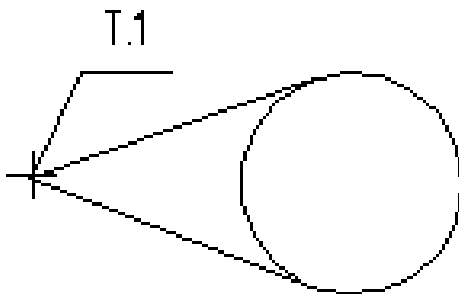
Позволяет начертить один или несколько отрезков, касательных к другим объектам.

Для вызова команды нажмите соответствующую кнопку на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка *Касательный отрезок из внешней точки*

Зафиксируйте курсор на элементе, касательно к которому должен пройти отрезок, а затем выполняйте построение отрезка. При необходимости Вы можете ввести значения длины отрезка и координат его концов в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Построение отрезков, касательных к окружности

Если возможно построение нескольких отрезков, касательных к объекту, на экране будут показаны фантомы всех вариантов отрезков. Вы можете зафиксировать один или несколько из них, щелкая мышью на нужном отрезке либо нажимая кнопку *Создать объект* на Панели специального управления.

2.18. Команда *Касательный отрезок через точку кривой*

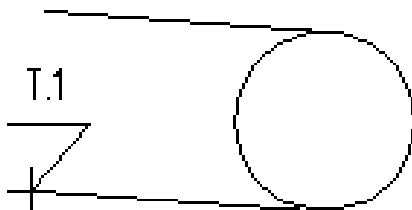
Позволяет начертить один или несколько отрезков, касательных к другим объектам.

Для вызова команды нажмите кнопку *Касательный отрезок через точку кривой* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка *Касательный отрезок через точку кривой*

Зафиксируйте курсор в точке объекта, через которую должна пройти касательная, а затем выполняйте построение отрезка. При необходимости Вы можете ввести значения длины и координат концов отрезка в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Построение касательных отрезков

Если возможно построение нескольких касательных к объекту, на экране будут показаны фантомы всех вариантов отрезков. Вы можете зафиксировать один или несколько из них, щелкая мышью на нужном отрезке либо нажимая кнопку *Создать объект* на Панели специального управления.

2.19. Команда *Отрезок, касательный к двум кривым*

Позволяет начертить один или несколько отрезков, каждый из которых является касательным к двум элементам.

Для вызова команды нажмите кнопку *Отрезок, касательный к двум кривым* на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Отрезок, касательный к двум кривым***

Укажите курсором сначала первый, а затем второй элемент, касательно к которым должен пройти отрезок.



Отрезки, касательные к окружностям

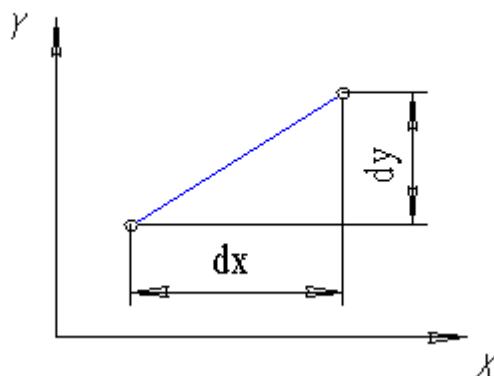
Если возможно построение нескольких касательных, на экране будут показаны фантомы всех вариантов отрезков. Вы можете зафиксировать один или несколько из них, щелкая мышью на нужном отрезке либо нажимая кнопку *Создать объект* на Панели специального управления.

Контрольные вопросы и задания:

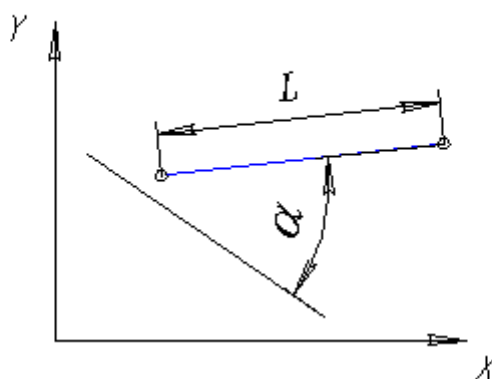
1. Назначение вспомогательных точек и линий?
2. Как включить простановку точек пересечения вспомогательной прямой с другими объектами?
3. Отображаются ли при печати вспомогательные точки и линии?
4. Как удалить все вспомогательные точки и линии?
5. Как изменить текущий стиль отрисовки линий?

6. Что получается при построении биссектрисы для двух параллельных друг другу отрезков?

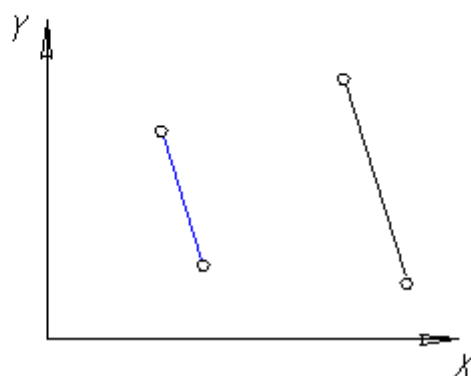
Задача 1. Построить отрезок по известным его проекциям на координатные оси.



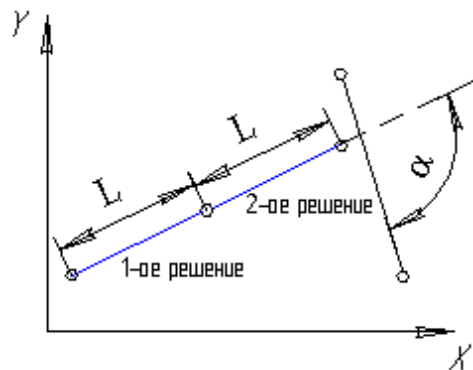
Задача 2. Построить отрезок по его длине и углу наклона к заданному отрезку.



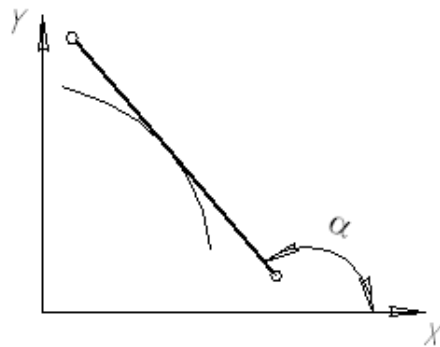
Задача 3. Построить отрезок параллельный заданному и отстоящий от него на заданном расстоянии.



Задача 4. Построить отрезок путем задания его начальной точки, длины и угла наклона относительно другого уже существующего элемента.



Задача 5. Построить отрезок прямой, касающийся заданной кривой и проходящий под заданным углом к положительному направлению оси X.



2.20. Команда **Окружность по центру и радиусу**

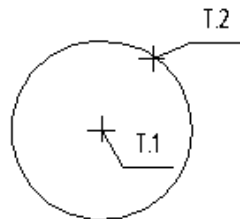
Позволяет начертить одну или несколько окружностей.

Для вызова команды нажмите кнопку **Окружность** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Окружность

Вычерчивается окружность с заданным центром, проходящая через указанную точку.



Построение окружности по центру и точке

При создании окружности Вы можете явно указывать положение ее характерных точек, перемещая курсор по экрану мышью или клавишами. Можно также вводить значения радиуса, координат центра и точки на окружности в полях Строки параметров объектов.

Если для создаваемой окружности или эллипса нужно отрисовать осевые линии, вызовите команду *Отрисовать оси* из контекстного меню или нажмите кнопку ***Отрисовка осей*** в Строке параметров объектов. Кнопка при этом изменит свой внешний вид, а рядом с командой контекстного меню появится «галочка».



Отрисовать оси



Без осей

Оси рисуются по направлениям текущей системы координат.

Повторное нажатие кнопки или вызов команды контекстного меню отключает отрисовку осей.

2.21. Команда ***Окружность по трем точкам***

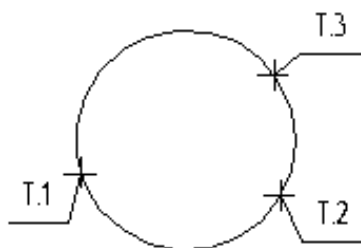
Позволяет начертить окружность, проходящую через три заданные точки.

Для вызова команды нажмите кнопку ***Окружность по трем точкам*** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Окружность по трем точкам

Последовательно укажите курсором три точки, через которые должна пройти окружность.



Окружность по трем точкам

За один вызов команды можно построить произвольное число окружностей.

2.22. Команда ***Окружность, касательная к кривой***

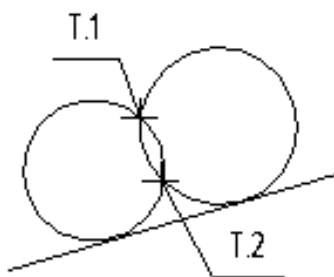
Позволяет начертить окружность, касательную к заданному элементу.

Для вызова команды нажмите кнопку **Окружность, касательная к кривой** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Окружность, касательная к кривой

Укажите курсором объект, которого должна касаться окружность. Затем укажите точку, через которую должна пройти окружность, либо задайте координаты ее центра или радиус в соответствующем поле Строки параметров объектов.



Окружности, касательные к отрезку

Если возможно построение нескольких окружностей, на экране будут показаны фантомы всех вариантов. Вы можете зафиксировать один или несколько из них, щелкая мышью на нужной окружности либо нажимая кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.



Кнопка Создать объект

За один вызов команды можно построить произвольное число окружностей.

Если требуется перейти к построению окружностей, касательных к другому элементу, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.



Кнопка Выбор объекта

2.23. Команда Окружность, касательная к двум кривым

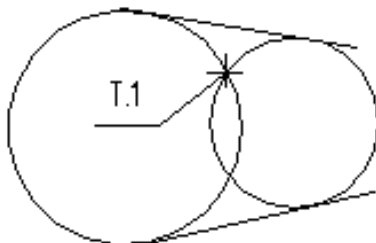
Позволяет начертить окружность, касательную к двум заданным элементам.

Для вызова команды нажмите кнопку **Окружность, касательная к двум кривым** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Окружность, касательная к двум кривым

Укажите курсором сначала первый, а затем второй элемент, касательно к которым должна пройти окружность. Затем укажите точку, через которую должна пройти окружность, либо задайте ее радиус в соответствующем поле Строки параметров объектов.



Окружности, касательные к двум отрезкам

Если возможно построение нескольких окружностей, на экране будут показаны фантомы всех вариантов. Вы можете зафиксировать один или несколько из них, щелкая мышью на нужной окружности либо нажимая кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

За один вызов команды можно построить произвольное число наборов окружностей.

Если требуется перейти к построению окружностей, касательных к другим элементам, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем последовательно укажите курсором два элемента.

2.24. Команда *Окружность, касательная к трем кривым*

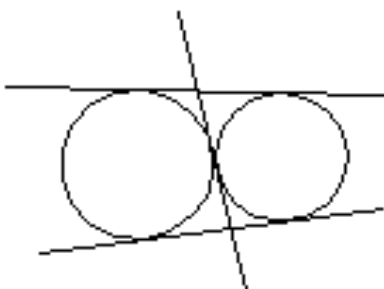
Позволяет начертить окружность, касательную к трем заданным элементам.

Для вызова команды нажмите кнопку **Окружность, касательная к трем кривым** на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Окружность, касательная к трем кривым***

Укажите курсором первый, второй и третий элемент, касательно к которым должна пройти окружность.



Окружности, касательные к трем отрезкам

Если возможно построение нескольких окружностей, на экране будут показаны фантомы всех вариантов. Вы можете зафиксировать один или несколько из них, щелкая мышью на нужной окружности либо нажимая кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

Если при указании кривых встречаются отрезки, дуги окружностей, дуги эллипсов, то касательные окружности строятся к их базовым кривым (прямой, окружности, эллипсу).

За один вызов команды можно построить произвольное число наборов окружностей.

Если требуется перейти к построению окружностей, касательных к другим элементам, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем последовательно укажите курсором три элемента.

Завершить ввод окружностей можно, переключившись на другой вариант построений либо нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

2.25. Команда **Окружность по двум точкам**

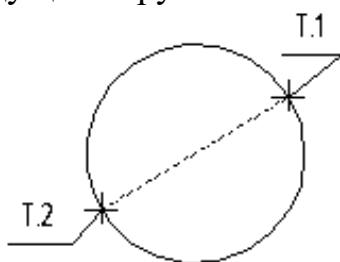
Позволяет начертить окружность с произвольным радиусом, проходящую через две заданные точки.

Для вызова команды нажмите кнопку **Окружность по двум точкам** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка *Окружность по двум точкам*

Последовательно укажите курсором две точки, через которые должна пройти окружность. После указания первой точки на экране отображается фантом будущей окружности.



Построение окружности по двум точкам

Вы можете явно задать координаты точек или радиус окружности, введя их значения в поля Строки параметров объектов. Если радиус явно не задавать, то будет построена окружность с диаметром, равным расстоянию между указанными точками.

За один вызов команды можно построить произвольное число окружностей.

Завершить ввод окружностей можно, переключившись на другой вариант построений либо нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

2.26. Команда **Дуга окружности**

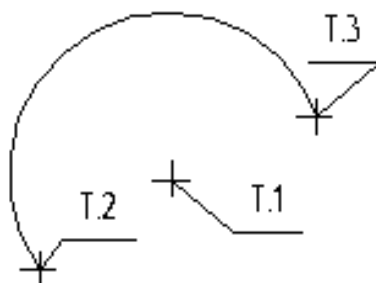
Позволяет начертить одну или несколько дуг окружности.

Для вызова команды нажмите кнопку **Дуга окружности** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Дуга окружности

Вычерчивается дуга с заданным центром, проходящая через две указанные точки. Радиус окружности определяется по первой точке.



Дуга по центру и двум точкам

При создании дуги Вы можете явно указывать положение ее характерных точек, перемещая курсор по экрану мышью или клавишами. Можно также вводить значения координат центра, радиус и другие параметры в полях Строки параметров объектов.

Как изменить направление построения дуги

Для того чтобы изменить направление дуги, вызовите команду **По часовой стрелке** из контекстного меню или нажмите кнопку **Направление дуги** в Строке параметров объектов. Кнопка при этом изменит свой внешний вид, а рядом с командой контекстного меню появится «галочка».



По часовой стрелке



Против часовой стрелки

Повторное нажатие кнопки или вызов команды контекстного меню изменяет направление построения дуги.

Завершить ввод дуг можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

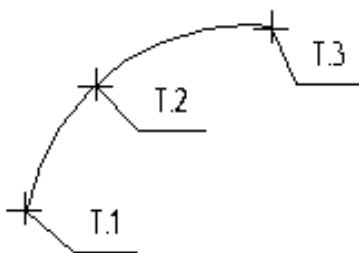
2.27. Команда *Дуга по трем точкам*

Позволяет начертить дугу, проходящую через три заданные точки.
Для вызова команды нажмите кнопку *Дуга по трем точкам* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Дуга по трем точкам

Последовательно укажите курсором три точки, через которые должна пройти дуга.



Дуга по трем точкам

За один вызов команды можно построить произвольное число дуг.

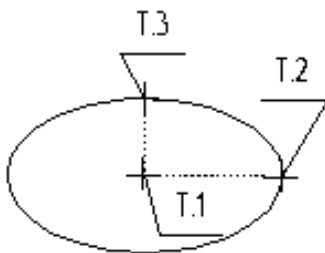
2.28. Команда *Эллипс по центру и полуосям*

Позволяет начертить один или несколько эллипсов.
Для вызова команды нажмите кнопку *Эллипс* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Эллипс

Вычерчивается эллипс с заданным центром, проходящий через две указанные точки.



Эллипс по центру и размерам полуосей

При создании эллипса Вы можете явно указывать положение его характерных точек, перемещая курсор по экрану мышью или клавишами. Можно также вводить значения координат центра, размеры полуосей и другие параметры в полях Строки параметров объектов.

Завершить ввод эллипсов можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

2.29. Команда **Эллипс по диагонали габаритного прямоугольника**

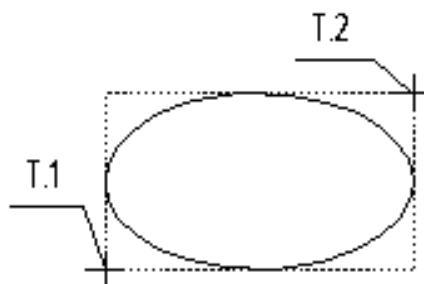
Позволяет начертить эллипс, задав диагональ ограничивающего прямоугольника.

Для вызова команды нажмите соответствующую кнопку на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Эллипс по диагонали габаритного прямоугольника

Укажите курсором начальную и конечную точки, определяющие диагональ прямоугольника. Можно также задать координаты точек и угол наклона диагонали в соответствующих полях Строки параметров объектов.

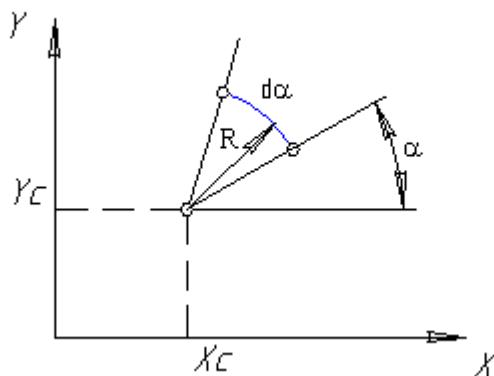


Эллипс, заданный габаритным прямоугольником

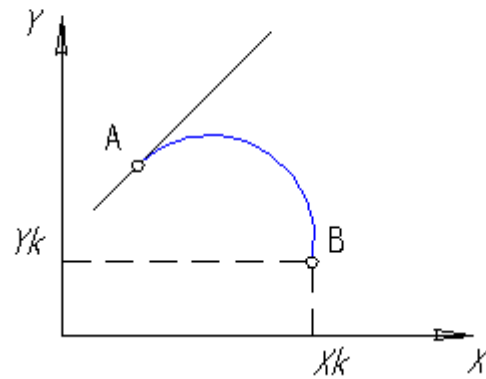
Завершить ввод эллипсов можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

Контрольные вопросы и задания:

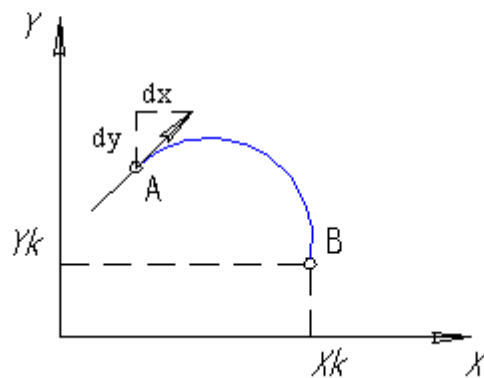
Задача 6. Построить дугу по центру, радиусу, раствору дуги от заданного направления.



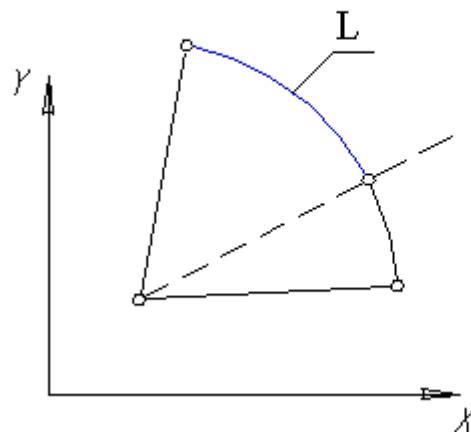
Задача 7. Построить дугу, касательную к отрезку в заданной точке A и проходящей через другую заданную точку B .



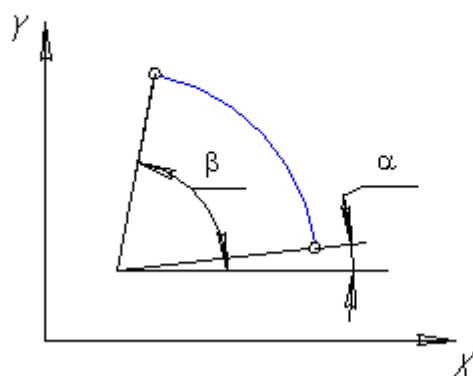
Задача 8. Построить дугу по компонентам вектора направления в начальной ее точке и координатам ее конечной точки.



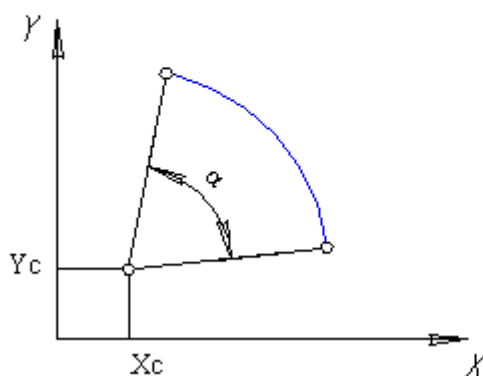
Задача 9. Отложить на имеющейся дуге дугу заданной длины.



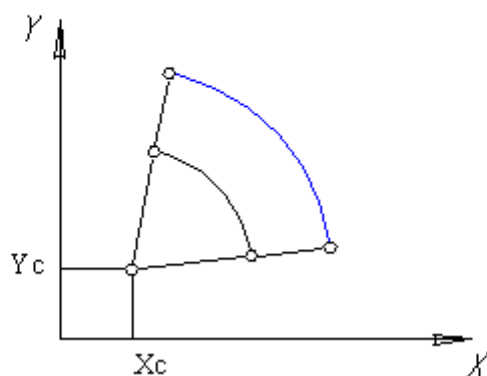
Задача 10. Построить дугу заданием точки центра, значений радиуса и углов наклона радиуса в начальной и конечной точках дуги относительно горизонтальной оси.



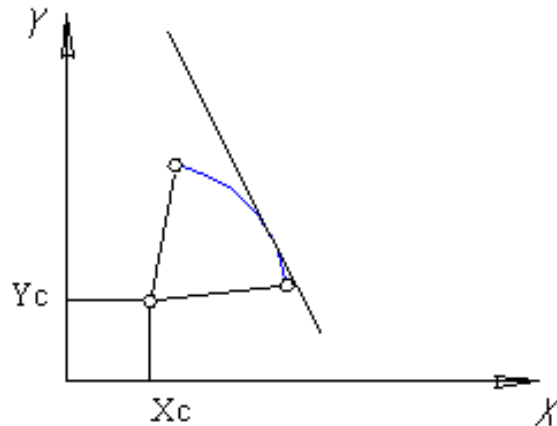
Задача 11. Дуга задается точкой центра и начальной точкой. Положение конечной точки дуги определяется углом раствора дуги.



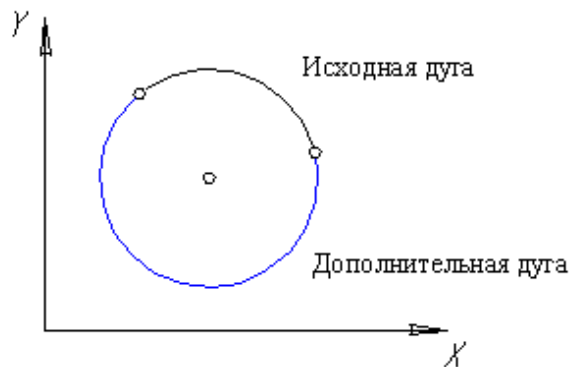
Задача 12. Концентрическая дуга (с общим центром) заданной дуге.



Задача 13. Дуга, с заданным центром, касательная к элементу.



Задача 14. Дополнительная дуга. Позволяет построить дугу, дополняющую исходную до полной окружности. Исходная дуга не сохраняется.



2.30. Команда *Кривая Безье*

Позволяет начертить одну или несколько кривых Безье.

Для вызова команды нажмите кнопку *Кривая Безье* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Кривая Безье

Последовательно фиксируйте точки кривой.

Как построить замкнутый или разомкнутый объект

Чтобы изменить режим построения сплайна, кривой Безье или ломаной линии (замкнутый или разомкнутый объект), вызовите команду *Замкнутый* из контекстного меню или нажмите кнопку *Разомкнутый/замкнутый* в Строке параметров объектов. Кнопка при этом изменит свой внешний вид, а рядом с командой контекстного меню появится «галочка».

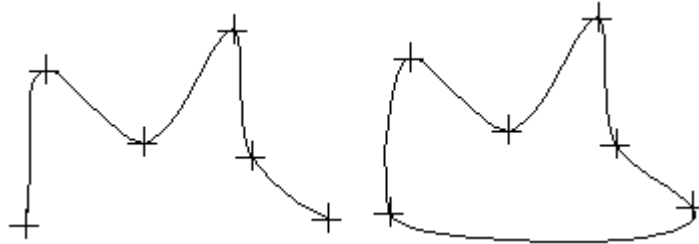


Кнопка **Разомкнутый**



Кнопка **Замкнутый**

Повторное нажатие кнопки или вызов команды контекстного меню изменяет режим построения объекта.



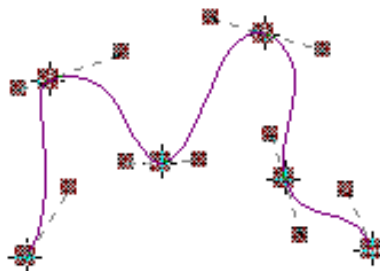
Разомкнутая и замкнутая кривая

Вы можете изменять положение характерных точек кривой непосредственно в процессе рисования. Для этого вызовите команду **Редактировать точки** из контекстного меню или нажмите кнопку **Редактировать точки** на Панели специального управления.



Кнопка **Редактировать точки**

Система перейдет в режим редактирования характерных точек кривой, и Вы сможете изменить положение любой из уже созданных характерных точек.



Режим редактирования точек кривой Безье

Как редактировать положение характерных точек

Для перехода в режим редактирования характерных точек объекта нужно щелкнуть по нему мышью.

В режим редактирования характерных точек некоторых объектов сложной конфигурации (сплайнов, допусков формы и т. д.) можно также войти в процессе создания объекта, вызвав команду **Редактировать**

точки из контекстного меню или нажав кнопку **Редактировать точки** на Панели специального управления.

В этом режиме характерные точки отображаются в виде маленьких черных квадратов, а объект выделяется.

Изменить положение характерной точки можно следующими способами.

- Перетаскивание характерной точки при помощи мыши. Подведите курсор к характерной точке, при этом он изменит свою форму.



Курсор в режиме редактирования характерных точек

Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте точку. Когда нужное положение точки будет достигнуто, отпустите кнопку мыши.

- Перемещение характерной точки при помощи клавиатуры. Подведите курсор к характерной точке (это можно сделать как при помощи мыши, так и при помощи клавиш со стрелками). Когда курсор изменит форму, нажмите клавишу <Enter>, активизировав тем самым характерную точку. Теперь характерная точка будет перемещаться вместе с курсором. Перемещайте курсор при помощи клавиш со стрелками, а когда точка достигнет нужного положения, вновь нажмите клавишу <Enter>, зафиксировав тем самым ее новое положение.

Обратите внимание на то, что при этом способе перемещение характерной точки будет дискретным, кратным текущему шагу курсора.

- Перемещение характерной точки с осуществлением привязки.

Во-первых, при перетаскивании характерной точки курсором (как при помощи мыши, так и при помощи клавиатуры) срабатывают включенные в данный момент глобальные привязки.

Во-вторых, при перетаскивании точки можно воспользоваться локальными привязками. Для этого в процессе перемещения нажмите правую кнопку мыши или комбинацию клавиш <Shift>+<F10> и вызовите из появившегося контекстного меню нужную привязку (при этом левая кнопка мыши освободится). Перемещайте курсор, а когда привязка срабатывает, щелкните левой кнопкой мыши или нажмите клавишу <Enter>.

В-третьих, при перетаскивании точки можно воспользоваться клавиатурными привязками. Для этого в процессе перемещения нажмите клавиатурную комбинацию, вызывающую нужную привязку, а после выполнения привязки отпустите левую кнопку мыши или нажмите клавишу <Enter>. Клавиатурные комбинации, вызывающие привязку, перечислены в разделе Клавиатурные комбинации.

- Задание координат характерной точки. Активизируйте характерную точку. Для этого любым способом подведите к ней курсор,

а когда он изменит форму, щелкните левой кнопкой мыши или нажмите клавишу <Enter>. В Строке параметров объектов появятся поля с координатами этой точки. Введите в поля координат новые значения и зафиксируйте их, нажав клавишу <Enter>. После этого характерная точка займет новое положение.

- Удаление характерной точки. Активизируйте характерную точку и нажмите клавишу <Delete>. После этого характерная точка исчезнет, и объект перестроится в соответствии с положением оставшихся характерных точек.

При редактировании положения характерной точки перечисленные способы можно комбинировать. Например, активизировать точку мышью, а переместить и зафиксировать при помощи клавиатуры. Или активизировать точку при помощи клавиатуры, выполнить локальную привязку и зафиксировать новое положение мышью.

Для выхода из режима редактирования точек вновь вызовите команду контекстного меню или отожмите кнопку Редактировать точки.

Для фиксации начерченной кривой нажмите кнопку *Создать объект* на Панели специального управления.

За один вызов команды можно построить произвольное число кривых Безье.

Завершить ввод кривых Безье можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку *Прервать команду* на Панели специального управления.

2.31. Команда *NURBS-кривая*

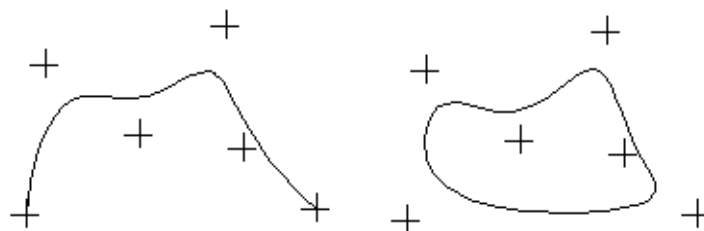
Позволяет начертить кривую NURBS.

Для вызова команды нажмите кнопку *NURBS-кривая* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка NURBS-кривая

Последовательно указывайте курсором опорные точки кривой. Можно также задавать координаты точек в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Разомкнутая и замкнутая NURBS-кривая

Вы можете изменять положение характерных точек кривой непосредственно в процессе рисования. Для этого вызовите команду **Редактировать точки** из контекстного меню или нажмите кнопку **Редактировать точки** на Панели специального управления.

Система перейдет в режим редактирования характерных точек кривой, и Вы сможете изменить положение любой из уже созданных характерных точек.

Для выхода из режима редактирования точек вновь вызовите команду контекстного меню или отожмите кнопку **Редактировать точки**.

Для фиксации начерченной кривой нажмите кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

За один вызов команды можно построить произвольное число NURBS-кривых.

Завершить ввод кривых можно, переключившись на другой вариант построений либо нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

2.32. Команда **Ломаная линия**

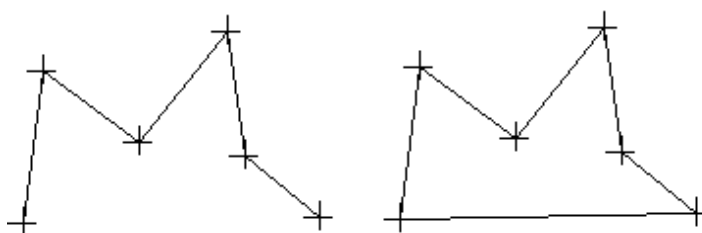
Позволяет начертить ломаную, состоящую из отрезков прямых. При этом ломаная является единым объектом чертежа.

Для вызова команды нажмите кнопку **Ломаная** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Ломаная

Последовательно указывайте курсором вершины ломаной. Можно также задавать координаты точек в соответствующих полях Строки параметров объектов.



Разомкнутая и замкнутая ломаная

Вы можете изменять положение характерных точек ломаной непосредственно в процессе рисования. Для этого вызовите команду **Редактировать точки** из контекстного меню или нажмите кнопку **Редактировать точки** на Панели специального управления.

Система перейдет в режим редактирования характерных точек ломаной, и Вы сможете изменить положение любой из уже созданных характерных точек.

Для выхода из режима редактирования точек вновь вызовите команду контекстного меню или отождмите кнопку **Редактировать точки**.

Для фиксации начерченной ломаной нажмите кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

За один вызов команды можно построить произвольное число ломаных.

Завершить ввод ломаных можно, переключившись на другой вариант построений либо нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

2.33. Команда Фаска

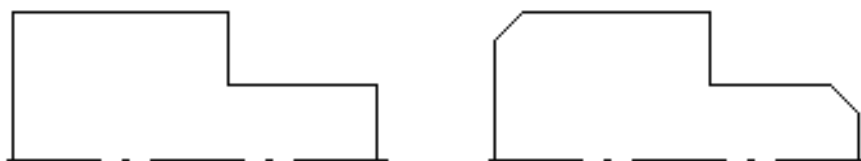
Позволяет построить одну или несколько фасок между пересекающимися геометрическими объектами.

Для вызова команды нажмите кнопку **Фаска** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка **Фаска**

Затем укажите курсором два объекта, между которыми необходимо построить фаску.



Исходное изображение и изображение после построения двух фасок

Возможны два варианта задания параметров для построения фаски. В первом случае необходимо в полях Строки параметров объектов ввести длину фаски на первом элементе и ее угол. Во втором случае задаются значения длин фаски на первом и втором элементах. Для переключения на нужный вариант вызовите команду **Длина + угол** из контекстного меню или нажмите кнопку **Задание параметров фаски**. При переключении внешний вид кнопки изменяется, а рядом с командой меню появляется «галочка».



Фаска по длине и углу



Фаска по двум длинам

В Строке параметров отображаются также две кнопки, с помощью которых можно управлять способом построения фаски. Эти кнопки определяют, нужно ли выполнять усечение остающихся частей первого и второго элемента. Им соответствуют команды контекстного меню.



Усекать первый элемент



Не усекать первый элемент



Усекать второй элемент



Не усекать второй элемент

Отрезок, изображающий фаску, отрисовывается тем стилем линии, который имеет первый из указанных объектов.

За один вызов команды можно построить произвольное количество фасок.

Завершить ввод фасок можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку *Прервать команду* на Панели специального управления.

2.34. Команда Фаска на углах объекта

Позволяет построить фаски на углах ломаной, прямоугольника и многоугольника, построенных соответствующими командами.

Для вызова команды нажмите соответствующую кнопку.



Кнопка Фаска на углах контура

Укажите курсором угол контура, многоугольника или ломаной, на котором необходимо построить фаску. Первым элементом для построения фаски будет считаться ближайший к указанной точке сегмент.

Возможны два варианта задания параметров для построения фаски. В первом случае необходимо в полях Строки параметров объектов ввести длину фаски на первом элементе и ее угол. Во втором случае задаются значения длин фаски на первом и втором элементах. Для переключения на нужный вариант вызовите команду *Длина + угол* из контекстного меню или нажмите кнопку *Задание параметров фаски*. При переключении внешний вид кнопки изменяется, а рядом с командой меню появляется «галочка».



Фаска по длине и углу



Фаска по двум длинам

В Строке параметров отображается кнопка Режим построения, а в контекстном меню – команда Все углы контура, с помощью которой можно задать одновременное построение фасок на всех углах контура или на одном угле. При переключении внешний вид кнопки изменяется, а рядом с командой появляется «галочка».

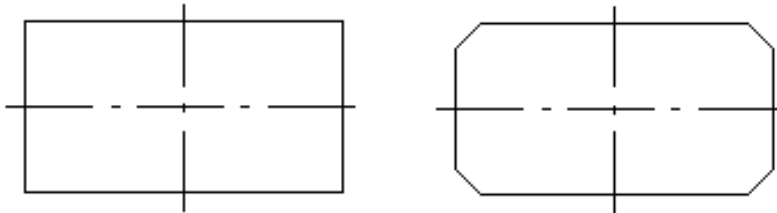


Построение фаски на указанном угле



Построение фаски на всех углах контура

Для смены режима построения фаски вновь вызовите команду контекстного меню или нажмите кнопку.



Исходное изображение и изображение после построения фасок на всех углах прямоугольника

За один вызов команды можно построить произвольное количество фасок.

Завершить построение фасок можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку ***Прервать команду*** на Панели специального управления.

2.35. Команда *Скругление*

Позволяет построить скругление дугой окружности между двумя геометрическими примитивами.

Для вызова команды нажмите кнопку ***Скругление*** на Инструментальной панели геометрии.



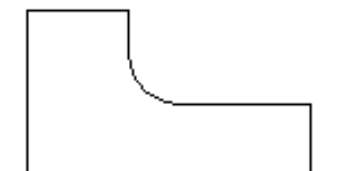
Кнопка *Скругление*

Затем укажите курсором два объекта, между которыми необходимо построить скругление.

Нужное значение радиуса скругления можно ввести в соответствующем поле Строки параметров объектов.



Исходное изображение



Изображение после построения скругления

В Строке параметров отображаются также две кнопки, с помощью которых можно управлять способом построения фаски. Эти кнопки определяют, нужно ли выполнять усечение остающихся частей первого и второго элемента. Им соответствуют команды контекстного меню.



Усекать первый элемент



Не усекать первый элемент



Усекать второй элемент



Не усекать второй элемент

Дуга, изображающая скругление, отрисовывается тем стилем линии, который имеет первый из указанных объектов.

За один вызов команды можно построить произвольное количество скруглений.

Завершить ввод скруглений можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку *Прервать команду* на Панели специального управления.

2.36. Команда *Скругление на углах объекта*

Позволяет построить скругление дугой окружности на углах ломаной или многоугольника, построенных соответствующими командами.

Для вызова команды нажмите кнопку *Скругление на углах объекта* на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка Скругление на углах объекта

Укажите курсором угол контура, многоугольника или ломаной, на котором необходимо построить скругление. Нужное значение радиуса скругления можно ввести в соответствующем поле Строки параметров объектов.

В Строке параметров отображается кнопка Режим построения, а в контекстном меню – команда Все углы контура, с помощью которой можно задать одновременное построение скруглений на всех углах контура или на одном угле. При переключении внешний вид кнопки изменяется, а рядом с командой появляется «галочка».

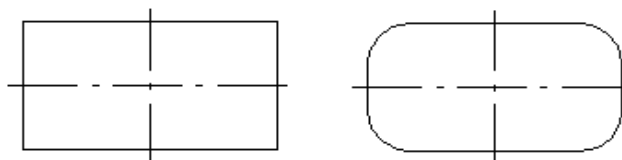


Построение фаски на указанном угле



Построение фаски на всех углах контура

Для смены режима построения скругления вновь вызовите команду контекстного меню или нажмите кнопку.



Исходный прямоугольник и прямоугольник после построения скруглений на всех углах

За один вызов команды можно построить произвольное количество скруглений.

Завершить построение скруглений можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

2.37. Команда Прямоугольник по диагонали

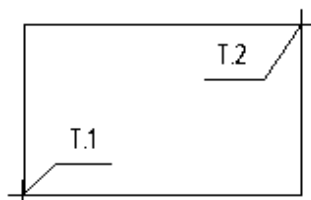
Позволяет построить один или несколько прямоугольников.

Для вызова команды нажмите кнопку **Прямоугольник** Инструментальной панели.



Кнопка Прямоугольник

Будет вычерчиваться обычный прямоугольник. Для его построения нужно указать сначала первую, а затем вторую точки вершин.



Прямоугольник по двум точкам

Вы можете ввести значения координат вершин прямоугольника в полях Строки параметров объектов. Можно также задать значения ширины и высоты прямоугольника в соответствующих полях.

Прервать ввод прямоугольника можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку *Прервать команду* на Панели специального управления.

Следует отметить, что построенный прямоугольник – это единый объект. Он будет выделяться, редактироваться и удаляться целиком.

2.38. Команда *Прямоугольник по центру и углу*

Позволяет построить прямоугольник, указав его центр и угловую точку.

Для вызова команды нажмите кнопку *Прямоугольник по центру и углу* на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Прямоугольник по центру и углу***

Для построения нужно указать сначала точку центра, а затем – точку одного из углов.

Вы можете ввести значения координат центра и угловой точки в полях Строки параметров объектов.

Прервать ввод можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку *Прервать команду* на Панели специального управления.

Следует отметить, что построенный прямоугольник – это единый объект. Он будет выделяться, редактироваться и удаляться целиком.

2.39. Команда *Правильный многоугольник*

Позволяет построить один или несколько правильных многоугольников.

Для вызова команды нажмите кнопку *Правильный многоугольник* на Инструментальной панели геометрии.



*Кнопка **Правильный многоугольник***

Для построения многоугольника нужно указать точку центра базовой окружности, а затем точку на этой окружности, определяющую многоугольник.

Вы можете ввести число вершин многоугольника, значения координат центра окружности и точки на ней в полях Строки параметров объектов. Можно также задать значения радиуса окружности и угла наклона многоугольника.

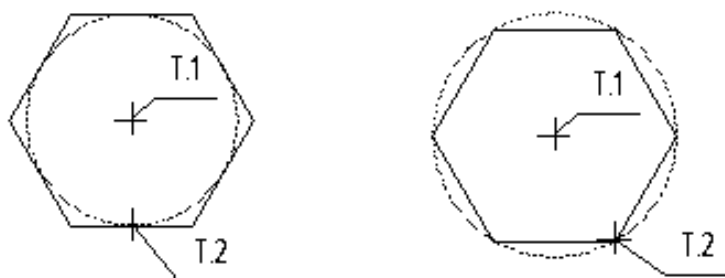
Для переключения варианта построения (по вписанной или описанной окружности) используйте команду **По вписанной окружности** в контекстном меню или кнопку **Вариант построения** в Строке параметров. При переключении внешний вид кнопки меняется, а рядом с командой меню появляется «галочка».



По описанной окружности



По вписанной окружности



Шестиугольник по вписанной и описанной окружности

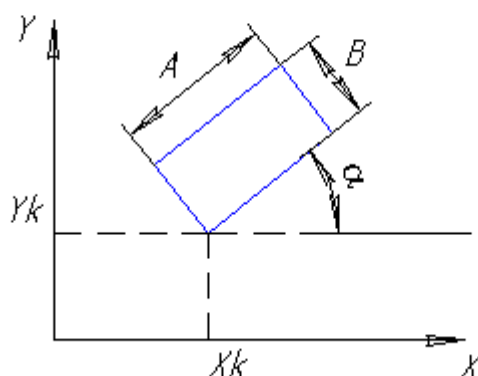
Прервать ввод многоугольника можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

Следует отметить, что построенный многоугольник – это единый объект. Он будет выделяться, редактироваться и удаляться целиком.

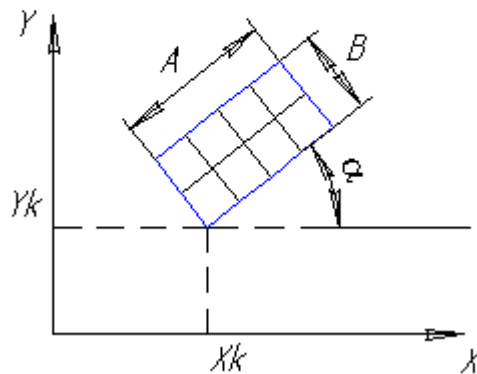
Контрольные вопросы и задания:

1. Как включить отрисовку осей у объектов?
2. Каким образом можно разрушить оси объектов?

Задача 15. Построить прямоугольник по координатам вершины, длинам сторон и углу наклона первой стороны к оси X.



Задача 16. Построить прямоугольную сетку.



2.40. Команда **Штриховка**

Позволяет заштриховать одну или несколько областей в текущем виде чертежа или фрагменте.

Для вызова команды нажмите кнопку **Штриховка** на Инструментальной панели геометрии.



Кнопка **Штриховка**

Если перед запуском команды были выделены какие-либо объекты, на экране появляется диалог с запросом, нужно ли использовать эти объекты как границы штриховки. Для подтверждения нажмите кнопку **Да**, и система сразу же построит возможную штриховку.

После вызова команды на Панели специального управления отображаются несколько кнопок. Используя их, можно задавать границы штриховки различными способами.



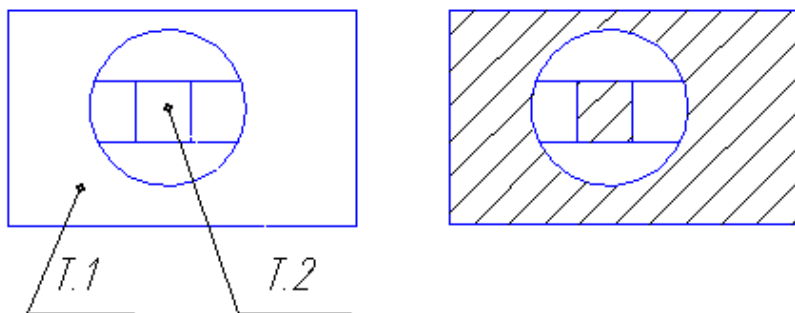
Кнопка **Ручное рисование границ**



Кнопка **Обход границы по стрелке**

По умолчанию (если не была нажата какая-либо кнопка на Панели специального управления) ожидается ввод точки для автоматического определения границ штрихуемой области, внутри которой указана точка.

Для того чтобы указать в качестве границ существующие геометрические объекты, нажмите правую кнопку мыши на поле документа. На экране появится специальное меню с различными вариантами указа-



Указание точек внутри областей и полученная штриховка

ния объектов (добавления и исключения границ). С помощью команд этого меню можно набирать границы штриховки из объектов вида чертежа или фрагмента. Для выхода из меню нажмите клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

Ручное рисование границ области

Для того чтобы вручную нарисовать границы, определяющие область, нажмите кнопку **Ручное рисование границ** на Панели специального управления.

Последовательно фиксируйте точки углов замкнутой ломаной линии, пока нужная граница не будет сформирована. Задавать положение вершин ломаной можно любым способом – указанием мышью, вводом координат в Строке параметров объектов, путем объектной привязки.

Если в процессе рисования ломаной потребовалось отредактировать ее (например, изменить положение нескольких вершин), вызовите команду **Редактировать точки** из контекстного меню или нажмите кнопку **Редактировать точки** на Панели специального управления.

После этого указанные вершины ломаной станут доступны для редактирования.

Когда ломаная линия будет отредактирована нужным образом, вновь выберите команду Редактировать точки из контекстного меню или отожмите кнопку **Редактировать точки**. Система вернется в режим ручного рисования границ, и Вы сможете продолжить ввод точек ломаной линии или вернуться в команду, границу для выполнения которой Вы сформировали.

Для выхода из режима ручного рисования границ области с подтверждением выбора сформированной границы вызовите команду **Создать границу** из контекстного меню или нажмите кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

Для выхода из режима ручного рисования границ области без формирования границы (например, если потребовалось перейти к другому

способу формирования границы для выполнения текущей команды) вызовите команду **Отказ от ввода границы** из контекстного меню или нажмите кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

После выхода из режима ручного рисования границ система возвращается в команду, для выполнения которой формировалась граница. Дальнейшие действия пользователя зависят от состава параметров, которые требуется задать в конкретной команде.

Указание замкнутого объекта в качестве границы области

Для того чтобы задать область, ограниченную замкнутым объектом (окружностью, эллипсом, прямоугольником, многоугольником, замкнутым сплайном), нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления.



Кнопка **Выбор объекта**

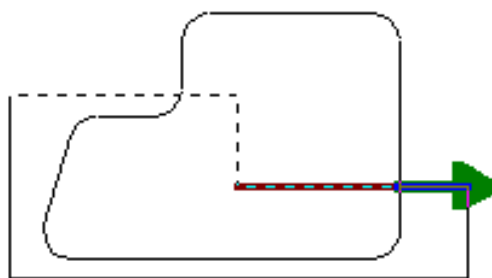
Укажите курсором замкнутый объект, который является границей области.

Обход границы по стрелке

Для того чтобы задать границу, состоящую из последовательности частей пересекающихся геометрических объектов, нажмите кнопку **Обход границы по стрелке** на Панели специального управления.



Кнопка **Обход границы по стрелке**



Укажите курсором точку вблизи геометрического элемента, с которого Вы хотите начать обход границы.

На экране появится фантомное изображение первого участка границы (поверх базового элемента), а также стрелка выбора направления дальнейшего движения. Для перебора возможных направлений обхода от текущего узла нажимайте клавишу <Пробел> или комбинацию <Shift>+<Пробел>. Подтвердить выбор направления для дальнейшего обхода элементов можно,

нажав клавишу <Enter>, а вернуться на один сегмент назад (т. е. отменить предыдущий шаг) – с помощью комбинации <Shift>+<Enter>.

Выбор направления движения с помощью стрелки.

На Панели специального управления находятся несколько кнопок, с помощью которых можно, как и с помощью клавиш, выбирать направление обхода, а также перемещаться по сегментам контура.



Кнопка *Следующее направление*



Кнопка *Предыдущее направление*



Кнопка *Шаг на сегмент вперед*



Кнопка *Шаг на сегмент назад*

Команды для выбора и подтверждения направления обхода (*Следующее направление*, *Предыдущее направление*, *Шаг вперед*, *Шаг назад*) можно также вызвать из контекстного меню.

Еще один способ выбора направления движения – указание сегмента, выходящего из точки ветвления, мышью.

Если потребуется заново задать первый базовый элемент для построения контура, вызовите команду *Указать заново* из контекстного меню или нажмите кнопку *Повторный выбор*, а затем укажите курсором точку вблизи нужного элемента.



Кнопка *Повторный выбор*

Для управления процессом обхода контура по стрелке служит команда *Автоматический проход* в контекстном меню или кнопка *Способ прохода неветвящихся узлов* в Строке параметров объектов.

С их помощью можно указать, каким образом проходить те узлы, в которых направление дальнейшего движения всего одно (то есть в узле нет разветвлений). Возможна автоматическая обработка таких узлов (без запроса на выбор дальнейшего направления движения) либо ручная, когда система будет ожидать указания следующего направления.

При переключении способа прохода неветвящихся узлов рядом с командой контекстного меню появляется и исчезает «галочка» и меняется внешний вид кнопки-переключателя.



Автоматический проход неветвящихся узлов



Ручной проход неветвящихся узлов

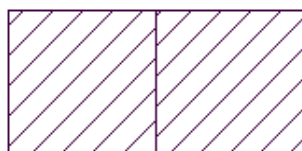
Для выхода из режима обхода границ области по стрелке с подтверждением выбора сформированной границы вызовите команду **Создать границу** из контекстного меню или нажмите кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

Для выхода из режима обхода границ области по стрелке без формирования границы (например, если потребовалось перейти к другому способу формирования границы для выполнения текущей команды) вызовите команду **Отказ от ввода границы** из контекстного меню или нажмите кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

После выхода из режима обхода границ области по стрелке система возвращается в команду, для выполнения которой формировалась граница. Дальнейшие действия пользователя зависят от состава параметров, которые требуется задать в конкретной команде.

После задания границ штриховки выполняется ее предварительное построение. До фиксации штриховки Вы можете изменить ее параметры (угол наклона, шаг), задавая нужные значения в полях Строки параметров объектов.

Например, правая половина представленного ниже прямоугольника штрихуется по сравнению с левой его стороной со сдвигом начальной точки по оси Y на 6 мм.



Для изменения стиля штриховки щелкните левой кнопкой мыши на поле стиля в Строке параметров объектов. На экран будет выведен диалог выбора стиля. Для изменения цвета штриховки нажмите кнопку **Цвет** в Строке параметров объектов.



Кнопка Цвет

Чтобы зафиксировать полученную штриховку и перейти к построению следующей, нажмите кнопку **Создать объект** на Панели специального управления.

Для завершения ввода штриховок нажмите клавишу <Esc> или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3. КОМАНДЫ И КНОПКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПАНЕЛИ РЕДАКТИРОВАНИЯ

На Инструментальной панели редактирования расположены кнопки для вызова команд редактирования изображения (*некоторые из этих команд можно также вызвать из меню **Операции***).

Кнопки сгруппированы по типу действий, которые они вызывают (*например, группа кнопок для усечения объектов, группа кнопок для копирования объектов и т. д.*). На Инструментальной панели редактирования видна только одна кнопка из группы. Для того чтобы увидеть остальные кнопки группы и выбрать одну из них, нужно нажать на видимую кнопку группы и не отпускать клавишу мыши. Через секунду рядом с курсором появится панель, содержащая остальные кнопки для вызова команд редактирования (*расширенная панель команд*). По-прежнему не отпуская клавишу мыши, переместите курсор на кнопку вызова нужной команды. Отпустите клавишу мыши. При этом выбранная кнопка появится на Инструментальной панели редактирования, а соответствующая ей команда будет активизирована.

Кнопки, позволяющие вызвать расширенную панель команд, помечены маленьким черным треугольником в правом нижнем углу.

Если Вы не видите на экране кнопку, показанную в описании команды, нажмите на видимую кнопку для нужного Вам типа редактирования и выберите искомую кнопку из развернувшейся расширенной панели команд.

3.1. Команда **Сдвиг**

Позволяет выполнить сдвиг выделенных объектов.

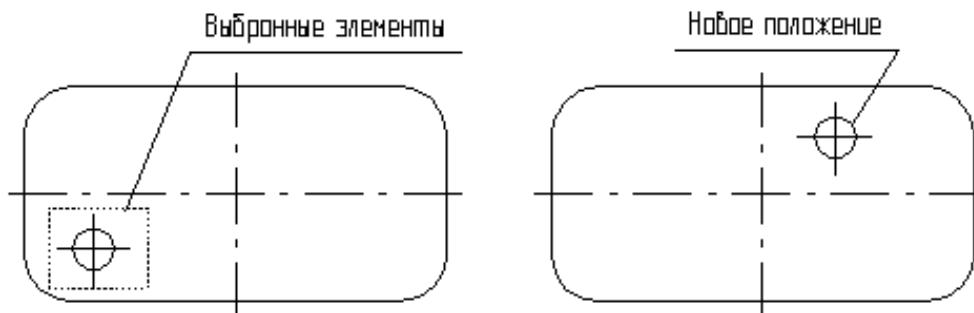
Если ни один элемент не выделен, команда будет недоступна.

Для вызова команды выберите ее название из меню **Операции** или нажмите кнопку **Сдвиг** на Инструментальной панели редактирования.



*Кнопка **Сдвиг***

Укажите курсором базовую точку сдвига и ее новое положение. Вы также можете ввести величину сдвига вдоль осей X и Y в соответствующие поля Строки параметров объектов.



Исходное изображение и изображение после сдвига отверстия

Можно задать удаление или сохранение исходных выделенных объектов после выполнения операции. Для этого используйте соответствующую команду контекстного меню или кнопку в Строке параметров объектов.



Оставить исходные объекты



Удалить исходные объекты

Сдвиг с сохранением исходных объектов эквивалентен копированию.

Отказаться от сдвига выделенных элементов можно, нажав до фиксации их нового положения клавишу *<Esc>* или кнопку ***Прервать команду*** на Панели специального управления.

3.2. Команда *Сдвиг по углу и расстоянию*

Позволяет переместить выделенные объекты, задав параметры вектора сдвига – длину (расстояние сдвига) и направление (угол сдвига).

Для вызова команды нажмите кнопку ***Сдвиг по углу и расстоянию*** на Инструментальной панели редактирования.



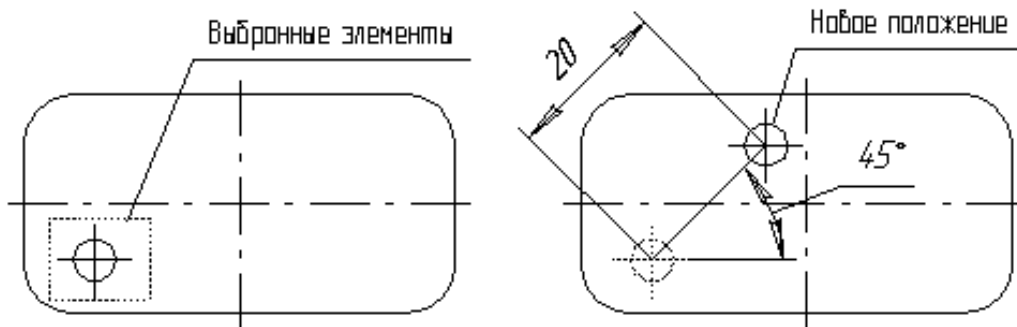
Кнопка Сдвиг по углу и расстоянию

Введите нужные значения угла и расстояния в полях Строки параметров объектов. Закончив ввод параметров, нажмите кнопку ***Создать объект*** на Панели специального управления для сдвига выделенных объектов.



Кнопка Создать объект

Можно задать удаление или сохранение исходных выделенных объектов после выполнения операции. Для этого используйте соответствующую команду контекстного меню или кнопку в Строке параметров объектов.



Исходное изображение и изображение после сдвига отверстия



Оставить исходные объекты



Удалить исходные объекты

Отказаться от сдвига выделенных элементов до фиксации их нового положения можно, нажав клавишу *<Esc>* или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.3. Команда **Поворот**

Позволяет выполнить поворот выделенных объектов.

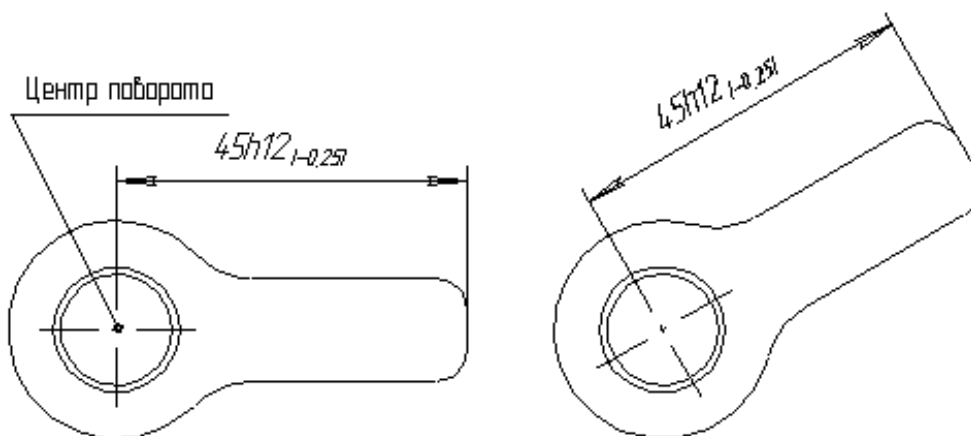
Если ни один элемент не выделен, команда будет недоступна.

Для вызова команды выберите ее название из меню **Операции** или нажмите кнопку **Поворот** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Поворот

После вызова команды необходимо указать центр поворота, базовую точку и новое положение базовой точки.



Исходное изображение и изображение после поворота на 30 градусов

Можно задать удаление или сохранение исходных выделенных объектов после выполнения операции. Для этого используйте соответствующую команду контекстного меню или кнопку в Строке параметров объектов.



Оставить исходные объекты



Удалить исходные объекты

Отказаться от поворота выделенных элементов можно, нажав до указания нового положения базовой точки клавишу **<Esc>** или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.4. Команда **Масштабирование**

Позволяет выполнить масштабирование выделенных объектов документа.

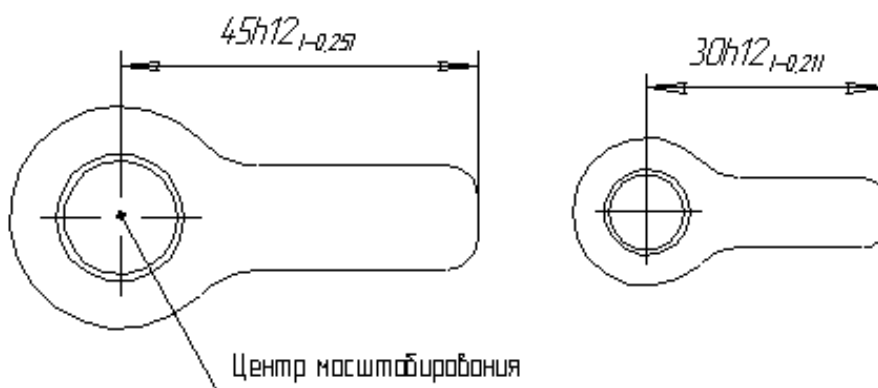
Если ни один элемент не выделен, команда будет недоступна.

Для вызова команды выберите ее название из меню **Операции** или нажмите кнопку **Масштабирование** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Масштабирование

Задайте в соответствующем поле ввода Строки параметров объектов нужное значение коэффициента масштабирования выделенных объектов и зафиксируйте курсор в точке центра масштабирования. Вы можете также вручную ввести координаты точки центра масштабирования в Строке параметров объектов.



Исходное изображение и изображение после масштабирования

Можно задать удаление или сохранение исходных выделенных объектов после выполнения операции. Для этого используйте соответствующую команду контекстного меню или кнопку в Строке параметров объектов.



Оставить исходные объекты



Удалить исходные объекты

Если среди масштабируемых объектов имеются размеры, Вы можете промасштабировать выносные линии размеров с коэффициентом масштабирования по оси X. Для этого используйте кнопку-переключатель в Строке параметров объектов.



Масштабировать выносные линии



Не масштабировать выносные линии

При переключении внешний вид кнопки меняется.

Завершить работу с командой масштабирования можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку ***Прервать команду*** на Панели специального управления.

3.5. Команда *Симметрия*

Позволяет симметрично отобразить выделенные объекты документа.

Если ни один элемент не выделен, команда будет недоступна.

Для вызова команды выберите ее название из меню **Операции** или нажмите кнопку ***Симметрия*** на Инструментальной панели редактирования.



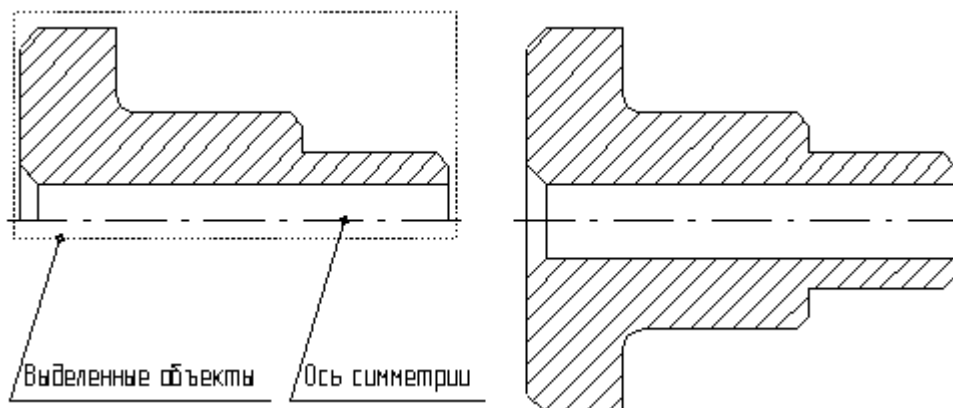
Кнопка Симметрия

Последовательно укажите первую и вторую точки, через которые проходит ось симметрии. Вы можете явно задать параметры оси симметрии (угол наклона и координаты точек), введя их в поля Строки параметров объектов.

Для того чтобы использовать в качестве оси симметрии начерченный ранее отрезок или прямую, нажмите кнопку ***Выбор объекта*** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.



Кнопка Выбор объекта



Исходное изображение и изображение после выполнения симметрии

Можно задать удаление или сохранение исходных выделенных объектов после выполнения операции. Для этого используйте соответствующую команду контекстного меню или кнопку в Строке параметров объектов.



Оставить исходные объекты



Удалить исходные объекты

Отказаться от симметричного отображения выделенных элементов можно, нажав клавишу **<Esc>** или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.6. Команда Копия

Позволяет выполнить копирование выделенных объектов документа. Команда будет недоступна, если ни один элемент не выделен либо если есть выделенные целиком виды чертежа.

Выделенные объекты копируются в свои виды и на свои слои.

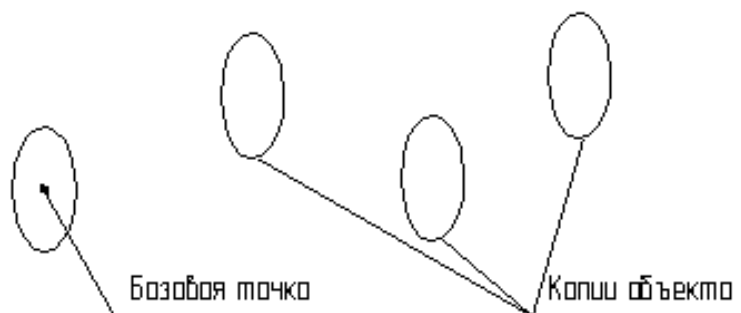
Для вызова команды выберите ее название из меню Операции или нажмите кнопку **Копия** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Копия

Укажите курсором базовую точку копирования и ее новое положение. Вы также можете ввести величину сдвига копии вдоль осей X и Y в соответствующие поля Строки параметров объектов.

После фиксации нового положения базовой точки система копирует выделенные элементы и ожидает указания следующего места для копирования.



Пример копирования эллипса

Отказаться от копирования выделенных элементов можно, нажав клавишу *<Esc>* или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.7. Команда **Копия по кривой**

Позволяет выполнить копирование выделенных объектов, разместив их вдоль указанной кривой.

Команда будет недоступна, если ни один элемент не выделен либо если есть выделенные целиком виды чертежа.

Выделенные объекты копируются в свои виды и на свои слои.

Для вызова команды нажмите кнопку **Копия по кривой** на Инструментальной панели редактирования.



*Кнопка **Копия по кривой***

В полях Строки параметров объектов введите данные о копировании – количество копий, шаг копирования, масштаб и угол поворота копий.

Задайте базовую точку для копирования, а затем укажите базовую точку на той кривой, по которой необходимо выполнить копирование. Вы можете также явно задать значения координат этих точек в Строке параметров. После указания точки на кривой создается заданное количество копий выделенных элементов.



Пример копирования эллипса вдоль кривой Безье

В Строке параметров находится несколько кнопок, с помощью которых можно управлять процессом копирования.

Кнопка **Шаг** определяет, каким образом интерпретировать значение шага, заданное в Строке параметров. По умолчанию шаг – это расстояние между базовыми точками двух соседних копий. При переключении кнопки шаг воспринимается как расстояние между базовыми точками первой и последней копий, то есть он задает интервал, в котором должны равномерно разместиться все копии.

Внешний вид кнопки при переключении меняется.



Шаг (между соседними копиями)



Шаг (интервал для всех копий)

Если Вы хотите, чтобы копии объектов располагались по нормали к кривой, вдоль которой выполняется копирование, нажмите кнопку **Нормаль**. Для отказа от доворота объектов до нормали еще раз нажмите кнопку.

Внешний вид кнопки при переключении меняется.



Кнопка Нормаль (не доворачивать до нормали)



Кнопка Нормаль (доворачивать до нормали)



Пример копирования эллипса с доворотом копий до нормали

Кнопка **Направление** позволяет установить, в какую сторону от базовой точки на кривой нужно копировать объекты.

Внешний вид кнопки при переключении меняется.



Положительное направление



Отрицательное направление

Отказаться от копирования выделенных элементов можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку *Прервать команду* на Панели специального управления.

3.8. Команда *Копия по окружности*

Эта команда является упрощенным вариантом команды *Копия по концентрической сетке*.

Она позволяет выполнить копирование выделенных объектов, разместив по окружности с указанным центром и радиусом.

Команда недоступна, если ни один элемент не выделен либо если есть выделенные целиком виды чертежа.

Выделенные объекты копируются в свои виды и на свои слои.

Для вызова команды нажмите кнопку *Копия по окружности* на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Копия по окружности

В полях Строки параметров объектов введите параметры копирования – количество копий и угловой шаг между ними.

В количестве копий учитывается и исходный экземпляр копируемых объектов. Иначе говоря, в поле Количество следует вводить то количество экземпляров, которые должны быть расположены по окружности после выполнения команды.

Если указанное количество копий требуется разместить равномерно вдоль окружности, то значение углового шага можно не вводить.

Задайте центр окружности, по которой должно быть произведено копирование, указав его курсором. Вы можете также явно задать значения координат центра окружности в Строке параметров. После указания центра окружности на экране появляется фантом заданного количества копий выделенных элементов.

В Строке параметров находится несколько кнопок, с помощью которых можно управлять процессом копирования.

Кнопка *Равномерно по окружности* определяет, каким образом – вдоль полной окружности или с заданным шагом – размещать копии по окружности.

По умолчанию копии размещаются по окружности с заданным угловым шагом. При переключении кнопки копии размещаются равномерно вдоль всей окружности; при этом шаг определяется системой автоматически как частное от деления 360 градусов на количество копий.

Внешний вид кнопки при переключении меняется.



Вдоль всей окружности



С заданным шагом

Кнопка ***Направление*** позволяет установить, в какую сторону от исходных экземпляров нужно копировать объекты.

Внешний вид кнопки при переключении меняется.



Положительное направление



Отрицательное направление

Отказаться от копирования выделенных элементов можно, нажав клавишу <Esc> или кнопку ***Прервать команду*** на Панели специального управления.

3.9. Команда Копия по концентрической сетке

Позволяет выполнить копирование выделенных объектов, разместив их по концентрической сетке с заданными параметрами.

Команда будет недоступна, если ни один элемент не выделен либо если есть выделенные целиком виды чертежа.

Выделенные объекты копируются в свои виды и на свои слои.

Для вызова команды нажмите кнопку ***Копия по концентрической сетке*** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Копия по концентрической сетке

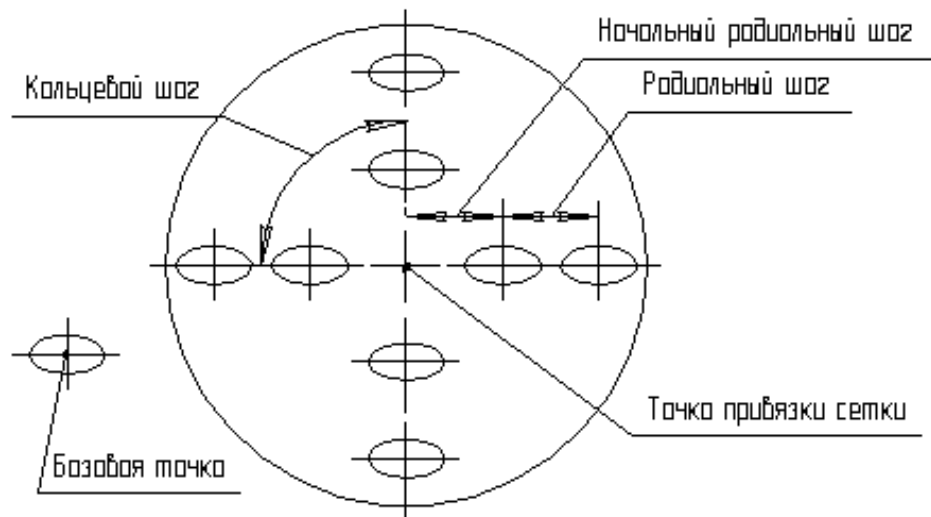
В полях Строки параметров объектов введите данные о копировании – масштаб и угол поворота копий.

Для того чтобы ввести данные о сетке, по которой нужно выполнить копирование (шаги, начальный угол и т. д.), нажмите кнопку ***Параметры концентрической сетки*** на Панели специального управления. На экране появится диалог, в котором Вы сможете назначить нужные параметры сетки.



Кнопка Параметры концентрической сетки

Задайте базовую точку для выделенных объектов. Теперь система ожидает указания точки, в которую нужно поместить сетку с копиями объектов, при этом на экране отображается фантом скопированных по сетке объектов. Вы можете также явно задать значения координат этих точек в Строке параметров. После указания точки привязки сетки создается заданное количество копий выделенных элементов.



Пример копирования по концентрической сетке

Отказаться от копирования выделенных элементов можно, нажав клавишу *<Esc>* или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.10. Команда *Копия по сетке*

Позволяет выполнить копирование выделенных объектов, разместив их по сетке с заданными параметрами.

Команда будет недоступна, если ни один элемент не выделен либо если есть выделенные целиком виды чертежа.

Выделенные объекты копируются в свои виды и на свои слои.

Для вызова команды нажмите кнопку **Копия по сетке** на Инструментальной панели редактирования.



*Кнопка **Копия по сетке***

В полях Строки параметров объектов введите данные о копировании – масштаб и угол поворота копий.

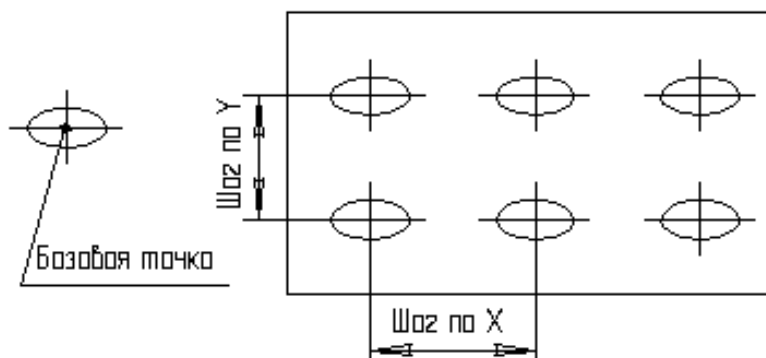
Для того чтобы ввести данные о сетке, по которой нужно выполнить копирование (шаги по осям, углы наклона и т. д.), нажмите кнопку **Параметры сетки** на Панели специального управления. На экране появится диалог, в котором Вы сможете назначить нужные параметры сетки.



*Кнопка **Параметры сетки***

Задайте базовую точку для выделенных объектов. Теперь система ожидает указания точки, в которую нужно поместить сетку с копиями

объектов, при этом на экране отображается фантом скопированных по сетке объектов. Вы можете также явно задать значения координат этих точек в строке параметров. После указания точки привязки сетки создается заданное количество копий выделенных элементов.



Пример копирования по сетке

Отказаться от копирования выделенных элементов можно, нажав клавишу *<Esc>* или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.11. Команда Деформация сдвигом

Позволяет выполнить деформацию объектов.

Команда **Деформация сдвигом** является одним из самых мощных инструментов редактирования чертежей. Она позволяет легко изменять геометрию детали для устранения возможных ошибок, или проработать несколько ее вариантов в поисках оптимального.

Команда деформации незаменима при проектировании изделий по образцу.

Можно взять за основу чертеж ранее разработанной детали, которая имеет похожую геометрию. Затем с помощью команды деформации и других команд редактирования изменить ее и сохранить под другим именем, сэкономив таким образом время на разработку нового чертежа.

Предварительное селектирование объектов, подлежащих деформированию, выполнять не нужно.

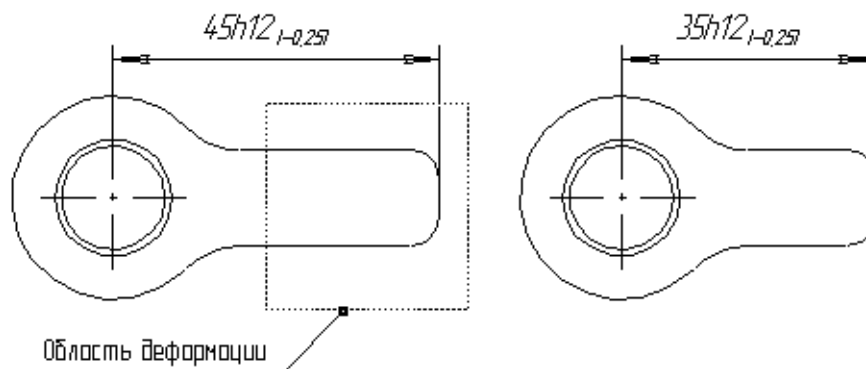
Для быстрого перехода к команде нажмите кнопку **Деформация сдвигом** Инструментальной панели.



Кнопка Деформация сдвигом

Укажите последовательно первую и вторую точки габаритного прямоугольника, который должен захватить деформируемую область (она будет подсвечена после захвата).

Задайте базовую точку для деформации, а затем зафиксируйте ее новое положение. Вы можете явно задать координаты базовой точки, а также величины перемещений, введя их в соответствующих полях Строки параметров объектов. После фиксации нового положения базовой точки будет выполнено перестроение.



Исходное изображение и изображение после деформации

Для повторного выбора объектов, подлежащих деформации, нажмите кнопку **Новый прямоугольник** на Панели специального управления, а затем укажите курсором габаритные точки прямоугольника.



*Кнопка **Новый прямоугольник***

Для того чтобы отменить деформацию ошибочно выбранного объекта или дополнительно указать объект, нажмите кнопку **Исключить/добавить объект** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.



*Кнопка **Исключить/добавить объект***

Отказаться от выполнения деформации можно, нажав клавишу $\langle Esc \rangle$ или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

Пример 1. Деформация объектов заданием величины деформации.

Замечание. Принцип работы команды деформации прост. Все объекты, **полностью** попавшие в рамку выбора, изменят свое положение в соответствии с заданными значениями сдвига. Все объекты, **частично** попавшие в рамку выбора, изменят только положение своих характерных точек, попавших в рамку деформации. Объекты, не попавшие в рамку, вообще не участвуют в процессе деформации.

Обратите внимание, что одновременно с изменением геометрии система выполнила изменение двух линейных размеров. Они также подверглись деформации, так как характерные точки оказались внутри рамки.

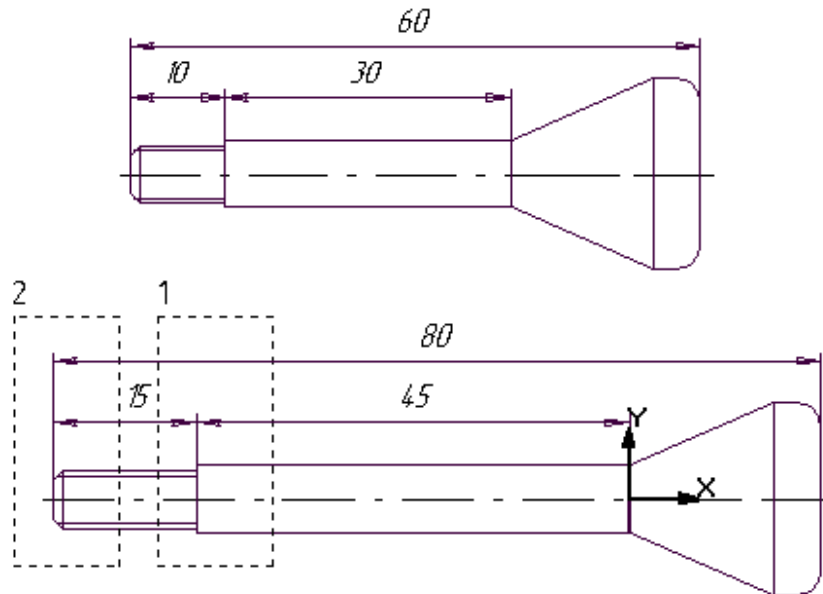


Рис. 3.1. Деформация сдвигом

Совет. Если при выполнении деформации вы хотите добиться автоматического изменения размеров, то их также нужно включить в рамку деформации согласно вышеупомянутым правилам. При этом система будет пересчитывать не только номинальный размер, но и его предельные отклонения, если они включены в размерную надпись.

Вначале сократим длину гладкого цилиндрического участка детали с 45 мм до 30 мм.

1. Включите кнопку *Деформация сдвигом*.
2. В ответ на запрос системы о начальной и конечной точках прямоугольной рамки сформируйте рамку деформации, как показано в задании (рамка 1 на рис. 3.1).
3. Активизируйте поле *Сдвиг вдоль оси X* на Панели свойств, введите величину сдвига **15** и нажмите клавишу *<Enter>*.
4. Активизируйте поле *Сдвиг вдоль оси Y* на Панели свойств, введите величину сдвига **0** и нажмите клавишу *<Enter>*.

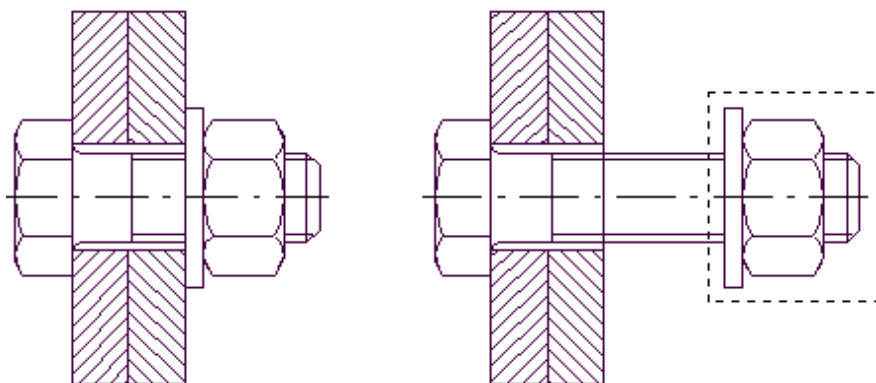
Система выполнит деформацию выделенных объектов. Команда *Деформация сдвигом* остается в активном состоянии.

Теперь изменим длину резьбового участка с 30 мм до 10 мм.

1. В ответ на запросы системы о начальной и конечной точках прямоугольной рамки сформируйте рамку деформации, как показано в задании (рамка 2 на рис. 3.1).
2. В поле *Сдвиг вдоль оси X* на Панели свойств введите величину сдвига **20** и нажмите клавишу *<Enter>*.
3. Активизируйте поле *Сдвиг вдоль оси Y*, введите величину сдвига **0** и нажмите клавишу *<Enter>*.

- Система выполнит деформацию выделенных объектов.
4. Щелчком на кнопке **Прервать команду** завершите работу команды **Деформация сдвигом**.

Пример 2. Деформация объектов путем задания базовой точки.



а) Требуемое состояние б) Исходное состояние

Рис. 3.2 а, б. Деформация болтового соединения

Задание. Измените болтовое соединение таким образом, чтобы длина болта соответствовала ширине пакета деталей.

Поскольку в данной ситуации величина сдвига вдоль оси X неизвестна, то необходимо задать базовую точку для деформации. Ею может быть точка как в рамке деформации, так и вне ее.

После этого зафиксируйте новое положение точки. Это можно сделать разными способами:

- перемещая курсор на рабочем поле клавишами управления курсором;
- задав ее координаты в соответствующих полях на Панели свойств;
- выполнив привязку к характерным точкам существующих объектов.

Если исходное либо конечное положение базовой точки отсутствует в явном виде, его можно определить с помощью вспомогательных построений. После фиксации нового положения базовой точки будет выполнено перестроение выделенных геометрических объектов.

1. Включите кнопку **Деформация сдвигом**.
2. Сформируйте рамку деформации, как показано на рис. 3.2б.
3. В ответ на запрос системы **Укажите базовую точку для сдвига** с помощью привязки **Ближайшая точка** укажите точку P_1 на теле болта (рис. 3.3).
4. В ответ на запрос системы **Укажите новое положение базовой точки** с помощью привязки **Пересечение** укажите точку P_2 на правой детали пакета.

Совет. Рядом с точкой P_2 находятся еще две точки, которые удовлетворяют условию **Ближайшая точка** и **Пересечение**. Для надежного

выбора нужной точки увеличьте область вокруг точки P_1 либо воспользуйтесь локальной привязкой **Пересечение**.

5. Завершите работу команды.

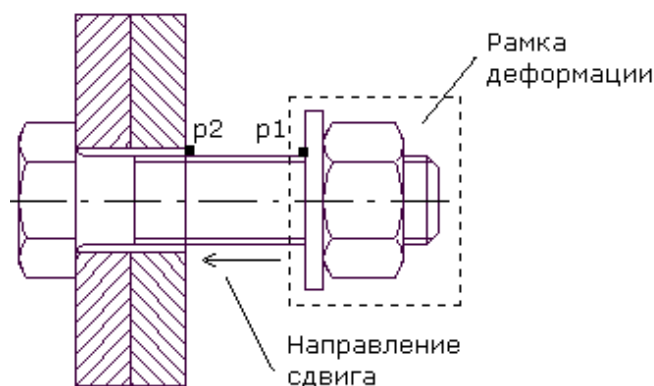


Рис. 3.3. Деформация сдвигом. Задание базовых элементов

3.12. Команда **Деформация поворотом**

Позволяет выполнить деформацию поворотом объектов.

Предварительное селектирование объектов, подлежащих деформированию, выполнять не нужно.

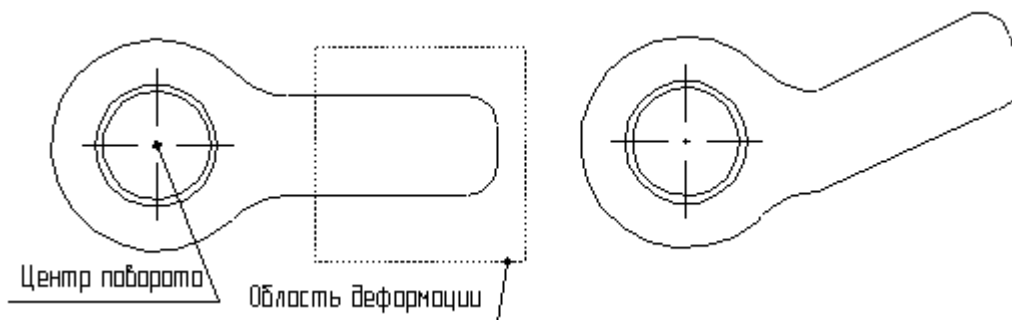
Для перехода к команде нажмите соответствующую кнопку.



Кнопка Деформация поворотом

Укажите последовательно первую и вторую точки габаритного прямоугольника, который должен захватить деформируемую область (она будет подсвечена после захвата).

Задайте центр поворота, а затем зафиксируйте нужное положение деформируемой группы. Вы можете явно задать координаты нового положения точки или величину угла поворота, введя их в соответствующих полях Строки параметров объектов. После фиксации нового положения точки будет выполнено перестроение.



Исходное изображение и изображение после деформации

Для повторного выбора объектов, подлежащих деформации, нажмите кнопку **Новый прямоугольник** на Панели специального управления, а затем укажите курсором габаритные точки прямоугольника.



Кнопка **Новый прямоугольник**

Для того чтобы отменить деформацию ошибочно выбранного объекта или дополнительно указать объект, нажмите кнопку **Исключить/добавить объект** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.



Кнопка **Исключить/добавить объект**

Отказаться от выполнения деформации можно, нажав клавишу $\langle Esc \rangle$ или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.13. Команда **Деформация масштабированием**

Позволяет выполнить деформацию масштабированием объектов.

Предварительное селектирование объектов, подлежащих деформированию, выполнять не нужно.

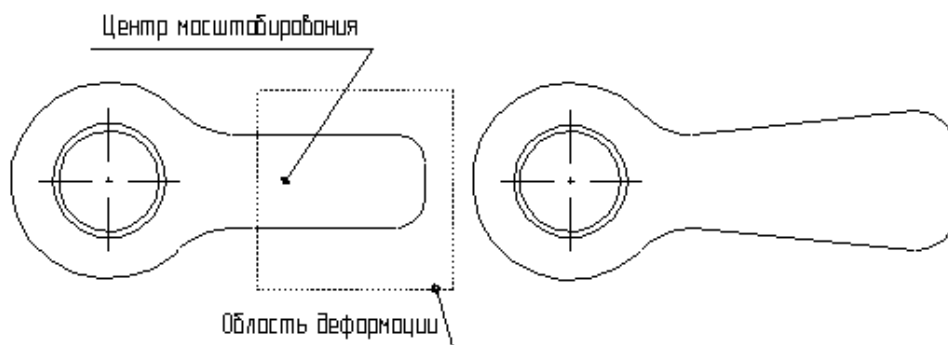
Для перехода к команде нажмите соответствующую кнопку.



Кнопка **Деформация масштабированием**

Укажите последовательно первую и вторую точки габаритного прямоугольника, который должен захватить деформируемую область (она будет подсвечена после захвата).

Задайте в соответствующих полях ввода Строки параметров объектов нужные значения коэффициентов масштабирования в направлении осей X и Y текущей системы координат. Вы можете установить разные коэффициенты масштабирования по осям X и Y.



Исходное изображение и изображение после деформации

Если среди деформируемых объектов есть окружности или дуги окружностей, может быть задано только одно значение масштаба.

Зафиксируйте положения точки центра масштабирования. После фиксации центра будет выполнено перестроение.

Для повторного выбора объектов, подлежащих деформации, нажмите кнопку **Новый прямоугольник** на Панели специального управления, а затем укажите курсором габаритные точки прямоугольника.



Кнопка **Новый прямоугольник**

Для того чтобы отменить деформацию ошибочно указанного объекта или дополнительно указать объект, нажмите кнопку **Исключить/добавить объект** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.



Кнопка **Исключить/добавить объект**

Отказаться от выполнения деформации можно, нажав клавишу $\langle Esc \rangle$ или кнопку **Прервать команду** на Панели специального управления.

3.14. Команда **Усечь кривую**

Позволяет удалить часть какого-либо объекта, ограниченную точками пересечения с другими объектами.

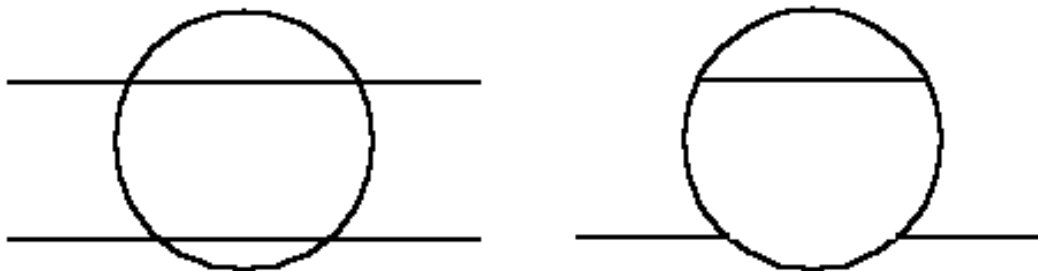
Для быстрого перехода к команде нажмите кнопку **Усечь кривую** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка **Усечь кривую**

Укажите курсором ту часть объекта, которую нужно удалить.

Если же, наоборот, нужно оставить выбранный участок и удалить внешние относительно него участки кривой, переключите кнопку **Удалить/оставить участок** в Строке параметров объектов.



Исходное изображение и изображение после усечения отрезков



Удалить указанный участок



Оставить указанный участок

Для отмены ошибочного удаления части объекта нажмите кнопку **Отменить** на Панели управления.



Кнопка Отменить

3.15. Команда **Усечь кривую двумя точками**

Позволяет удалить часть объекта, определив ее двумя граничными точками.

Для перехода к команде нажмите кнопку **Усечь кривую двумя точками** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Усечь кривую двумя точками

Укажите курсором кривую, а затем две точки, ограничивающие удаляемую часть кривой.

Если кривая замкнута, требуется дополнительно указать точку внутри участка кривой, который будет удаляться.

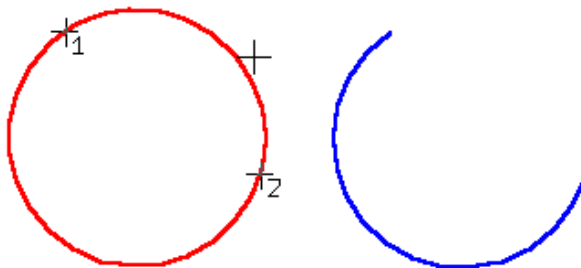
Если же нужно, наоборот, оставить выбранный участок, а удалить внешние относительно него участки кривой, переключите кнопку **Удалить/оставить участок** в Строке параметров объектов.



Удалить указанный участок



Оставить указанный участок



Исходное изображение и изображение после усечения окружности

Для отмены ошибочного удаления части объекта нажмите кнопку **Отменить** на Панели управления.



*Кнопка **Отменить***

3.16. Команда **Выровнять кривые по границе**

Позволяет выровнять один или несколько объектов по границе, которой служит какой-либо другой объект.

Для перехода к команде нажмите кнопку **Выровнять кривые по границе** на Инструментальной панели редактирования.



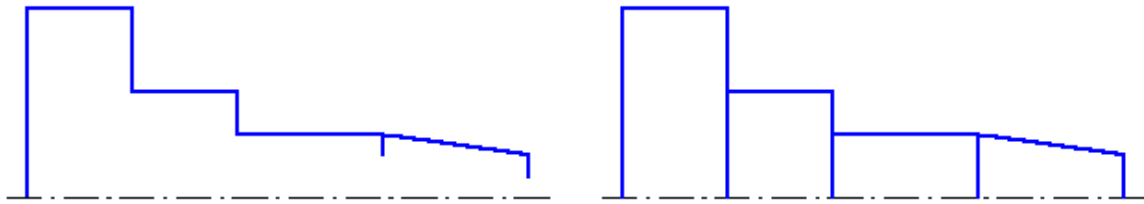
*Кнопка **Выровнять кривые по границе***

Укажите курсором кривую, которая должна быть границей выравнивания. Затем последовательно указывайте элементы для выравнивания.

Если нужно заново указать границу и элементы для выравнивания, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем указывайте курсором нужные элементы.



*Кнопка **Выбор объекта***



Исходное изображение и изображение после выравнивания

Для отмены ошибочного выравнивания нажмите кнопку **Отменить** на Панели управления.



*Кнопка **Отменить***

3.17. Команда **Удалить фаску или скругление**

Позволяет удалить отрезок или дугу, соединяющие концы двух других объектов (*отрезков или дуг*), и продолжить эти объекты до точки их пересечения.

Для перехода к команде нажмите кнопку **Удалить фаску или скругление** на Инструментальной панели редактирования.



*Кнопка **Удалить фаску или скругление***

Укажите курсором фаску или скругление, которые нужно удалить. В качестве фаски или скругления система воспринимает отрезок или дугу, к которым с двух сторон примыкают геометрические объекты, а также звено в контуре, ломаной или многоугольнике.

Если выполнение операции возможно, то отрезок фаски или дуга скругления удаляются, а базовые объекты продляются до точки их пересечения.

Для отмены ошибочного удаления фаски или скругления нажмите кнопку **Отменить** на Панели управления.



*Кнопка **Отменить***

3.18. Команда *Разбить кривую на две части*

Позволяет разбить объект на две части, указав точку разбиения.

Для вызова команды нажмите кнопку **Разбить кривую на две части** на Инструментальной панели редактирования.



*Кнопка **Разбить кривую на две части***

Укажите курсором кривую, а затем точку разбиения.

Если кривая замкнута, необходимо указать вторую точку разбиения.

3.19. Команда *Разбить кривую на равные части*

Позволяет разбить объект на несколько равных частей.

Для вызова команды нажмите кнопку **Разбить кривую на равные части** на Инструментальной панели редактирования.



*Кнопка **Разбить кривую на равные части***

Введите в соответствующее поле Строки параметров количество частей, на которые нужно разбить кривую. Укажите курсором кривую для разбиения.

Если кривая замкнута, необходимо указать начальную точку разбиения.

3.20. Команда *Эквидистанта к объекту*

Позволяет построить эквидистанту к какому-либо геометрическому объекту.

Для вызова команды нажмите кнопку **Эквидистанта к объекту** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Эквидистанта к объекту

Для вычерчивания эквидистанты нужно указать курсором базовый элемент.

Если потребуется заново выбрать элемент для построения эквидистанты, нажмите кнопку **Выбор объекта** на Панели специального управления, а затем укажите курсором нужный элемент.



Кнопка Выбор объекта

В Строке параметров объектов Вы можете ввести значение расстояния от базового объекта до эквидистанты (*так называемый радиус эквидистанты*). В Строке также отображаются несколько кнопок для управления тем, с какой стороны от базового элемента необходимо строить эквидистанту.



Кнопка Слева от объекта

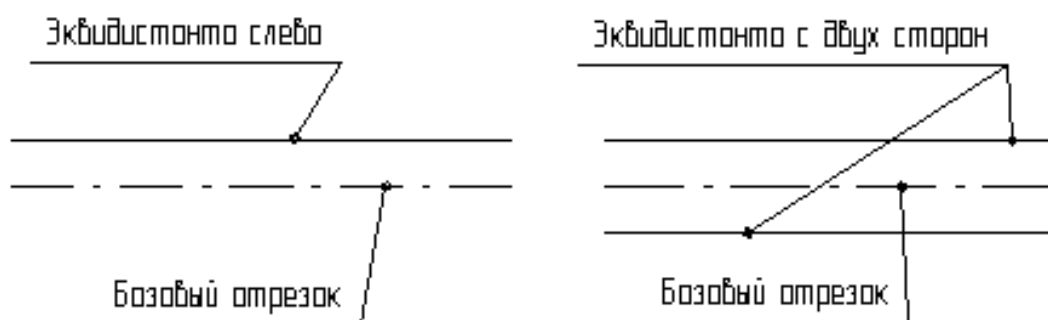


Кнопка Справа от объекта



Кнопка С двух сторон от объекта

В том случае если эквидистанта строится с двух сторон от объекта, можно задать различные значения для радиусов эквидистанты слева и справа.



Примеры построения эквидистанты к объекту

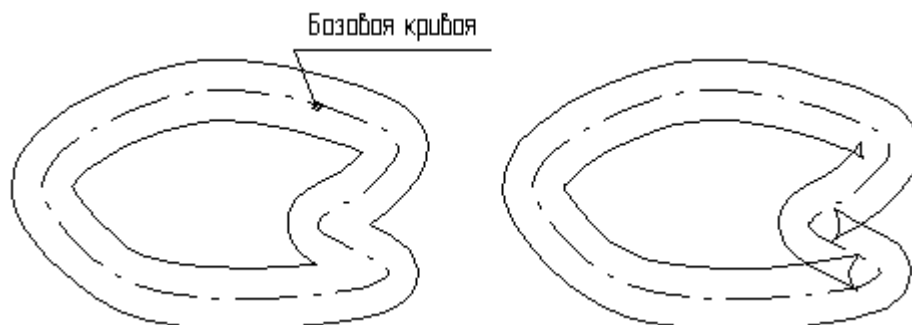
Еще одна кнопка позволяет установить, нужно оставлять вырожденные участки построенной эквидистанты или нет.



Удалять вырожденные участки



Оставлять вырожденные участки



Эквидистанта без вырожденных участков и с такими участками

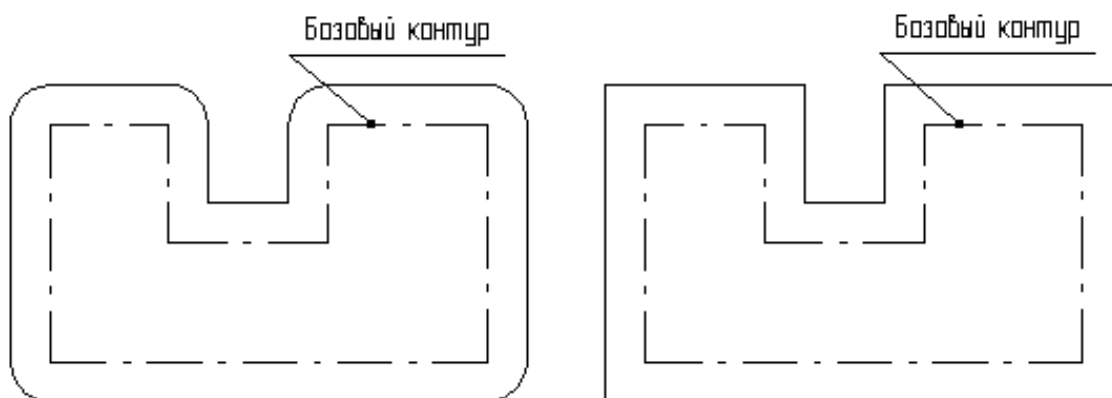
Вы можете изменять способ обхода углов вычерчиваемой эквидистанты – срезом или скруглением. Радиус скругления можно задать в соответствующем поле ввода в Строке параметров.



Обход срезом



Обход скруглением



Обход углов эквидистанты скруглением или срезом

Для изменения стиля отрисовки эквидистанты нажмите кнопку **Стиль** в Строке параметров объектов. На экран будет выведен диалог выбора стиля линии.

Для фиксации построенной эквидистанты нажмите кнопку **Создать объект**.

Завершить ввод эквидистант можно, нажав клавишу **<Esc>** или кнопку **Прервать команду**.

С помощью других команд можно построить эквидистанту различными способами.



Кнопка Эквидистанта по стрелке

3.21. Команда Эквидистанта по стрелке

Позволяет построить эквидистанту, последовательно обходя пересекающиеся между собой геометрические элементы.

Для вызова команды нажмите кнопку *Эквидистанта по стрелке* на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка Эквидистанта по стрелке

Укажите курсором точку вблизи геометрического элемента, с которого Вы хотите начать построение эквидистанты.

На экране появится фантомное изображение первого участка эквидистанты, а также стрелка выбора направления дальнейшего движения. Для перебора возможных направлений обхода от текущего узла нажимайте клавишу *<Пробел>*. Подтвердить выбор направления для дальнейшего обхода элементов можно, нажав клавишу *<Enter>*.

На Панели специального управления находятся несколько кнопок, с помощью которых можно, как и с помощью клавиш, выбирать направление обхода, а также перемещаться по сегментам.



Кнопка Следующее направление



Кнопка Предыдущее направление



Кнопка Шаг на сегмент вперед



Кнопка Шаг на сегмент назад

Если потребуется заново задать первый базовый элемент для построения эквидистанты, нажмите кнопку *Повторный выбор объекта*, а затем укажите курсором точку вблизи нужного элемента.



Кнопка Повторный выбор объекта

В Строке параметров объектов Вы можете ввести значение расстояния от базовых объектов до эквидистанты (*так называемый радиус эквидистанты*). В строке также отображаются несколько кнопок для управления тем, с какой стороны от базовых элементов необходимо строить эквидистанту.



Кнопка Слева от объекта



Кнопка Справа от объекта



Кнопка С двух сторон от объекта

В том случае если эквидистанта строится с двух сторон от объекта, можно задать различные значения для радиусов эквидистанты слева и справа.

Еще одна кнопка позволяет установить, нужно оставлять вырожденные участки построенной эквидистанты или нет. При переключении внешний вид кнопки изменяется.



Удалять вырожденные участки



Оставлять вырожденные участки

Вы можете изменять способ обхода углов вычерчиваемой эквидистанты – срезом или скруглением. Радиус скругления можно задать в соответствующем поле ввода в Строке параметров.



Обход срезом



Обход скруглением

Можно указать, каким образом проходить те узлы, в которых направление дальнейшего движения всего одно (*то есть в узле нет разветвлений*). Возможна автоматическая обработка таких узлов (*без запроса на выбор дальнейшего движения*) либо ручная, когда система будет ожидать подтверждения на следующий шаг.



Автоматический проход неветвящихся узлов



Ручной проход неветвящихся узлов

Для изменения стиля отрисовки эквидистанты нажмите кнопку **Стиль** в Строке параметров объектов. На экран будет выведен диалог выбора стиля линии.

Для фиксации построенной эквидистанты нажмите кнопку **Создать объект**.

Завершить ввод эквидистант можно, нажав клавишу $\langle Esc \rangle$ или кнопку **Прервать команду**.

3.22. Команда **Удалить область**

Позволяет удалить объекты, находящиеся внутри выбранной области чертежа или фрагмента.

Для быстрого перехода к команде нажмите кнопку **Удалить область** на Инструментальной панели редактирования.



Кнопка **Удалить область**

После вызова команды на Панели специального управления отображаются несколько кнопок. С их помощью можно различными способами задавать границы удаляемой области.

Способы задания границ области

При выполнении некоторых команд КОМПАС-3D требуется указать плоскую область, на которую должно распространяться действие команды. В частности, такое указание необходимо при штриховке, удалении области, измерении площади и периметра.

После вызова команды, в которой требуется указание области, на Панели специального управления отображается несколько кнопок для задания границ области различными способами.



Кнопка **Выбор объекта**



Кнопка **Ручное рисование границ**



Кнопка **Обход границы по стрелке**

По умолчанию система ожидает указания замкнутого геометрического объекта (*сплайна, контура, окружности*) в качестве границы области.

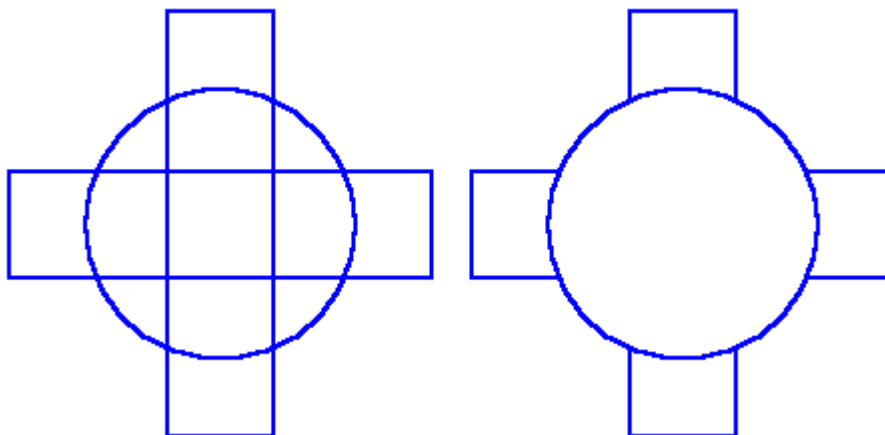
Вы можете задать способ очистки области (удалять элементы внутри или снаружи от границы) с помощью кнопки **Параметры удаления области**, которая находится на Панели специального управления.



Кнопка **Параметры удаления области**

После нажатия на эту кнопку на экране отображается диалог задания параметров.

Когда все границы области и параметры удаления заданы, нажмите кнопку *Создать объект*.



Исходное изображение и изображение после удаления области

Для отмены ошибочного удаления области нажмите кнопку *Отменить* на Панели управления.



*Кнопка **Отменить***

4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

В данной главе рассмотрены основные построения на плоскости, осуществляемые с помощью циркуля и линейки. Эти способы построения легко моделируются теми средствами, которые имеют в своем арсенале современные системы автоматизированного проектирования (САПР).

Материал этой главы рекомендуется проработать «циркулем и линейкой», используя минимальные средства САПР, затем то же самое реализовать, опираясь на всю мощь методов, предлагаемых современными САПР, или путем их сочетания.

Из этой работы, путем сравнительного анализа, можно делать выводы о полноте и удобстве средств САПР для основных геометрических построений.

В результате этого пользователь получит твердые навыки работы в САПР, а также освежит в памяти основные приемы геометрических построений из курса школьной геометрии.

Материал данной главы построен следующим образом: после описания способов геометрического построения даются ссылки на те средства САПР, при помощи которых эти же самые построения можно осуществить.

4.1. Деление отрезка пополам

Отрезок AB прямой m (рис. 4.1) делится на две равные части перпендикуляром n , проведенным через точки пересечения C и D дуг окружностей радиуса $R > 0,5AB$ с центрами, соответственно, в точках A и B . Точка E – середина отрезка AB .

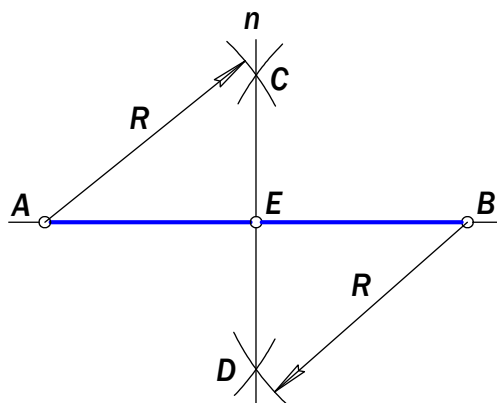


Рис. 4.1. Деление отрезка пополам

4.2. Деление отрезка на заданное число частей

Отрезок AB прямой m (рис. 4.2) разделен на семь частей посредством вспомогательного луча t , проведенного под острым углом к заданной прямой m через точку A . На луче t от точки A отложить заданное число ($n = 7$) равных произвольной длины отрезков (отмеченных точками $1, 2, \dots, 7$). Последнюю точку 7 соединить с точкой B и последовательно из каждой точки деления луча t провести ряд прямых параллельно прямой $B7$ до пересечения с прямой m . Полученные точки $1г, 2г, \dots$ делят отрезок AB в искомом отношении.

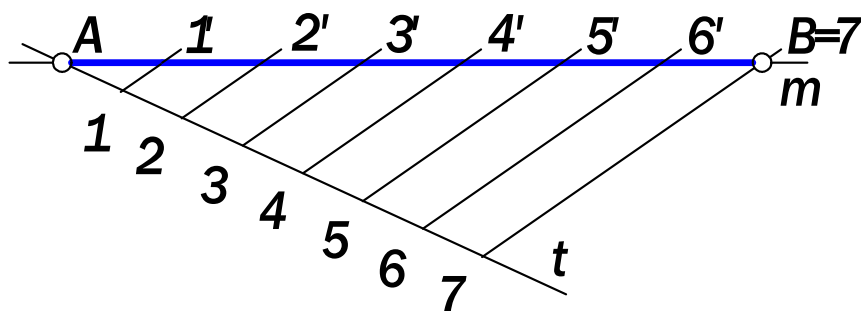


Рис. 4.2. Деление отрезка на пропорциональные части

В САПР

Как правило, во всех системах автоматизированного проектирования имеются команды, которые позволяют заданный объект поделить на две или более части:

- Команда **Разбить кривую на две части**. Здесь необходимо указать курсором кривую, а затем точку разбиения. Если кривая замкнута, необходимо указать вторую точку разбиения.
- Команда **Разбить кривую на равные части**. Позволяет разбить объект на несколько равных частей. Для этого дополнительно вводится в виде параметра то количество частей, на которые нужно разбить кривую. Затем указывается курсором кривая для разбиения. Если кривая замкнута, необходимо указать начальную точку разбиения.

4.3. Деление отрезка прямой на пропорциональные части

Выполняется по аналогии с построением на рис. 4.2 с тем отличием, что на вспомогательном луче t откладывают сумму отрезков, составляющих заданное отношение, например $A3':3'B = 3:4$ или $A5':5'B = 5:2$.

В САПР

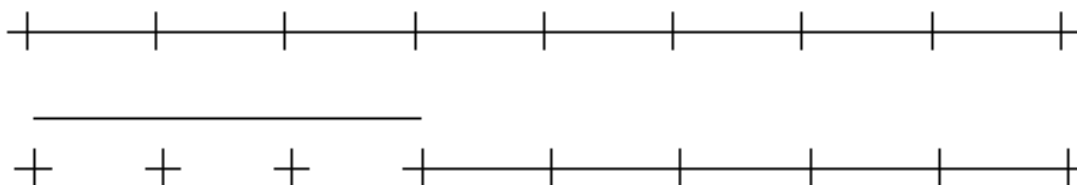
Командой **Точки равномерно по кривой** задайте количество участков, на которые точки должны разделить кривую согласно заданному

отношению, в соответствующем поле Строки параметров объектов. Затем укажите кривую, на которой нужно проставить точки.

В том случае, если кривая является замкнутой, дополнительно указывается точка (не обязательно точно на кривой), от которой нужно начать простановку. Если точка указана не на кривой, за начало простановки принимается точка на кривой, ближайшая к указанной.

После того как это будет выполнено, выберите команду **Разбить кривую на две части** и укажите на кривой ту точку, которая делит заданный отрезок на две части в нужном отношении.

Например: пусть заданный отрезок необходимо разделить в отношении 3:5. Командой **Точки равномерно по кривой** делим отрезок на 8 частей (проставляем точки равномерно по отрезку).



Затем командой **Разбить кривую на две части** с указанием четвертой точки слева добиваемся поставленной задачи.

4.4. Деление отрезка прямой в среднем и крайнем отношении (правило «золотого сечения»)

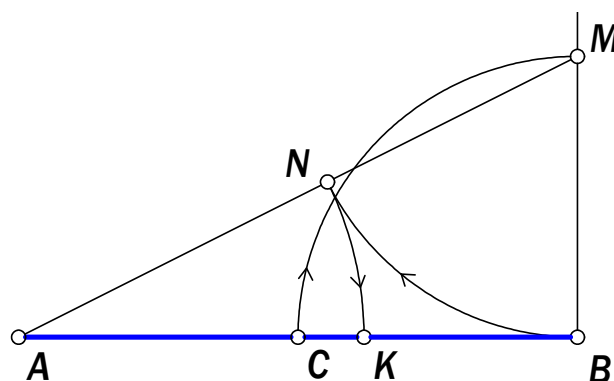


Рис. 4.4. Деление отрезка в среднем и крайнем отношении

На рис. 4.4 отрезок AB разделен в отношении $AB:AK = AK:KB$. Для построения разделить отрезок AB пополам точкой C ; в точке B восстановить перпендикуляр и отложить на нем отрезок $BM=AC$; на луче AM от точки M отложить отрезок $MN = BM = AB/2$, затем из точки A радиусом AN на прямой AB засечь точку K , являющуюся искомой для деления отрезка в заданном отношении.

4.5. Построение отрезков прямой линии с соотношением сторон $\sqrt{2}$

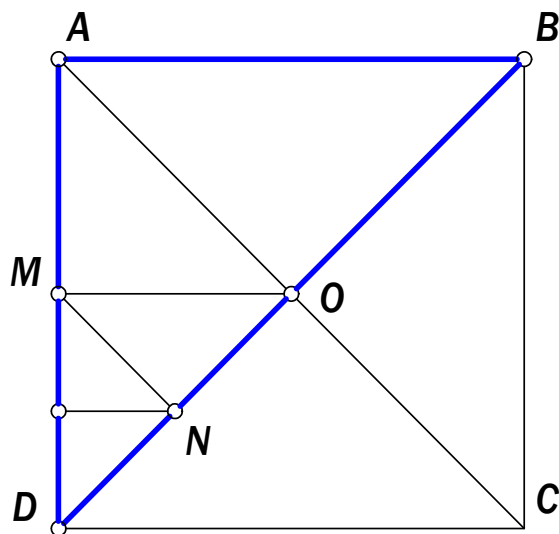


Рис. 4.5а. Построение отрезков прямой с соотношением сторон $\sqrt{2}$

Диагональ квадрата (рис. 4.5а), построенного на заданной стороне AB , равна $\sqrt{2} AB$; далее $AB = \sqrt{2} AO$, $AO = \sqrt{2} OM$; $OM = \sqrt{2} MN$; ...

Это соотношение принято при образовании стандартных форматов чертежей. На рис. 4.5б показано построение большей стороны AC формата по заданной короткой стороне AB : в прямоугольнике на стороне AD отложить $AK = AB$ и построить $BC = BK = \sqrt{2} AB$.

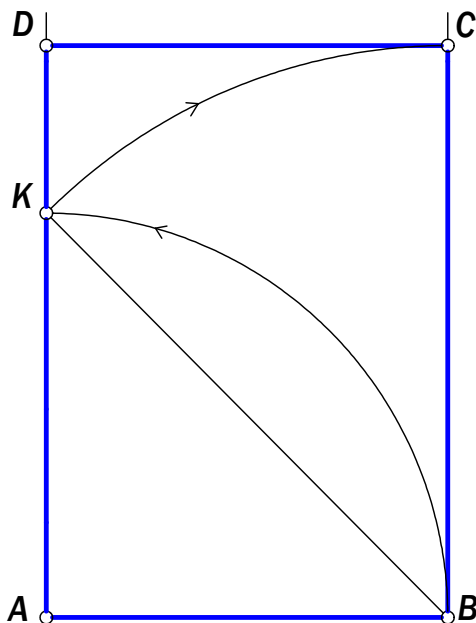


Рис. 4.5б. Схема построения стандартного формата

4.6. Построение перпендикуляра к прямой m , проходящего через точку O , лежащую вне этой прямой

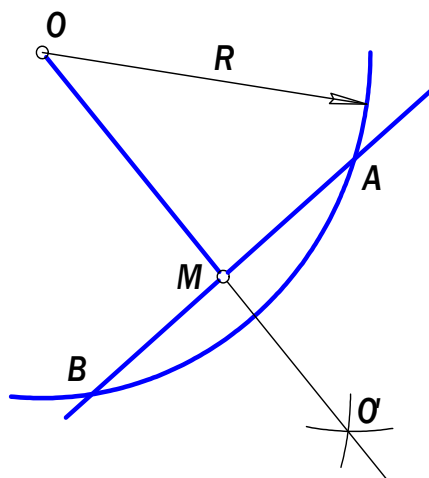


Рис. 4.6. Построение перпендикуляра к прямой из точки вне прямой

Засечкой произвольного радиуса R из точки O отметить на прямой m точки A и B (рис. 4.6). Используя эти точки как центры, провести равными радиусами дуги окружностей до их взаимного пересечения в точке O' . Получим искомое $OO' \perp m$.

В САПР

На инструментальной панели геометрии выбираем команду «Перпендикулярный отрезок». Затем указываем прямую, к которой необходимо провести перпендикуляр, далее, в качестве начальной точки строящегося отрезка, выбираем заданную точку. Конечной точкой отрезка будет точка на заданной прямой, определяемая с использованием системной привязки «Точка на кривой».

4.7. Построение перпендикуляра к прямой m в точке A , принадлежащей данной прямой

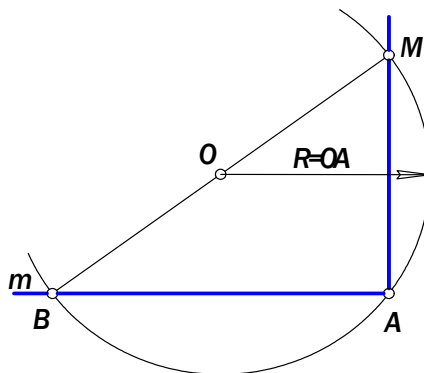


Рис. 4.7. Построение перпендикуляра к прямой в точке на прямой

Провести из произвольно выбранного центра O , расположенного вне данной прямой, дугу окружности радиуса $R=OA$ (рис. 4.7) и отметить на прямой m точку B ее пересечения с дугой. Провести диаметр BM и прямую MA . $MA \perp AB$, так как вписанный в окружность и опирающийся на ее диаметр угол MAB – прямой.

В САПР

На инструментальной панели геометрии выбираем команду «Перпендикулярный отрезок». Затем указываем прямую, к которой необходимо провести перпендикуляр, далее, в качестве начальной точки строящегося отрезка, выбираем заданную точку. Конечной точкой отрезка будет произвольная точка вне заданной прямой, определяемая самим пользователем.

4.8. Построение заданного угла

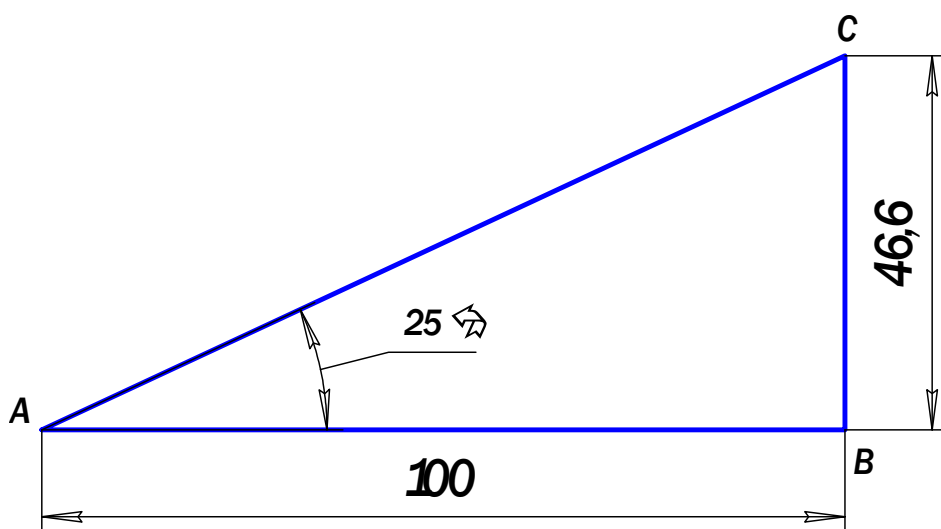


Рис. 4.8. Построение угла по его тригонометрической функции

Любой угол можно построить посредством транспортира или использования тригонометрических функций угла (в частности, тангенсов и котангенсов). Например, для угла $\alpha = 25^\circ$ $tg(\alpha) = 0,466$. В выбранном масштабе построить прямоугольный треугольник ABC , в котором угол $CAB = arctg(0,466)$, или $AB=100$ мм, $CB=46,6$ мм (рис. 4.8). Для углов $\alpha > 45^\circ$ удобно пользоваться значениями котангенсов углов.

В САПР

Здесь есть возможность повторить, один в один, геометрическое построение теми средствами, которыми непосредственно располагают системы автоматизированного проектирования, либо воспользоваться их возможностями строить отрезки под любым углом к имеющимся отрезкам, задав необходимый угол в строке параметров.

4.9. Построение угла 30 град.

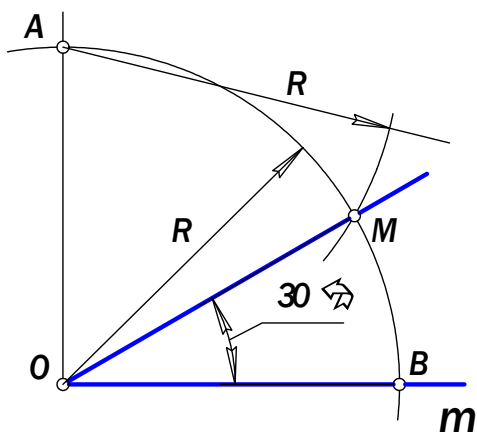


Рис. 4.9. Построение угла 30°

Построить прямой угол AOB . Из точки O провести дугу радиусом R ; из точки A тем же радиусом R сделать засечку на дуге AB в точке M . Угол MOB – искомый (рис. 4.9).

В САПР

Смотрите комментарий к пункту 4.8.

4.10. Построение угла 60 град.

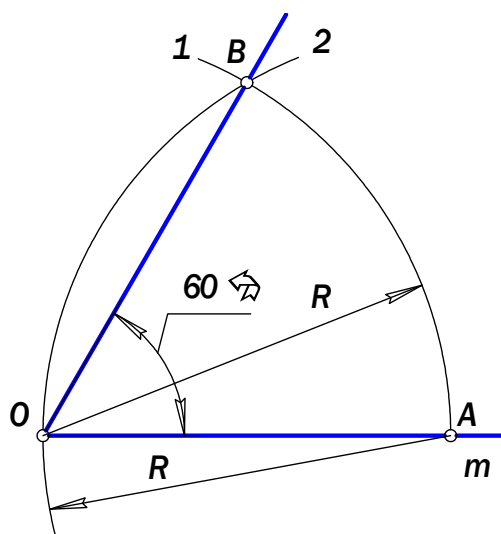


Рис. 4.10. Построение угла 60°

Из точки O (рис. 4.10) на прямой m провести дугу 1 окружности произвольного радиуса R . Из точки A на той же прямой тем же радиусом провести дугу 2 до пересечения с дугой 1 в точке B . Угол AOB – искомый.

В САПР

Смотрите комментарий к пункту 4.8.

4.11. Деление угла пополам

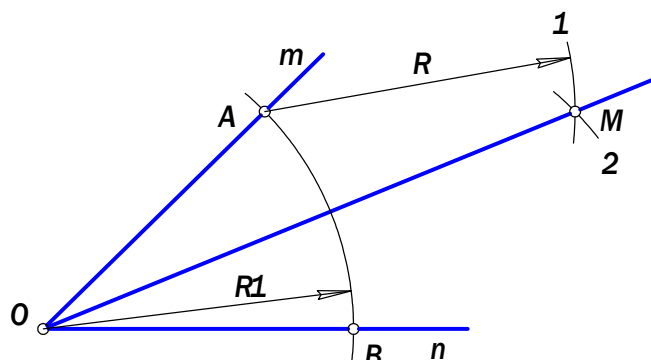


Рис. 4.11. Деление угла пополам

Из вершины заданного угла (рис. 4.11) провести дугу произвольного радиуса R до пересечения со сторонами угла в точках A и B . Из полученных точек, как из центров, провести две дуги равных радиусов до их взаимного пересечения в точке M . Биссектриса OM делит заданный угол пополам.

В САПР

Эти системы непосредственно позволяют построить биссектрису угла, образованного двумя указанными прямыми или отрезками.

Для вызова команды нажмите кнопку **Биссектриса** на Инструментальной панели геометрии.

Последовательно укажите курсором два объекта (отрезки или прямые).

Выполняется построение биссектрис сразу для двух образованных объектами углов. Ненужную биссектрису можно удалить.

Если указаны два параллельных друг другу отрезка (или прямые), будет построена прямая, равноудаленная от этих отрезков.

4.12. Построение угла 75 град.

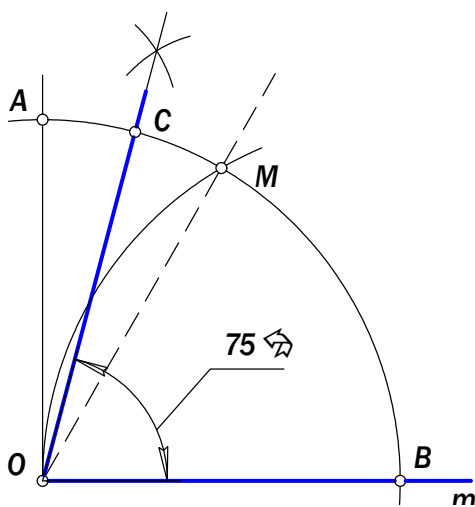


Рис. 4.12. Построение угла 75°

Построим прямой угол AOB (рис. 4.12). Из точки O проведем дугу радиусом R ; из точки A тем же радиусом R сделаем засечку на дуге AB в точке M . И дополним построение проведением биссектрисы угла AOM . Для этого из точек A и M , как из центров, проведем две дуги равных радиусов до их взаимного пересечения в точке D . Получившийся угол SOB является искомым.

В САПР

Смотрите комментарий к пункту 4.8.

4.13. Деление прямого угла на 7 равных частей

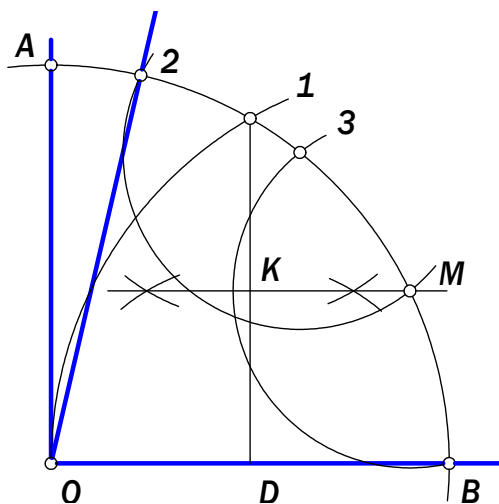


Рис. 4.13. Деление прямого угла на 7 равных частей

Из вершины прямого угла произвольным радиусом описать дугу AB (рис. 4.13). Тем же радиусом из точки B провести дугу I до пересечения с дугой AB в точке C . Провести из точки C перпендикуляр CD к прямой OB и разделить его пополам в точке K . Через точку деления K провести перпендикуляр к прямой CD и отметить точку M его пересечения с дугой AB . Из точки M , как из центра, провести дугу радиусом MB и отметить на дуге AB точку их пересечения 3 . Тем же радиусом MB отметить на дуге AB (центр в точке 3) точку 2 . Угол $AO2$ – искомый, равный $1/7$ прямого угла.

В САПР

Для того чтобы разделить прямой угол на семь равных частей необходимо выполнить следующие построения (рис. 4.13): из вершины прямого угла произвольным радиусом отметим окружность, воспользовавшись командой ввод окружности. Затем удалим ту часть окружности, которая не принадлежит углу в 90° . Оставшуюся дугу делим на семь равных частей командой *Точки равномерно по кривой* (см. пункт 3). Полученный результат представлен на (рис. 4.13).

4.14. Определение центра дуги

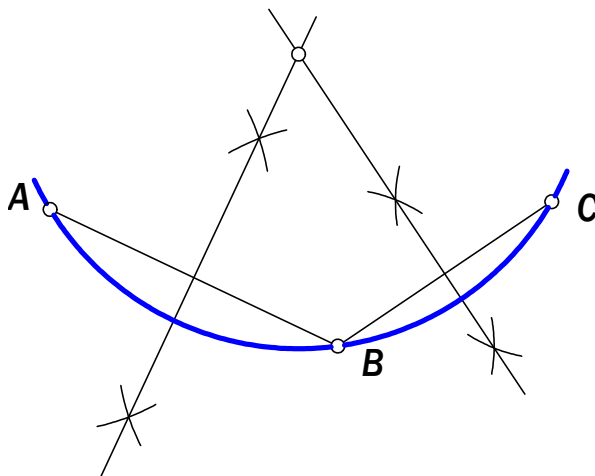


Рис. 4.14. Определение центра дуги

Наметить на дуге окружности три произвольно расположенные точки A , B и C . Соединить точки прямыми AB и BC для получения хорд данной. Точка пересечения перпендикуляров, проведенных через середины хорд определяет положение центра исходной дуги (рис. 4.14).

4.15. Определение центра окружности

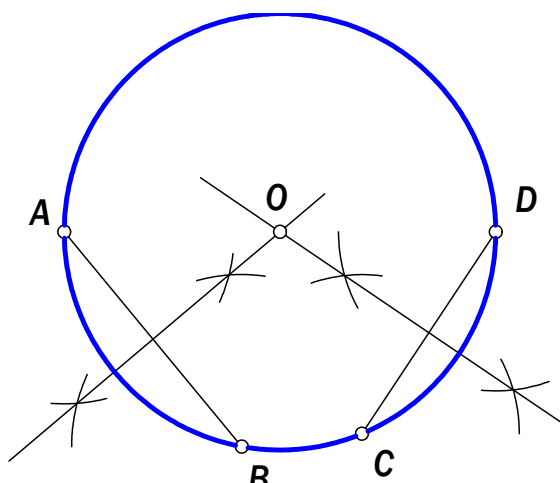


Рис. 4.15. Определение центра окружности

В данной окружности проводится две непараллельные между собой хорды AB и CD (рис. 4.15). Через середины хорд проводят перпендикуляры, пересечение которых и определяет искомый центр O .

В САПР

Искомые точки являются характерными точками данных объектов (дуги и окружности). Поэтому достаточно включить привязку **Центр** и указать требуемый объект.

4.16. Деление окружности на 3, 6 и 12 частей

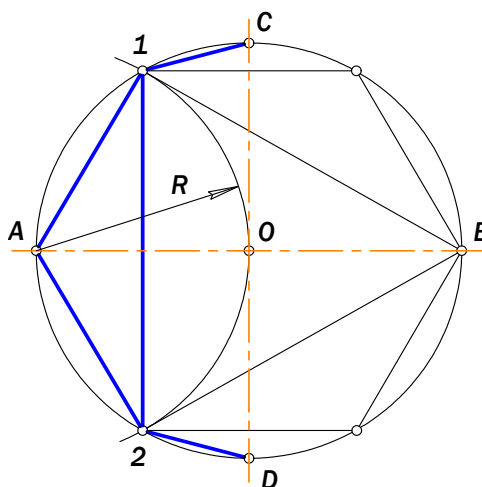


Рис. 4.16. Деление окружности на 3, 6 и 12 частей

В окружности заданного радиуса R провести через центр O взаимно перпендикулярные оси AB и CD (рис. 4.16). Из любой точки конца диаметра (например, A) провести радиусом R дугу до пересечения с окружностью в точках 1 и 2 . Отрезок $1-2$ – искомая сторона правильного вписанного треугольника $1B2$. В свою очередь, отрезки $A1=A2$ и $C1=C2$ соответственно равны сторонам правильных вписанных шестиугольников и двенадцатиугольников. Для построения недостающих точек (вершин углов) достаточно провести из точки B противоположного конца диаметра окружности дугу того же радиуса R до пересечения с окружностью или измерителем последовательно отложить соответствующие отрезки на основной окружности.

4.17. Деление окружности на 4 и 8 частей

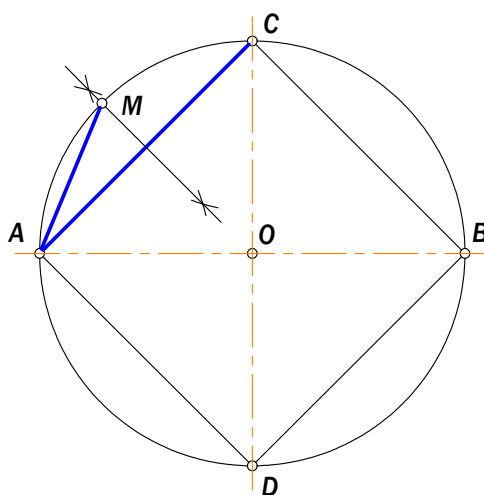


Рис. 4.17. Деление окружности на 4 и 8 частей

Провести два взаимно перпендикулярных диаметра AB и CD (рис. 4.17). Отрезки $AC=CB=BD$, соединяющие концы диаметров, являются искомыми сторонами правильного четырехугольника, вписанного в окружность.

Для деления окружности на 8 частей построить из центра O перпендикуляр к одной из сторон (например, AC) и продолжить его до пересечения с окружностью в точке M . Отрезок AM – искомая сторона правильного восьмиугольника, вписанного в окружность.

В САПР

Здесь предлагаются непосредственные команды разбиения объектов на произвольное число частей (см. п. 4.2).

4.18. Деление окружности на 5 и 10 частей

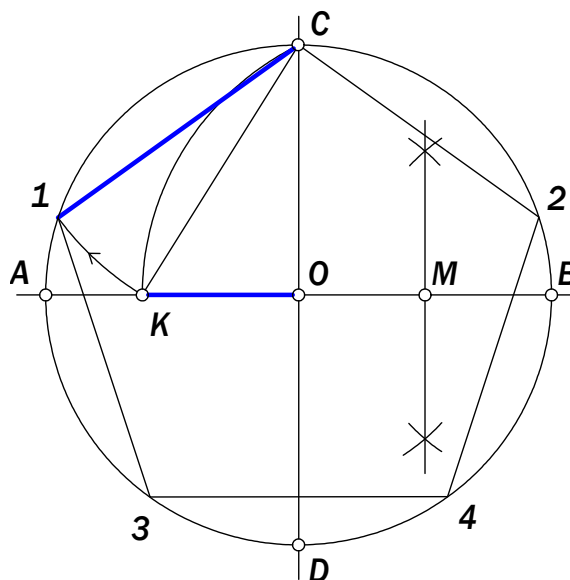


Рис. 4.18. Деление окружности на 5 и 10 частей

Проведя два взаимно перпендикулярных диаметра AB и CD (рис. 4.18), делят радиус OB пополам в точке M ; из точки M , как из центра, проводят дугу радиусом CM до пересечения ее с диаметром AB в точке K . Отрезок CK равен стороне правильного вписанного пятиугольника, отрезок OK – десятиугольника. Для деления окружности на пять частей дугой радиуса CK сделать засечки на исходной окружности в точках 1, 2 и далее; используя точки 1 и 2 как центры, тем же радиусом отметить точки 3 и 4. Точки C , 1, 3, 4, 2 – вершины правильного вписанного пятиугольника.

4.19. Деление окружности на 7 частей

Из точек A и B (рис. 4.19) концов горизонтального диаметра AB провести дугу окружности радиусом $R=AO=BO$ и отметить точки их

пересечения 1 и 2 с исходной окружностью. На пересечении хорды 1–2 с радиусом OD отметить точку M . Отрезок OM равен стороне правильного вписанного семиугольника. Для его построения последовательно отметить на исходной окружности точки 3, 4, 5, 6, 7, 8 радиусом $R=OM$.

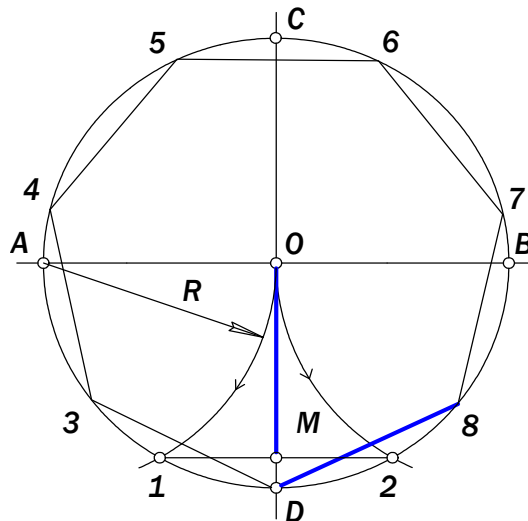


Рис. 4.19. Деление окружности на 7 частей

В САПР

Здесь, как правило, предлагается одна команда для построения вписанных в заданную окружность указанных правильных многоугольников.

4.20. Деление окружности на n равных частей

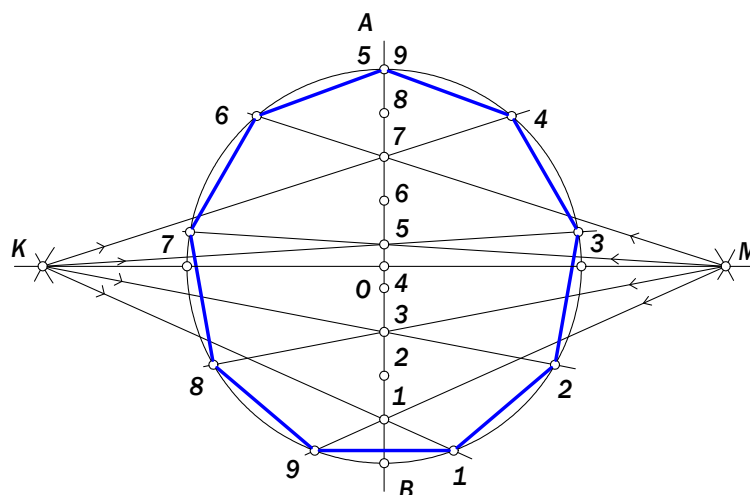


Рис. 4.20. Построение правильных прямоугольников, вписанных в окружность

Провести в окружности заданного радиуса R диаметр AB и разделить его на заданное число равных частей (на рис. 4.20 $n=9$). Из точек A и B , как из центров, провести дуги окружности радиуса $2R$ до их пересечения в точ-

ках K и M . Используя полученные точки K и M в качестве центров, провести семейство лучей через четные и нечетные точки деления диаметра AB до пересечения с заданной окружностью. Полученные на окружности точки $1, 2, \dots, 9$ – искомые точки деления окружности на заданное число частей.

Погрешность построения описанным способом – в пределах $0,01R$, что достаточно для практических целей. Деление окружности на N равных частей можно также выполнить, используя данные табл. 8.1, где приведены длины сторон правильных многоугольников, вписанных в окружность единичного диаметра. Для получения номинального размера стороны N -угольника достаточно табличное значение длины стороны при выбранном N умножить на числовое значение диаметра окружности.

Таблица 4.1

Длина сторон правильных многоугольников, вписанных в окружность диаметром $d = 1$

Число сторон N	Длина стороны a	Число сторон N	Длина стороны a	Число сторон N	Длина стороны a
3	0,8660	15	0,2079	27	0,1161
4	0,7071	16	0,1951	28	0,1120
5	0,5878	17	0,1838	30	0,1045
6	0,5000	18	0,1736	32	0,0980
7	0,4389	19	0,1646	34	0,0923
8	0,3827	20	0,1564	36	0,0872
9	0,3420	21	0,1490	38	0,0826

4.21. Построение правильных многоугольников по заданной длине одной стороны

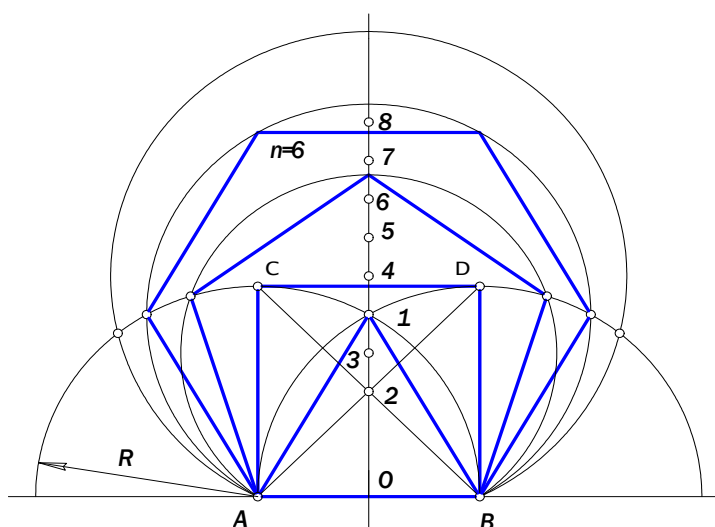


Рис. 4.21. Построение правильных многоугольников по заданной стороне

Сторону AB разделить точкой O пополам (рис. 4.21) и восстановить в этой точке перпендикуляр к AB . Из точек A и B радиусом $R=AB$ провести дуги до их пересечения в точке I . Треугольник AIB – искомый.

Для построения квадрата надо восстановить в точках A и B перпендикуляры к AB и продолжить их до пересечения в точках C и D с дугами $R=AB$. Квадрат $ACDB$ – искомый.

В квадрате $ACDB$ провести диагонали и отметить точку 2 их пересечения. Разделить расстояние между точками I и 2 пополам точкой 3 , которая будет служить центром окружности для вписанного в нее правильного пятиугольника со стороной AB .

Последовательно откладывая расстояние $I-3$ от точки I вверх по перпендикуляру, отметить точки $4, 5, 6, \dots$, которые будут служить центрами окружностей для построения, соответственно, *семи-, восьми-, девятиугольника* и т. д. с заданной стороной AB .

Радиусами проводимых при этом окружностей являются расстояния от точки A до соответствующих центров.

В САПР

Здесь, как правило, предлагается одна команда для построения требуемых правильных многоугольников.

4.22. Спряmlение окружности и ее дуги

Спряmlение окружности (*развертка*) выполняется подсчетом длины окружности по формуле $l = \pi/d$, где d – диаметр окружности, с последующим изображением длины l окружности в виде прямой линии.

Графический способ спряmlения окружности

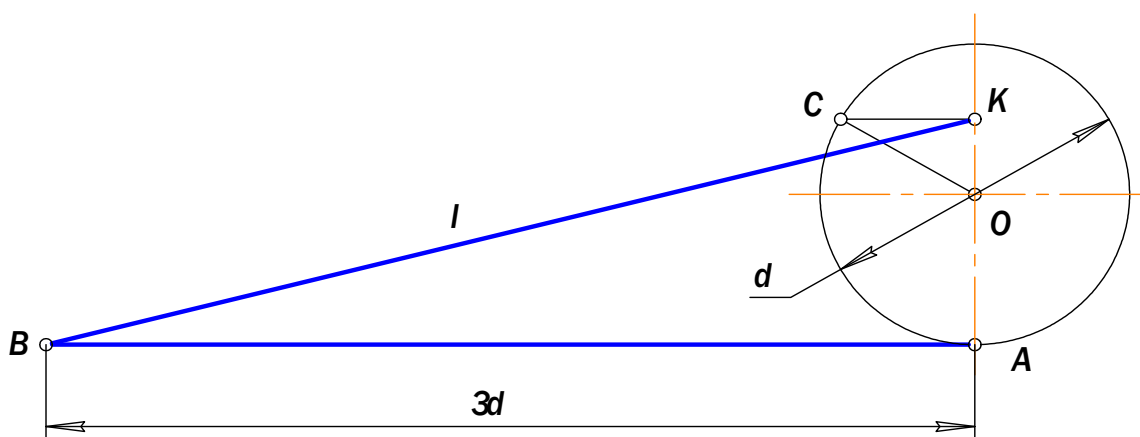


Рис. 4.22. Построение развертки окружности

На касательной к окружности от точки A отложить отрезок $AB=3d$ (рис. 4.22). Из центра O окружности провести радиус OC под углом 60 град. к прямой AB . Из точки C провести прямую $CK \parallel AB$. Длина отрезка KB с достаточной точностью воспроизводит длину окружности.

4.23. Спряmlение дуги окружности

Длину дуги окружности определяют по формуле $l = \pi R\alpha/180^\circ$, где R – радиус дуги, α – угол сектора дуги, град. Расчетную длину l отложить в виде прямой линии.

Графический способ спряmlения дуги окружности, стягивающей угловой сектор до 60 град.

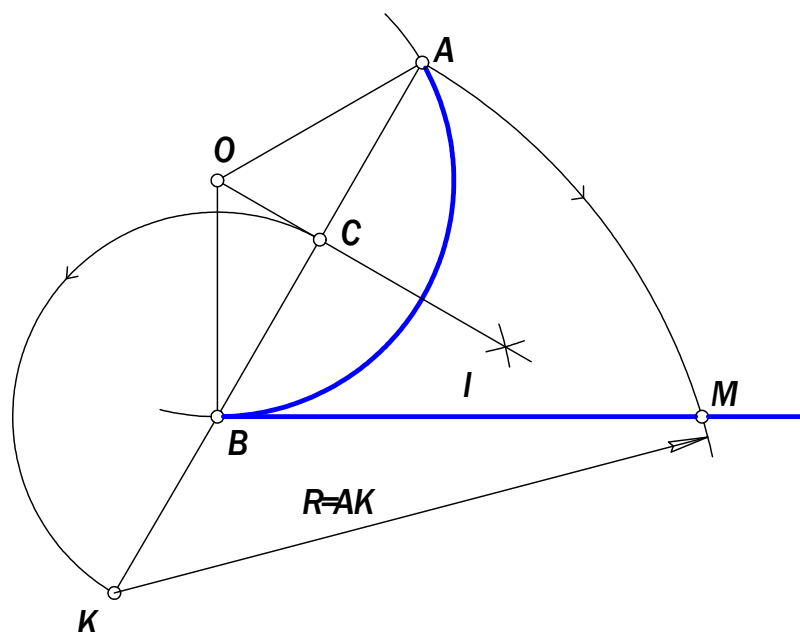


Рис. 4.23. Спряmlение дуги окружности, стягивающей угловой сектор до 60°

Провести хорду AB заданной дуги и разделить ее пополам в точке C (рис. 4.23). Отложить отрезок $AB=3AC$. В точке B провести касательную к дуге (перпендикулярно радиусу OB). Из точки K провести дугу радиусом $R=AK$ до пересечения с касательной. Длина отрезка BM равна длине заданной дуги окружности.

В САПР

В большинстве автоматизированных систем непосредственных построений, связанных со спряmlением окружностей и дуг, не предлагается. Выход из положения достигается непосредственным моделированием имеющимися средствами в системе; для расчетов можно использовать геометрический калькулятор, встроенный в систему.

4.24. Графический способ спрямления окружности или плоской кривой с помощью циркуля

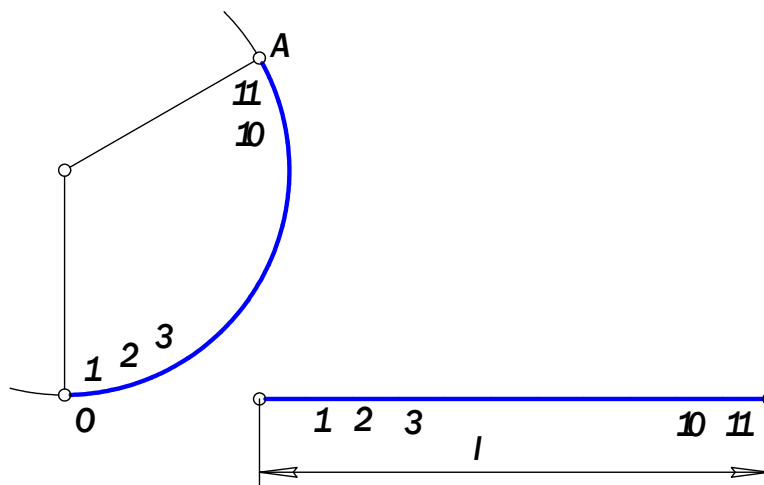


Рис. 4.24. Спрявление дуги окружности и плоской кривой

Заданную дугу (рис. 4.24) разделить на произвольное число малых дуг. Шаг деления произвольный и должен быть тем меньше, чем короче радиус дуги. На прямой линии от исходной точки **O** последовательно отложить отрезки, равные хордам малых дуг. Сумма длин хорд на прямой с достаточной точностью воспроизводит разметку заданной дуги окружности.

В САПР

См. комментарий к пункту 4.23.

Сопряжения

Сопряжением принято называть плавный переход прямой линии в дугу окружности или одной дуги в другую. Общая для этих линий точка называется точкой сопряжения.

В основе алгоритма решения задач на построение сопряжений лежат следующие правила:

Правило 1. Прямая, касательная к окружности, составляет прямой угол с радиусом, проведенным в точку касания.

Правило 2. Геометрическим местом центров окружностей, касательных к данной прямой, является прямая, параллельная заданной прямой и отстоящей от нее на величину радиуса окружности.

Правило 3. Точка касания двух окружностей (точка сопряжения) находится на линии, соединяющей их центры.

В общем случае построение сопряжения двух линий при заданном радиусе сопряжения состоит из следующих этапов:

1. Построение множества точек, находящихся на расстоянии радиуса сопряжения от первой из сопрягаемых линий.

2. Построение множества точек, находящихся на расстоянии радиуса сопряжения от второй из сопрягаемых линий.
3. Определение на пересечении множества точек центра дуги сопряжения.
4. Определение точек сопряжения на первой (или второй) из сопрягаемых линий.
5. Проведение дуги сопряжения в зоне между точками сопряжения.

4.25. Построение прямой, касательной к окружности

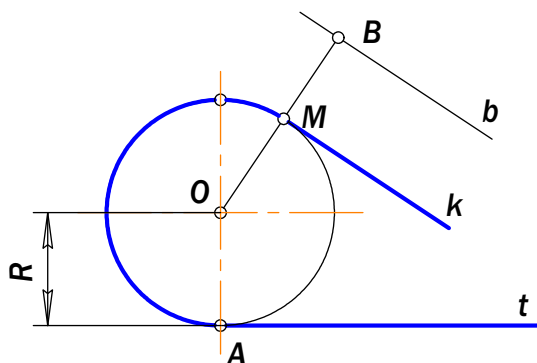


Рис. 4.25. Построение прямой, касательной к окружности

Для построения прямой t , касающейся окружности в заданной точке A (рис. 4.25), достаточно в соответствии с правилом (*Прямая, касательная к окружности, составляет прямой угол с радиусом, проведенным в точку касания*) провести искомую прямую перпендикулярно радиусу OA .

Для проведения касательной к окружности, параллельной заданной прямой b , достаточно найти точку сопряжения M на пересечении заданной окружности с перпендикуляром к прямой из центра $O: b \perp OB; k \perp OB; k \parallel b$.

В САПР

В данных системах предлагают богатый выбор средств для построения различных сопряжений.

4.26. Сопряжение пересекающихся прямых дугой окружности данного радиуса

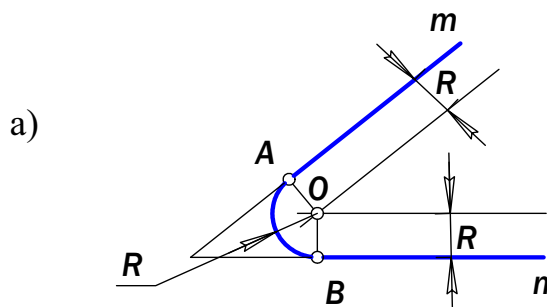


Рис. 4.26а. Сопряжение пересекающихся прямых дугой данного радиуса

В соответствии с правилом 2 для нахождения центра O сопрягающей окружности провести (рис. 4.26а) вспомогательные прямые, параллельные заданным m и n , на расстоянии, равном радиусу R . Точка O пересечения вспомогательных прямых – центр дуги сопряжения. Точки сопряжения A и B лежат в основании перпендикуляров к исходным прямым и ограничивают угловой размер дуги сопряжения.

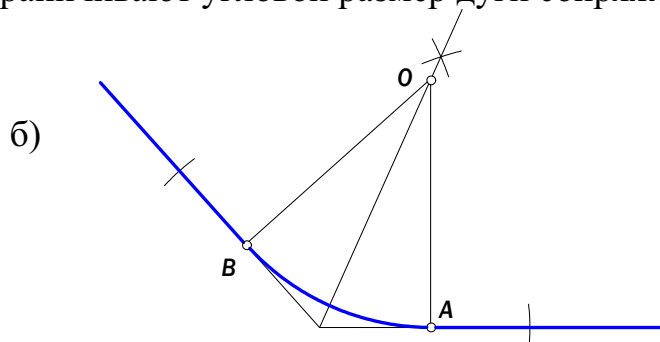


Рис. 4.26б. Сопряжение пересекающихся прямых при заданной точке сопряжения

Если положение одной из точек сопряжения задано (точка A на рис. 4.26б), а радиус сопряжения не указан, то искомый центр O находится на пересечении перпендикуляра из точки A с биссектрисой угла, образованного заданными прямыми (построение биссектрисы см. на рис. 4.11).

В САПР

В данных системах предлагают богатый выбор средств для построения различных сопряжений.

4.27. Сопряжение трех пересекающихся прямых

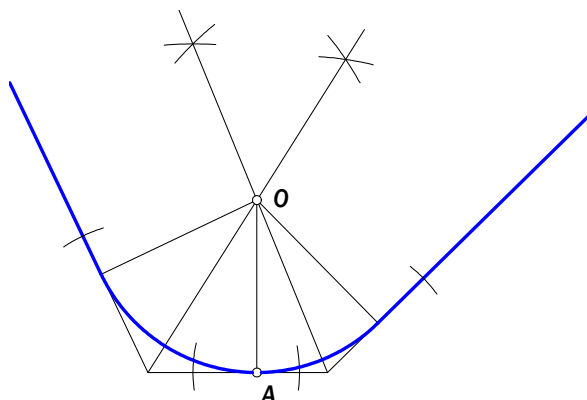


Рис. 4.27. Сопряжение трех пересекающихся прямых

Положение центра сопрягаемой окружности определяется точкой пересечения биссектрис углов (рис. 4.27). Радиус окружности (дуги сопряжения) равен длине перпендикуляра, опущенного из центра O на любую из данных прямых.

В САПР

В данных системах имеется команда изображения окружности, касающейся трех заданных объектов, в том числе и отрезков. После построения необходимой окружности ненужные ее части удаляются и получается требуемое построение.

4.28. Сопряжение дуги окружности и прямой линии дугой заданного радиуса

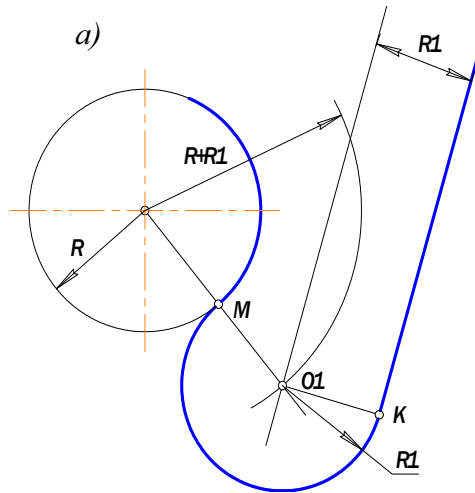


Рис. 4.28а. Сопряжение дуги окружности и прямой линии дугой заданного радиуса: а – внешнее касание

Внешнее касание (рис. 4.28а). Центр O_1 дуги сопряжения находится на пересечении вспомогательной прямой, отстоящей от заданной прямой на величину радиуса R_1 , и дуги радиуса $R+R_1$ из центра O . Точки сопряжения K и M находятся, соответственно, в основании перпендикуляра O_1K и на пересечении прямой OO_1 с основной окружностью.

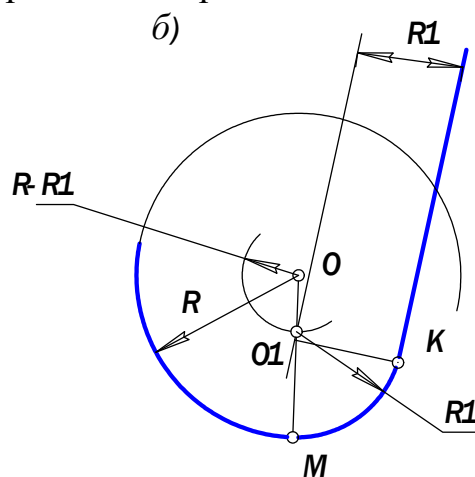


Рис. 4.28б. Сопряжение дуги окружности и прямой линии дугой заданного радиуса: б – внутреннее касание

Внутреннее касание (рис. 4.28б). Центр O_1 дуги сопряжения находится на пересечении вспомогательной прямой, отстоящей от заданной прямой на величину радиуса R_1 , и дуги радиуса $R-R_1$ из центра O . Точки сопряжения – соответственно в основании перпендикуляра O_1K и на пересечении прямой OO_1 с основной окружностью.

В САПР

См. комментарий к п. 4.27.

4.29. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса R

а)

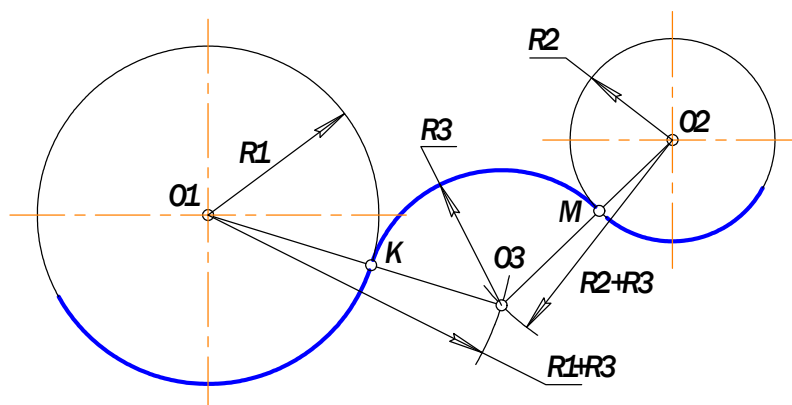


Рис. 4.29а. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса: а – внешнее касание

Внешнее касание (рис. 4.29а). Центр O_3 искомой дуги радиуса R_3 находится на пересечении вспомогательных окружностей, описанных из центров O_1 и O_2 соответствующими радиусами R_3+R_1 и R_3+R_2 .

б)

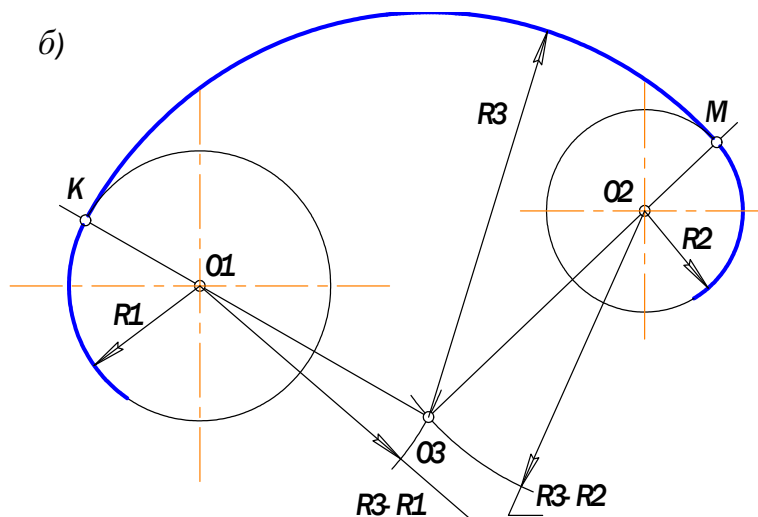


Рис. 4.29б. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса: б – внутреннее касание

Внутреннее касание (рис. 4.29б). Центр O_3 искомой дуги радиуса R_3 находится на пересечении вспомогательных окружностей, описанных из центров O_1 и O_2 соответствующими радиусами $R_3 - R_1$ и $R_3 - R_2$.

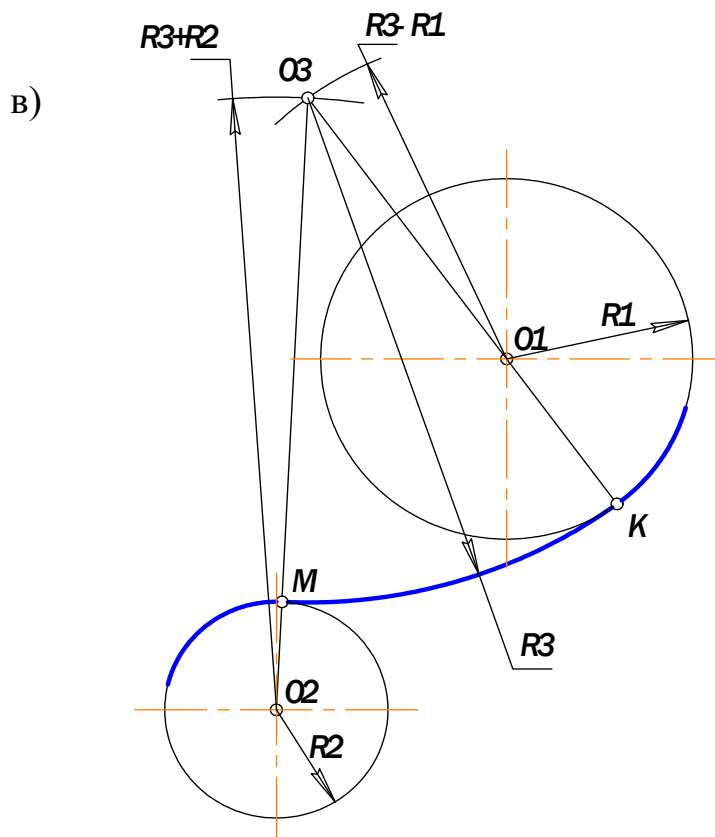


Рис. 4.29в. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса:
в – смешанное касание

Смешанное касание (рис. 4.29в). Центр O_3 искомой дуги радиуса R_3 находится на пересечении вспомогательных дуг, проведенных из центров O_1 и O_2 соответствующими радиусами $R_3 - R_1$ и $R_3 + R_2$. Для всех случаев точки сопряжения окружностей K и M лежат на лучах, соединяющих центры сопрягаемых окружностей.

В САПР

См. комментарий к п. 4.27.

4.30. Построение касательной к окружности через заданную внешнюю точку

Точки сопряжения K и K_1 расположены на окружности при ее пересечении со вспомогательной дугой (рис. 4.30), проведенной через центр исходной окружности O радиусом, равным половине расстояния OA .

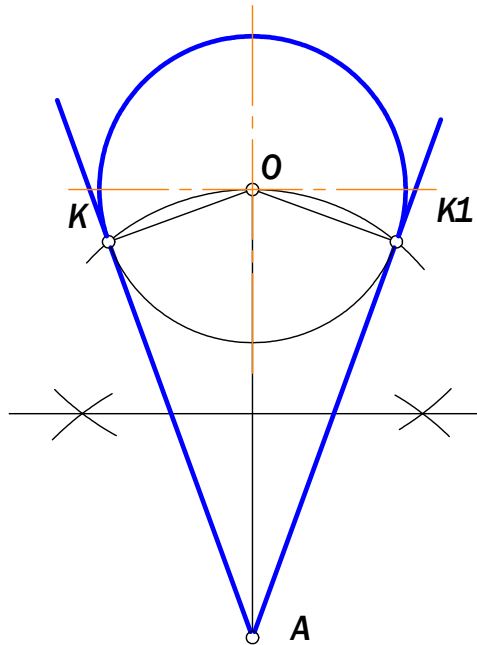


Рис. 4.30. Построение касательной к окружности через заданную точку
В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся двух объектов с последующей привязкой ее центра в заданной точке. После построения окружности лишние ее элементы удалить с помощью команды редактирования.

4.31. Построение касательной к двум окружностям; внешнее касание

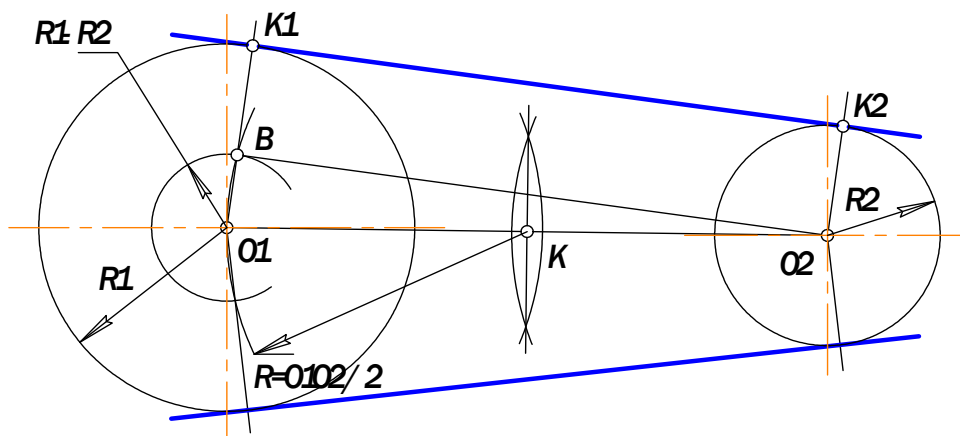


Рис. 4.31. Построение касательной к двум окружностям;
внешнее касание

Внешнее касание (рис. 4.31). Из центра O_1 большей окружности построить вспомогательную окружность радиусом $R_1 - R_2$. Разделить отрезок O_1O_2 пополам в точке K и провести вторую вспомогательную ок-

ружность с центром в точке K радиусом $R=KO_1$. Точка B пересечения вспомогательных окружностей определяет направление радиуса O_1K_1 , где K_1 – искомая точка сопряжения для окружности R_1 . Для построения точки K_2 сопряжения для окружности R_2 достаточно из центра O_2 провести радиус O_2K_2 параллельно радиусу O_1K_1 .

4.32. Построение касательной к двум окружностям; внутреннее касание

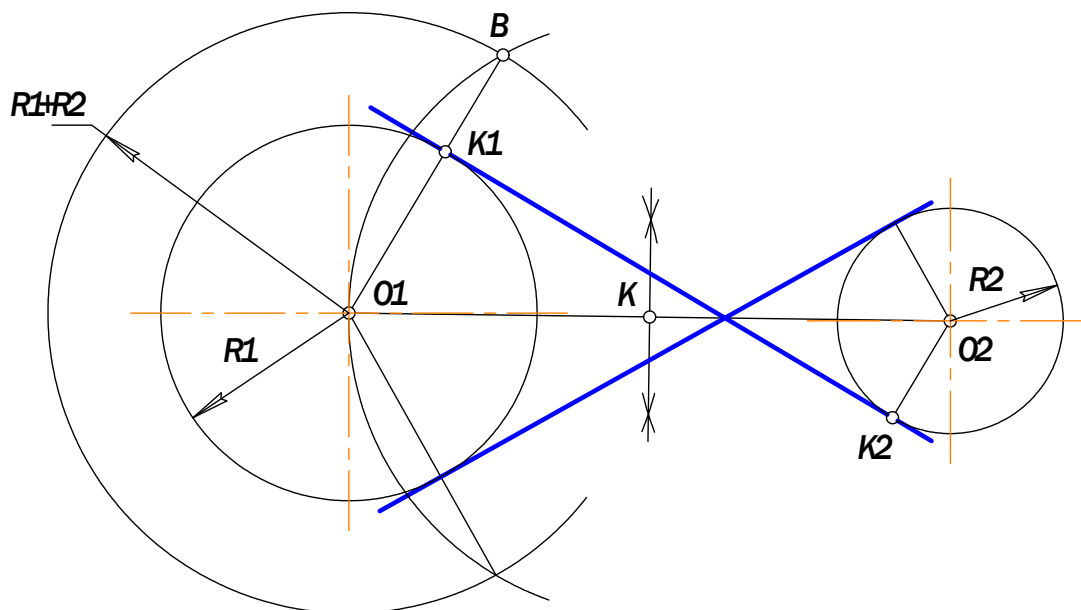


Рис. 4.32. Построение касательной к двум окружностям;
внутреннее касание

Внутреннее касание (рис. 4.32). Из центра O_1 большей окружности построить вспомогательную окружность радиусом R_1+R_2 . Далее воспроизвести построение по выше начерченному.

В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся двух объектов с последующим выбором из множества окружностей, предлагаемых системой, – требуемую. После построения нужной окружности, лишние ее элементы удалить с помощью команды редактирования.

4.33. Сопряжение окружности и прямой при условии, что дуга сопряжения проходит через заданную точку A на окружности

Центр дуги сопряжения определяется точкой пересечения луча OA , проведенного через точку сопряжения A и центр O заданной окружно-

сти, и биссектрисы угла ABK , образованного касательной AB в точке сопряжения и заданной прямой t . Радиус сопрягающей дуги равен расстоянию O_1A ; $O_1K \perp t$, где K – точка сопряжения на прямой t .

а)

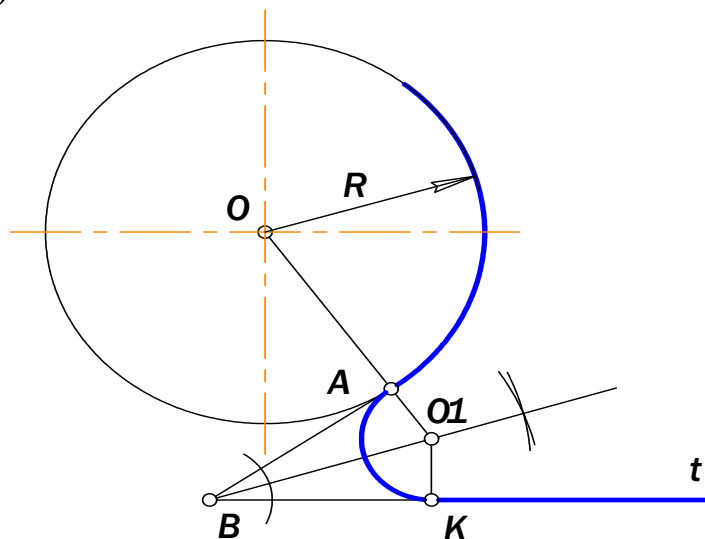


Рис. 4.33а. Сопряжение окружности и прямой: внешнее касание

б)

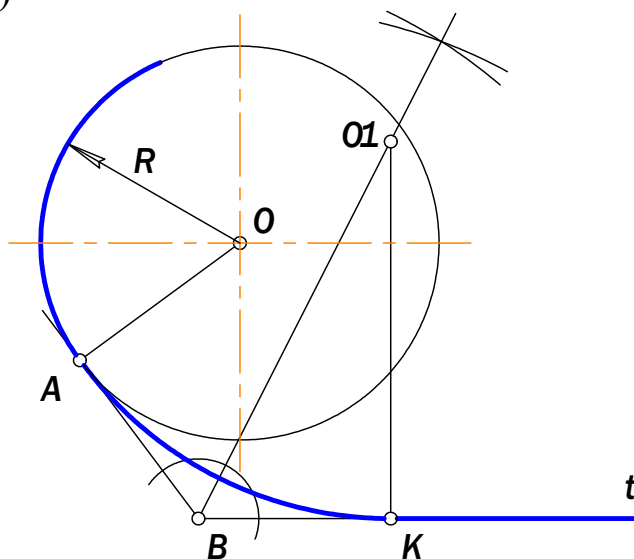


Рис. 4.33б. Сопряжение окружности и прямой: внутреннее касание

В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся двух объектов с последующей привязкой этой окружности в заданной точке A . После построения нужной окружности, лишние ее элементы удалить с помощью команды редактирования.

4.34. Построение окружности, проходящей через заданную точку A и касающейся данной окружности с центром O в заданной точке B

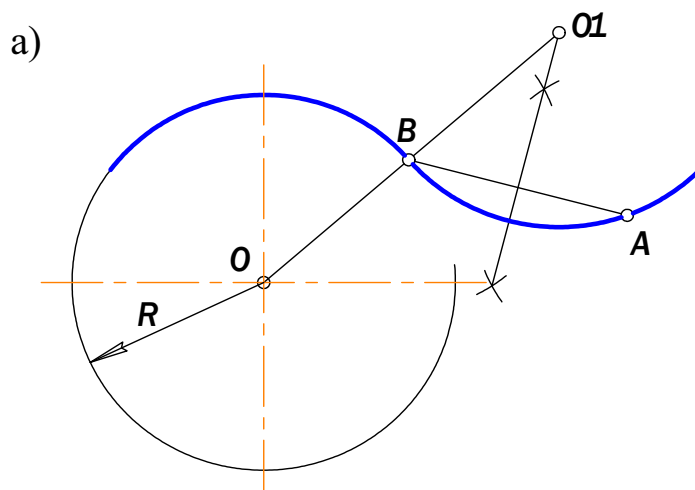


Рис. 4.34а. Сопряжение окружности в заданной точке B с окружностью, проходящей через заданную точку: внешнее касание

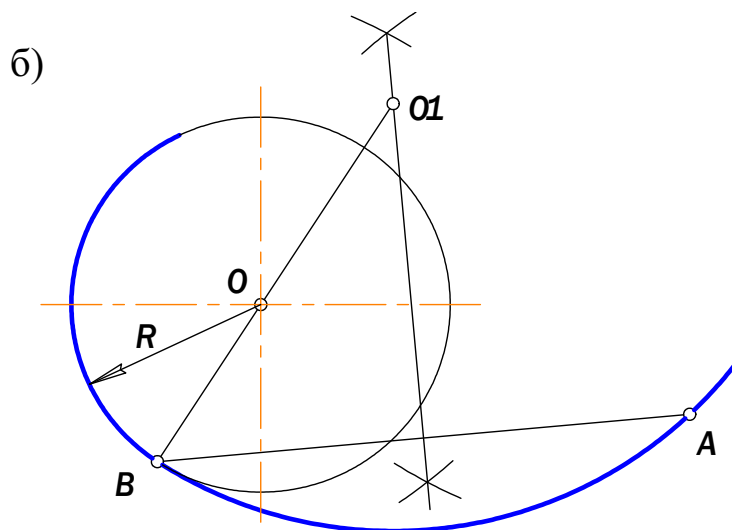


Рис. 4.34б. Сопряжение окружности в заданной точке B с окружностью, проходящей через заданную точку: внутреннее касание

Через середину прямой AB проводят перпендикуляр, в точке пересечения которого с линией OB получают центр O_1 искомой окружности; радиус ее равен O_1B или O_1A (рис. 4.34: а – внешнее касание, б – внутреннее касание).

В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся одного объекта с последующей привязкой этой окружности в заданных точках A и B .

После построения нужной окружности, лишние ее элементы удалить (если необходимо) с помощью команды редактирования.

4.35. Сопряжение окружности данного радиуса и прямой при условии, что дуга сопряжения должна проходить через точку A на прямой t

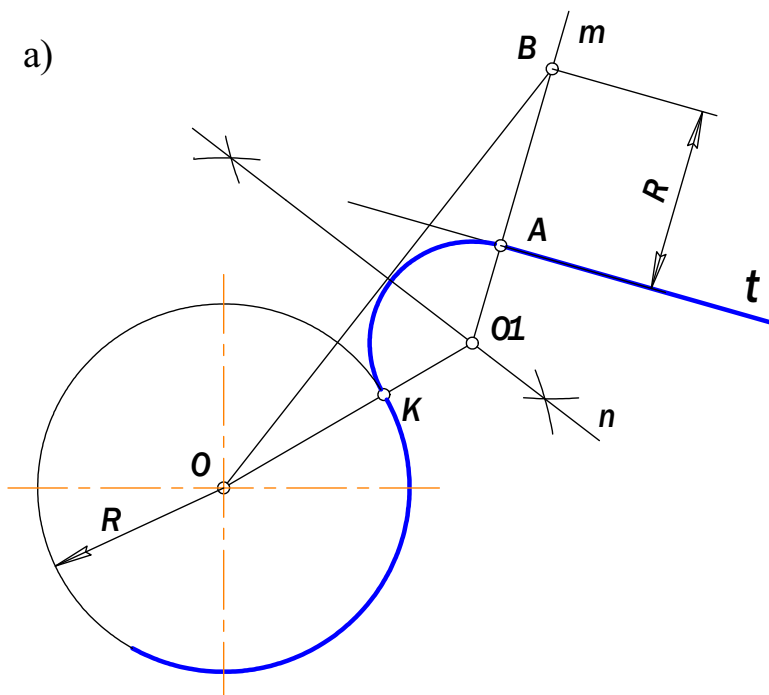


Рис. 4.35а. Сопряжение окружности и прямой дугой, проходящей через точку на прямой: внешнее касание

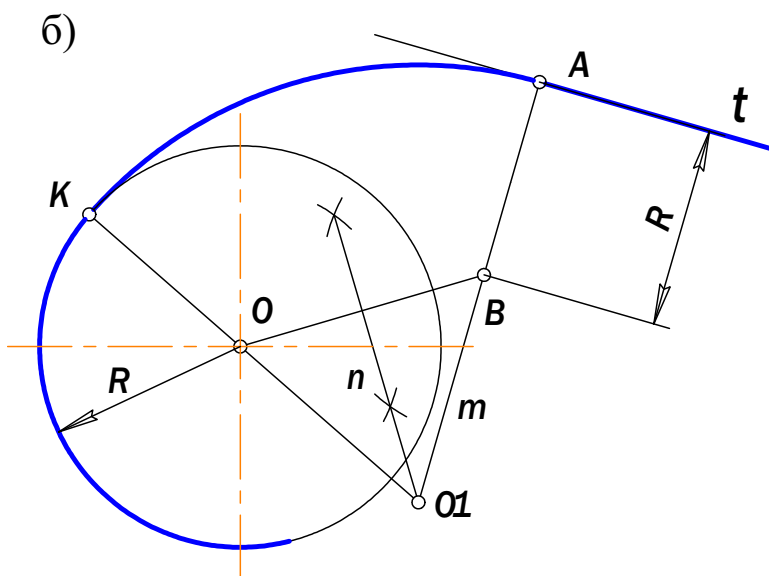


Рис. 4.35б. Сопряжение окружности и прямой дугой, проходящей через точку на прямой: внутреннее касание

Рис. 4.35: а – внешнее касание, б – внутреннее касание. В данной точке A на прямой восстановить перпендикуляр m и отложить на нем отрезок AB , равный радиусу R заданной окружности. Полученную точку B соединить с центром O окружности и из середины отрезка OB восстановить к нему перпендикуляр n . В точке пересечения перпендикуляров m и n отметить точку O_1 – центр искомой дуги сопряжения. По правилу 3 точка K – точка сопряжения; O_1K – радиус дуги сопряжения.

В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся двух объектов с последующей привязкой этой окружности в заданной точке A . После построения нужной окружности, лишние ее элементы удалить с помощью команды редактирования.

4.36. Сопряжение двух неконцентрических дуг окружностей третьей дугой заданного радиуса

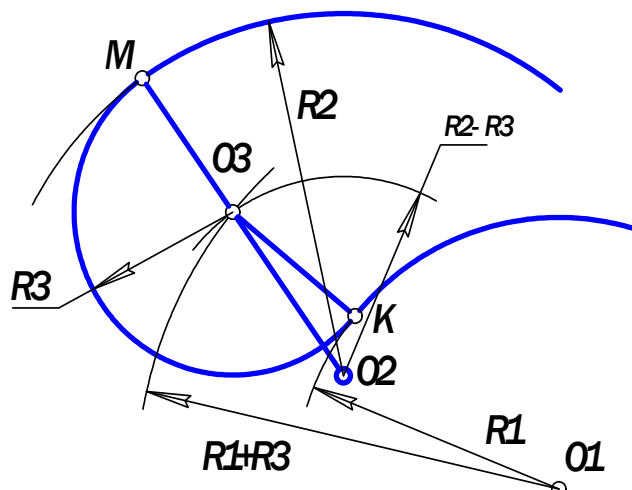


Рис. 4.36. Сопряжение двух неконцентрических окружностей дугой заданного радиуса

Центр O_3 дуги R_3 находится на пересечении двух вспомогательных дуг, построенных соответственно из центров O_1 и O_2 радиусами R_1+R_3 и R_2-R_3 . Точки сопряжения K и M определяются по правилу: точка касания двух окружностей (точка сопряжения) находится на линии, соединяющей их центры (рис. 4.36).

В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся двух объектов с последующим заданием нужного диаметра. После построения нужной окружности, лишние ее элементы удалить с помощью команды редактирования.

4.37. Сопряжение двух параллельных прямых двумя дугами при заданных точках сопряжения

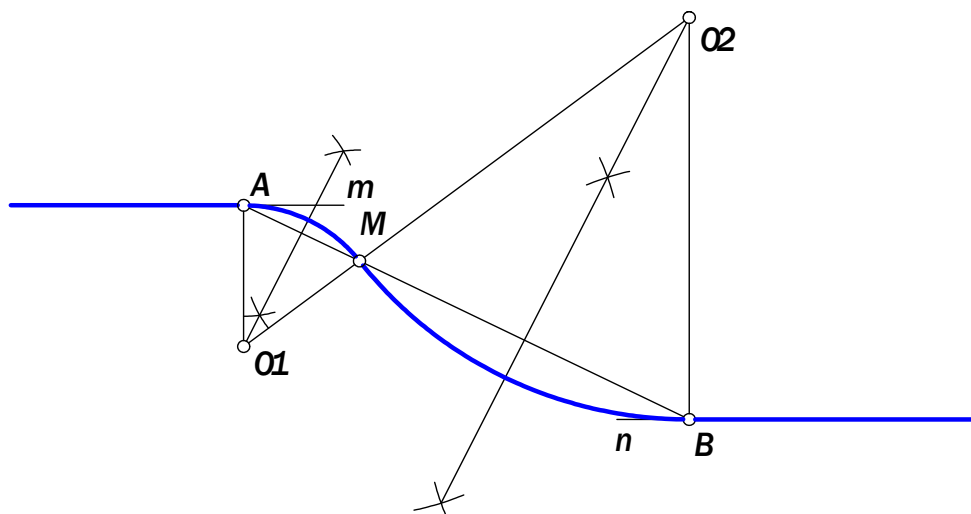


Рис. 4.37. Сопряжение двух параллельных прямых двумя дугами в заданных точках сопряжения на прямых

Для построения центров сопряжения O_1 и O_2 соединить заданные точки сопряжения A и B отрезком AB . Отметив на AB произвольную точку M , восстановить срединные перпендикуляры к отрезкам AM и MB . Искомые центры O_1 и O_2 находятся в точках пересечения срединных перпендикуляров с соответствующими перпендикулярами из точек A и B сопряжения. Радиусы сопрягаемых дуг: $R_1 = O_1A$; $R_2 = O_2B$. Если $AM = MB$, то $R_1 = R_2$ (рис. 4.37).

В САПР

Необходимо выбрать окружность, касающуюся одного объекта (либо в точке A , либо в точке B) и определенным радиусом. После этого выбрать окружность, касающуюся другой заданной прямой и только что построенной окружности. После построения нужных окружностей, лишние их элементы удалить с помощью команды редактирования.

4.38. Построение эллипса по двум его осям

а) Первый способ (рис. 4.38а).

б) Второй способ (рис. 4.38б).

На заданных осях эллипса – большой AB и малой CD – построить, как на диаметрах, две концентрические окружности. Одну из них разделить на $8...12$ равных или неравных частей и через точки деления и центр O провести радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки $1, 2, \dots$ деления большой окружности провести прямые, параллель-

ные малой оси CD , а через точки $1', 2', \dots$ деления малой окружности – прямые, параллельные большой оси AB . Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединить от руки плавной кривой, которую затем обвести по лекалу.

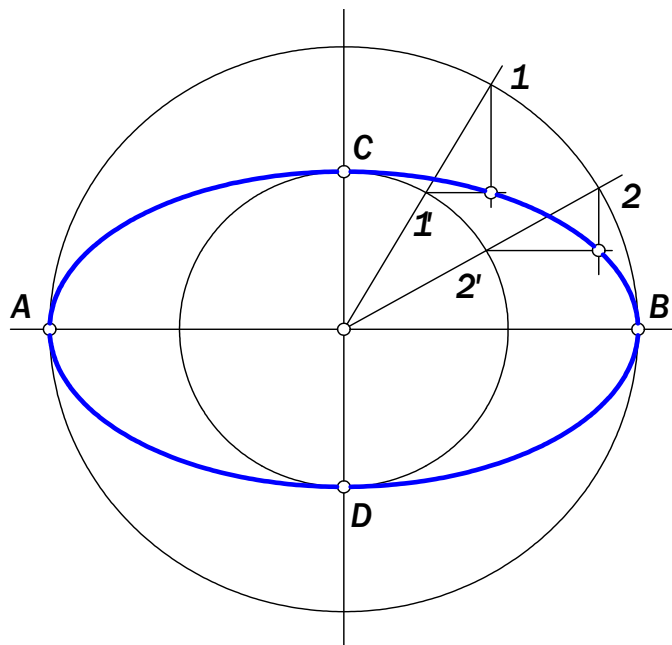


Рис. 4.38а. Построение эллипса по сопряженным диаметрам

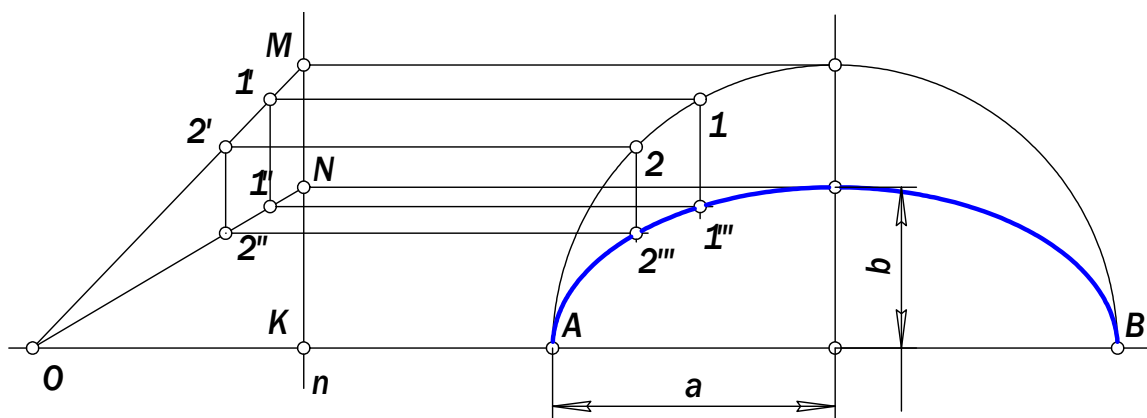


Рис. 4.38б. Построение эллипса по заданным диаметрам

На большой оси эллипса, как на диаметре AB , построить вспомогательную окружность. В произвольной точке K на продолжении большой оси восстановить перпендикуляр n и отложить на нем отрезки, равные заданным полуосям эллипса: $KM=a$; $KN=b$. Выбрать на продолжении большой оси эллипса произвольную точку O и соединить ее прямыми с точками M и N . Далее для каждой из произвольно выбранных точек $1, 2, \dots$

на вспомогательной окружности построить две линии: прямую, параллельную малой оси эллипса, и ломаную $I'I''I'''$, опирающуюся в точках I' и I'' , соответственно, на прямые OM и ON . При этом прямая $I'I''I'''$ параллельна большой оси эллипса. На пересечении построенных прямых отметить точки $1''', 2''', \dots$ искомого эллипса. Недостающие точки других четвертей эллипса строятся симметрично относительно осей.

В САПР

Здесь имеются разнообразные методы построения эллипсов.

4.39. Построение эллипса по заданным сопряженным диаметрам

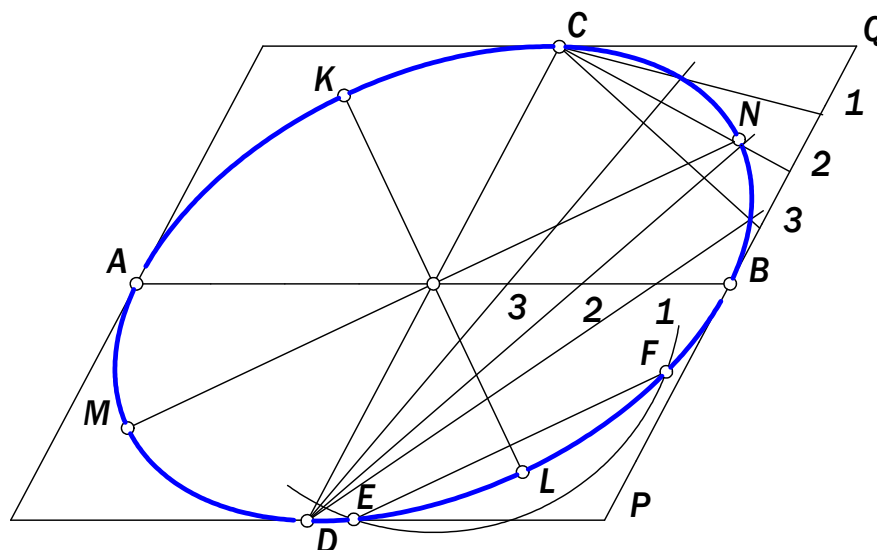


Рис. 4.39. Вариант построения эллипса по сопряженным диаметрам

На данных сопряженных диаметрах AB и CD (рис. 4.39) построить параллелограмм, стороны которого параллельны диаметрам AB и CD . Сопряженный диаметр AB и сторону PQ параллелограмма разделить на произвольное, но одинаковое число равных частей. Из точек C и D провести последовательно связки лучей через соответствующие точки деления. Пересечение пар лучей, проведенных через одноименные точки деления, определяет точки эллипса (например, луч $C2$, пересекаясь с лучом $D2$, образует точку K эллипса). Построение нижней части эллипса аналогично. Отметим, что заданные диаметры AB и CD не являются осями эллипса. Для построения осей MN и KL необходимо пересечь линию эллипса окружностью произвольного радиуса с центром в точке O и точки пересечения E и F соединить хордой EF . Срединный перпендикуляр к EF определяет положение малой оси KL эллипса; $MN \perp KL$.

4.40. Построение эллипса по хордам

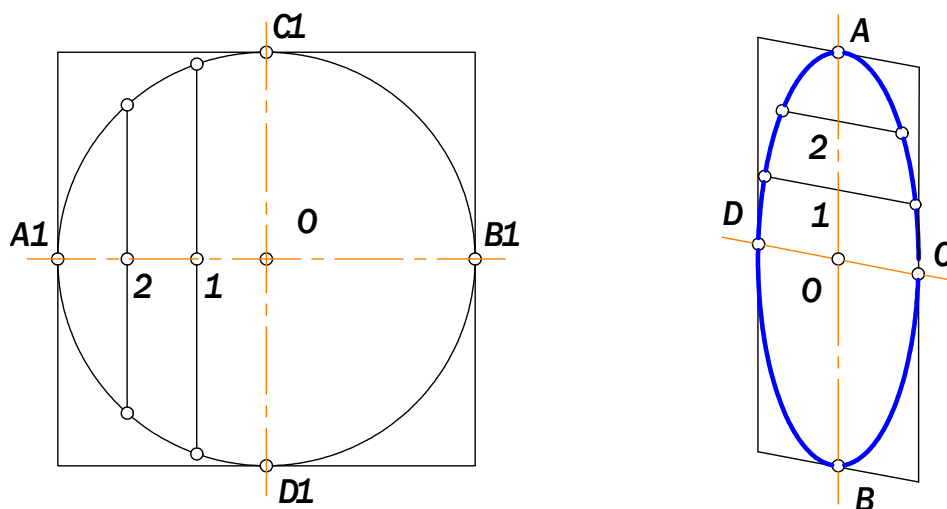


Рис. 4.40. Построение эллипса по хордам

Диаметр исходной окружности A_1B_1 разделить на несколько равных частей ($n = 6$) и через точки деления провести хорды, параллельные другому диаметру C_1D_1 . Затем с учетом заданного коэффициента искажения, например $AB:CD=0,5$ (для фронтальной изометрической проекции), построить последовательно параллелограмм в осях $AB=A_1B_1$ и $CD=0,5C_1D_1$, разделить диаметр AB в принятом соотношении ($n = 6$) и через точки деления $1, 2, \dots$ провести хорды, параллельные CD . С учетом заданного коэффициента искажения отложить длину хорд. Концы хорд и диаметров соединить плавной кривой линией (рис. 4.40).

В САПР

Здесь имеются разнообразные методы построения эллипсов, позволяющие решить эти задачи.

4.41. Построение касательной и нормали к эллипсу

Если точка A сопряжения принадлежит эллипсу, то для построения касательной τ или нормали n в точке A надо соединить точку A с фокусами эллипса и построить биссектрису угла F_1AF_2 , которая и будет служить нормалью n . Перпендикулярная ей прямая в точке A (биссектриса внешнего угла) – касательная τ (рис. 4.41).

Если точка B сопряжения расположена вне эллипса, необходимо найти положение вспомогательной точки C как точки пересечения двух дуг, одна из которых проведена из точки B радиусом BF_1 , вторая – из точки фокуса F_2 радиусом $R=2a$. На пересечении луча F_2C с кривой эллипса отметить точку K как точку касания прямой BK к эллипсу. Нормаль в точке K перпендикулярна касательной BK .

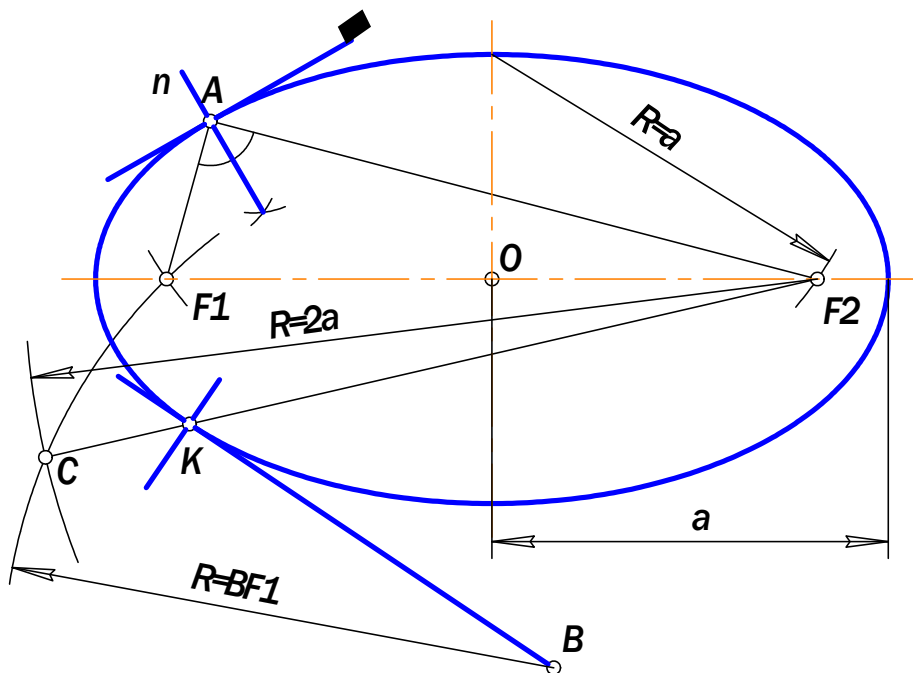


Рис. 4.41. Построение касательной и нормали к эллипсу

Для определения положения фокусов эллипса F_1 и F_2 необходимо, приняв за центр один из концов малой оси эллипса, засечь другую (большую) ось дугой радиуса R , равного половине большой оси ($R=a$).

В САПР

Здесь есть команды, осуществляющие построение касательных к любой кривой. После построения касательной, провести отрезок перпендикулярный построенной на предыдущем шаге касательной и проходящий через точку касания.

4.42. Построение овала по двум его осям

Выполнить данное построение можно двумя способами.

Первый способ – для нахождения центров O_1O_2 (рис. 4.42а) необходимо: 1) отложить на малой оси отрезок $OE=OA$ (длину большой полуоси); 2) провести прямую AC и отложить на ней от точки C отрезок $CK=CE$; 3) восстановить срединный перпендикуляр n к отрезку AK ; 4) на пересечении с заданными осями овала отметить положение центров O_1 и O_2 относительно точки O пересечения осей овала. Два других центра O_3 и O_4 симметричны O_1 и O_2 относительно точки O пересечения осей овала; 5) из центров O_1 и O_3 провести дуги окружностей радиусом R_2 ; 6) на продолжении лучей O_1O_2 , O_2O_3 , O_4O_1 и O_4O_3 , соединяющих найденные центры, отметить точки сопряжения $1, 2, 3, 4$ и соединить их дугами окружностей: $R_1=O_22$; $R_2=O_32$.

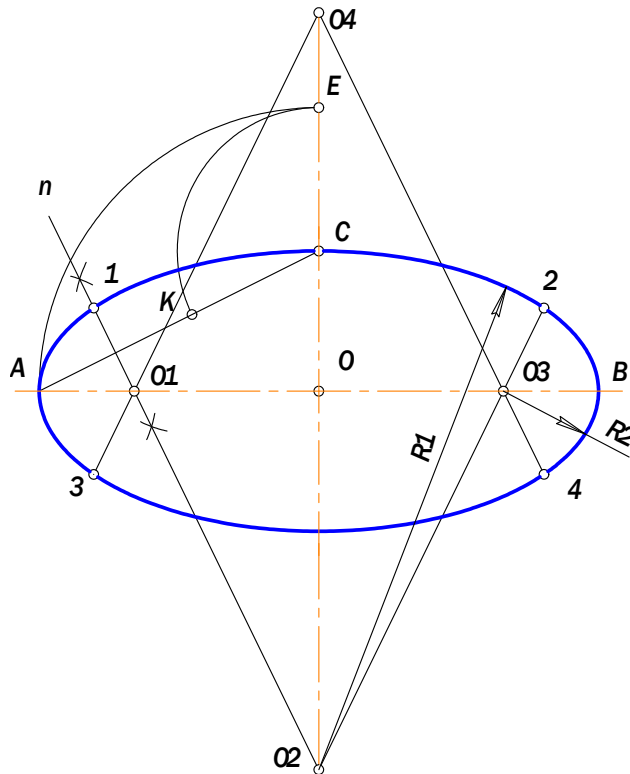


Рис. 4.42а. Построение овала по двум осям

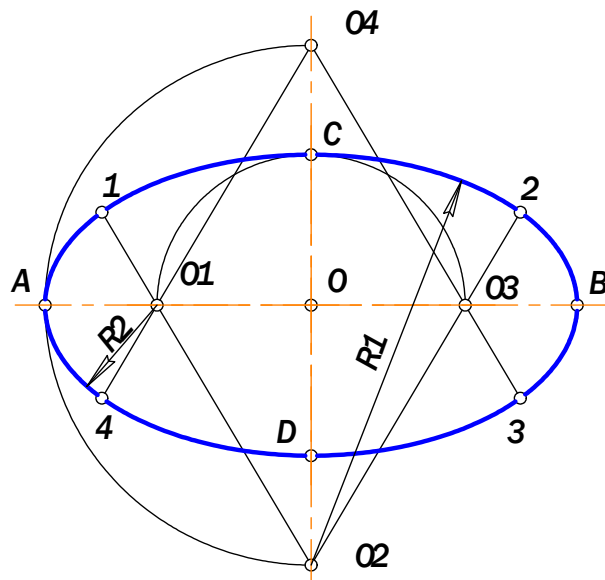


Рис. 4.42б. Построение овала при отношении осей $\sqrt{3}$

Второй способ – при заданном соотношении осей $AB = \sqrt{3} CD$ (рис. 4.42б): 1) из центра O пересечения осей овала радиусом OA провести дугу до пересечения с продолжением малой оси CD и отметить точки O_2, O_4 ; 2) аналогично радиусом OC описать дугу до пересечения с большой осью AB в точках O_1 и O_3 ; 3) провести лучи через полученные

центры O_1, \dots, O_4 ; 4) провести дуги сопряжения радиусами $R_1=O_2C$, $R_2=O_1A$ до пересечения с лучами в точках 1, 2, 3 и 4.

4.43. Построение овала делением большой оси на четыре равные части

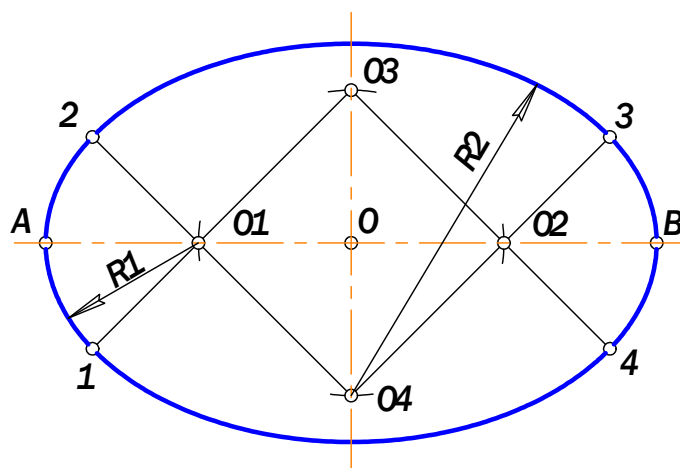


Рис. 4.43. Построение овала делением большой оси на четыре части

Рис. 4.43: 1) через центр O большой оси AB перпендикулярно AB провести малую ось; 2) из того же центра O радиусом $OO_1 = OA/2$ описать окружность и на ее пересечении с малой осью отметить центры O_3 и O_4 ; 3) из центров O_1 и O_2 описать дуги окружностей радиусом $R_1 = O_1B$; 4) на продолжениях лучей, соединяющих центры малых и больших дуг, отметить точки сопряжения 1, 2, 3 и 4 при их пересечении с дугами R_1 ; 5) из центров O_3 и O_4 провести дуги окружностей радиусом $R_2 = O_31$, замыкающие овал.

В САПР

Овал – плоская, замкнутая, выпуклая, плавная кривая, состоящая из взаимно сопрягающихся дуг окружностей различных радиусов. Построение овала выполняется дугами окружностей из соответствующих центров O_1, O_2, O_3 и O_4 . Ниже приведены два способа построения овалов, которыми с практической точки зрения можно заменить построение эллипса.

4.44. Построение овала делением большой оси на три равные части

1) Разделить большую ось AB овала на три равные части, отметив центры O_1 и O_2 ; 2) описать из центров O_1 и O_2 окружности радиусом $R_1 = AB/3$ и отметить точки O_3 и O_4 их взаимного пересечения как центры сопрягаемых дуг овала; 3) на лучах, соединяющих центры сопрягаемых дуг, при их пересечении с окружностями радиуса R_1 от-

метить точки сопряжения 1, 2, 3, 4; описать дуги окружностей из центров O_3 и O_4 , замыкающие овал (рис. 4.44).

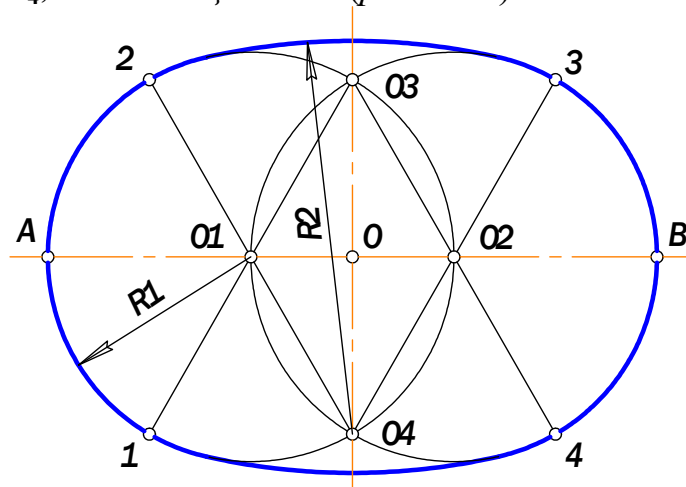


Рис. 4.44. Построение овала делением большой оси на три части

В САПР

См. комментарий к п. 4.43.

4.45. Построение спирали Архимеда

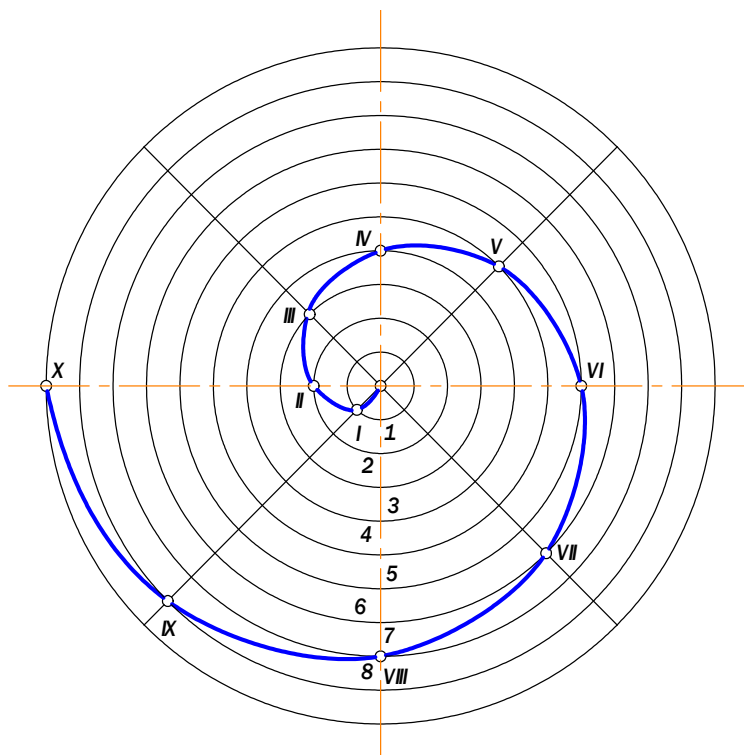


Рис. 4.45. Построение спирали Архимеда

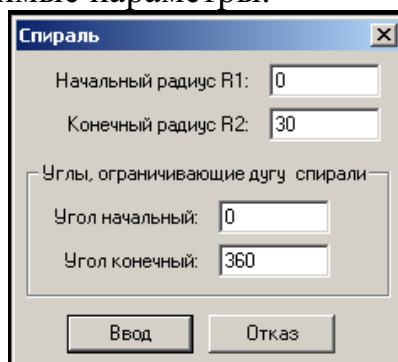
Для построения спирали Архимеда исходную окружность и ее радиус разделить на одинаковое число равных частей ($n = 8$; 1, 2, ..., 8 – точки

деления радиуса; $1', 2', \dots, 8'$ – точки деления окружности). Через точки деления на окружности провести из центра O лучи, последовательно откладывая на каждом из них соответствующее число делений радиуса: на первом $O1'$ – расстояние $O1$, на втором $O2'$ – расстояние $O2$ и т. д.

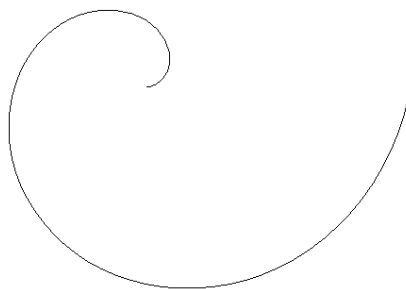
Полученный ряд точек $1, 2, \dots, 8$ соединить плавной кривой и обвести ее по лекалу.

В САПР

Здесь обычно вызывается диалог, приведенный ниже, в котором нужно указать необходимые параметры.



Для указанных параметров получим следующее изображение:



4.46. Построение спирали Архимеда на участке между заданными точками

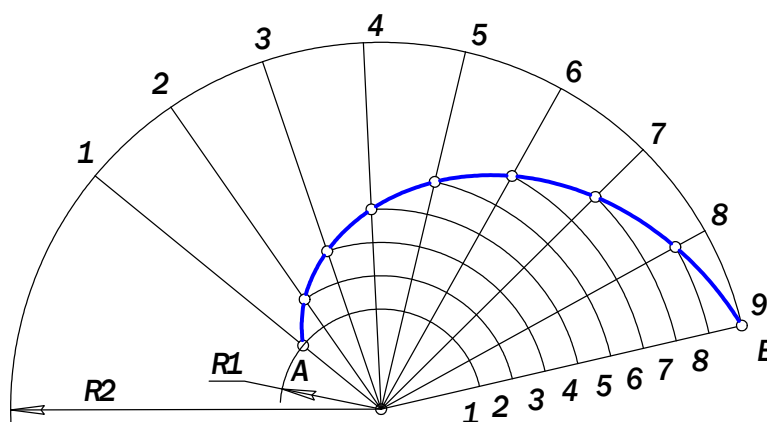


Рис. 4.46. Построение спирали Архимеда на участке между заданными точками

Точки **A** и **B** должны быть заданы радиусами R_1 и R_2 . Для построения соединить точки **A** и **B** с центром **O** отрезками **OA** и **OB**, на большем радиусе **OB** отложить отрезок $B1 = R_2 - R_1$ и разделить его на произвольное число равных частей ($n = 8$). На столько же равных частей разделить угол **AOB**. На пересечении лучей, делящих угол, и дуг, проведенных через точки 1, 2, ..., 8 деления отрезка **1B**, отметить точки спирали Архимеда (рис. 4.46).

В САПР

См. комментарий к п. 4.46.

4.47. Построение эвольвенты (развертки) окружности по заданному диаметру

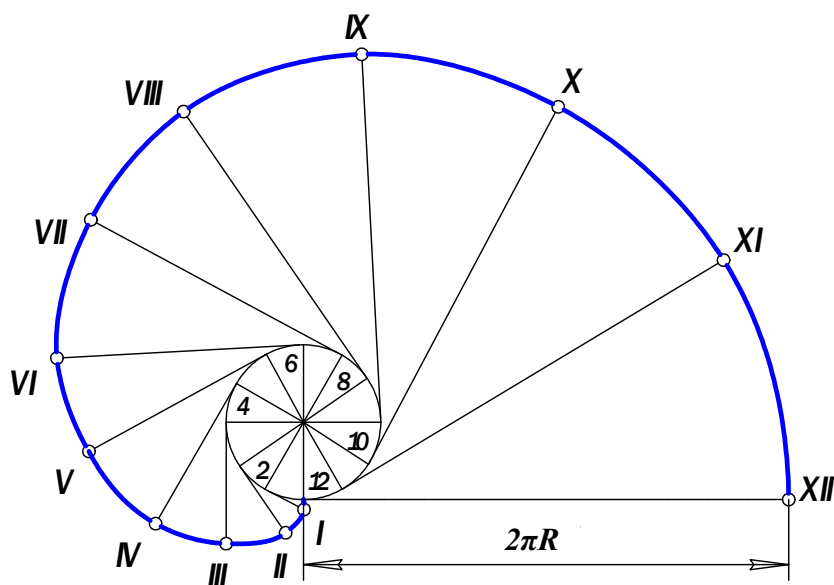
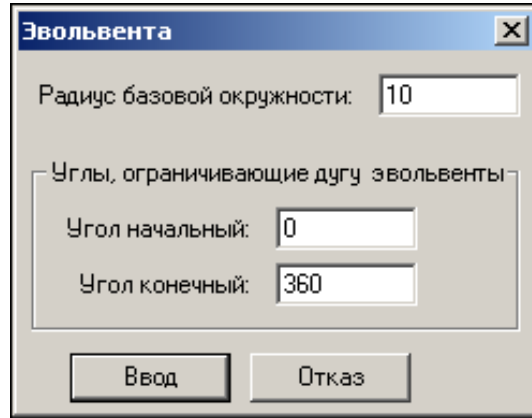


Рис. 4.47. Построение эвольвенты

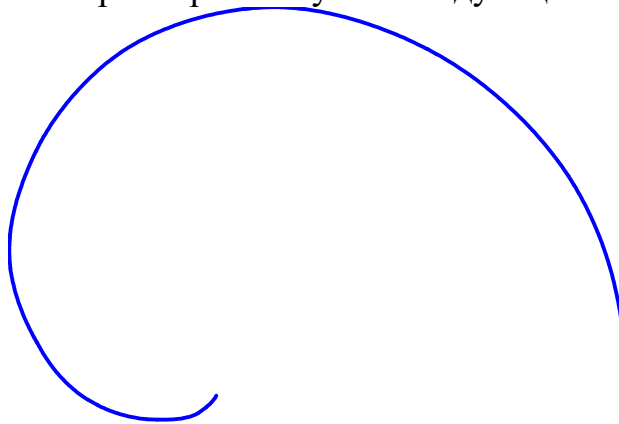
Исходную окружность с центром **O** разделить на произвольное число равных частей ($n = 12$). В точках деления 1, 2, ..., 12 провести касательные к окружности, направленные в одну сторону. Касательную, проведенную из последней точки деления, ограничить отрезком, равным длине окружности ($2\pi R$), и разделить этот отрезок на то же число равных частей. Последовательно отмечая на всех касательных точки, соответствующие определенному числу делений длины окружностей: на первой – одному делению, на второй – двум, и т. д., – соединить их плавной кривой линией (рис. 4.47).

В САПР

Здесь обычно вызывается диалог, приведенный ниже, в котором нужно указать необходимые параметры.



Для указанных параметров получим следующее изображение:



4.48. Построение циклоиды

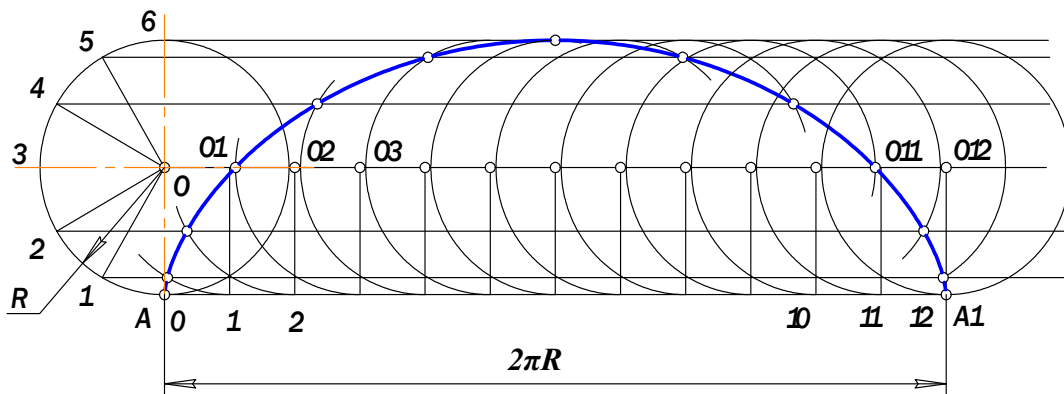


Рис. 4.48. Построение циклоиды

Циклоидой называют траекторию движения точки на окружности, перекатываемой без проскальзывания по прямой линии. Для построения циклоиды необходимо от начальной точки A окружности провести направляющую прямую, ограничив ее длину отрезком AA_1 , равным длине заданной окружности ($2\pi R$). Разделить отрезок AA_1 и окружность на одинаковое число равных частей ($n = 12$). Через точки деления окружности $1, 2, \dots$ провести ряд прямых параллельно на-

правляющей прямой AA_1 , а через точки деления прямой – перпендикуляры, которые при пересечении с осевой линией, продолженной из центра начальной окружности, обозначают ряд последовательно расположенных центров O_1, O_2, \dots перекатываемой окружности. Описывая из этих центров дуги радиусом R , последовательно отметить точки их пересечения с соответствующими прямыми, параллельными AA_1 , как точки, принадлежащие циклоиде (рис. 4.48).

4.49. Построение эпициклоиды и гипоциклоиды

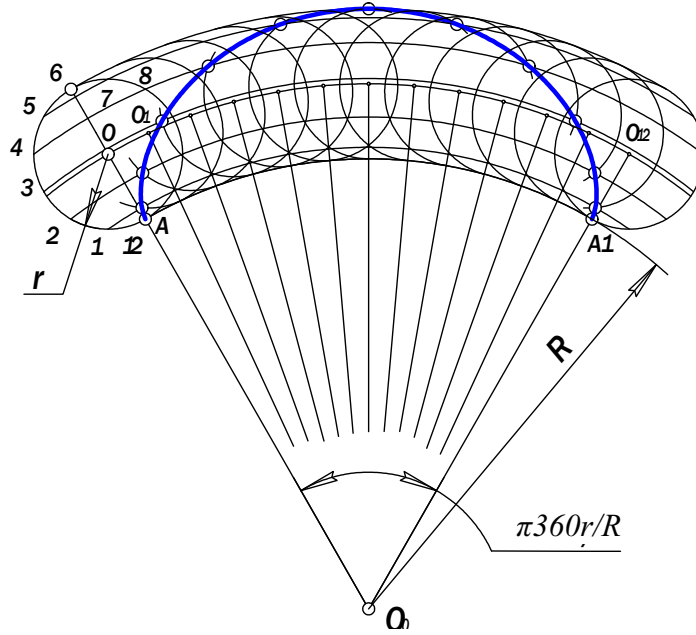


Рис. 4.49а. Построение эпициклоиды

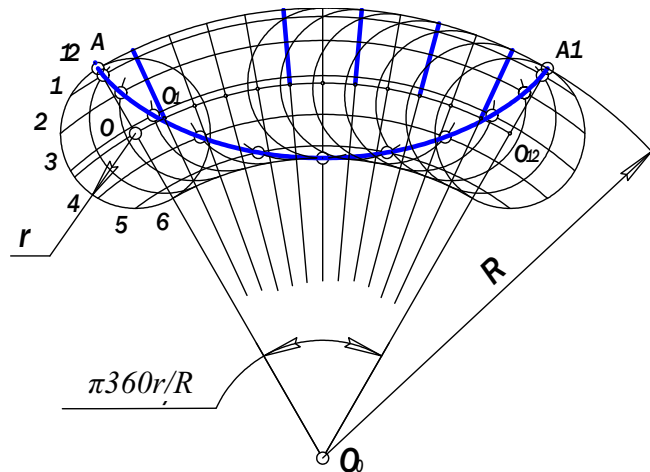


Рис. 4.49б. Построение гипоциклоиды

Эти плоские кривые можно рассматривать как частные случаи циклоиды, где направляющей для перекатывания окружности служит дуга

заданного радиуса. При перекачивании исходной окружности радиуса r по внешней стороне направляющей дуги радиуса R точка A описывает эпициклоиду (рис. 4.49а), по внутренней стороне – гипоциклоиду (рис. 4.49б). Длина дуги направляющей окружности определяется центральным углом $\alpha = 360r/R$. Построение точек эпициклоиды и гипоциклоиды аналогично построению циклоиды (см. рис. 4.48) при условии замены прямых, параллельных направляющей AA_1 , дугами концентрических окружностей, а перпендикуляров к линии AA_1 – радиусами.

Эпициклоида, построенная при $R = r$, называется *кардиоидой*; гипоциклоида, полученная при $R = 4r$, называется *астроидой*. При $R = 2r$ гипоциклоида трансформируется в прямую, являющуюся диаметром направляющей окружности.

В САПР

Здесь, как правило, такой функции нет. При необходимости требуемое построение можно осуществить имеющимися средствами. Для плавного обвода контура можно воспользоваться построением кривой Безье по соответствующим построенным точкам.

4.50. Построение параболы

Способ *I* – по заданным директрисе и положению фокуса F (рис. 4.50а). Вершина параболы находится в точке A на расстоянии $OA = OF/2$. Другие точки кривой определяются пересечением прямых, проведенных из произвольных точек $1, 2, \dots$ параллельно директрисе, с дугами окружностей, центр которых расположен в фокусе F , а радиус равен расстоянию соответствующих точек до директрисы.

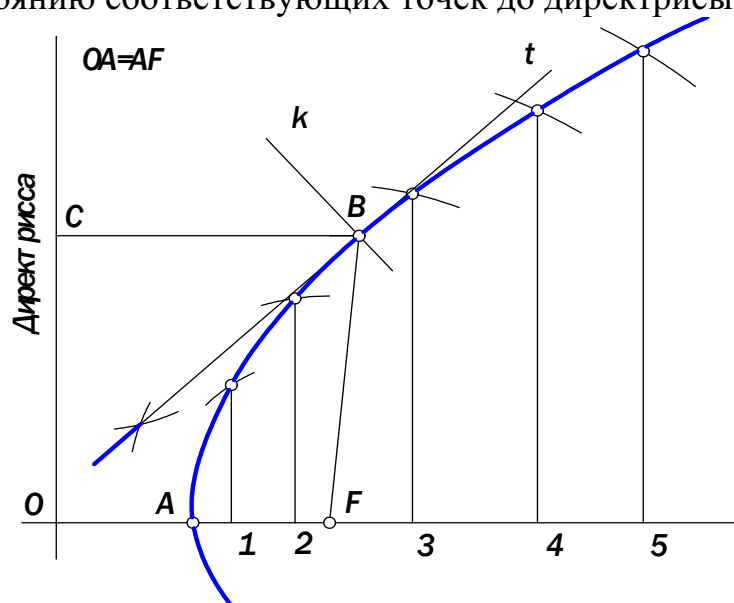


Рис. 4.50а. Построение параболы по директрисе и положению фокуса

Построение касательной и нормали к параболе в заданной точке

Из заданной точки **B** на ветви параболы опустить перпендикуляр **BC** к директрисе и построить угол **CBF**. Касательная **t** является биссектрисой угла **CBF**, нормаль **k** перпендикулярна **t** (см. рис. 4.50а).

Построение касательной и нормали к параболе в заданной точке

Из заданной точки **B** на ветви параболы опустить перпендикуляр **BC** к директрисе и построить угол **CBF**. Касательная **t** является биссектрисой угла **CBF**, нормаль **k** перпендикулярна **t** (см. рис. 4.50а).

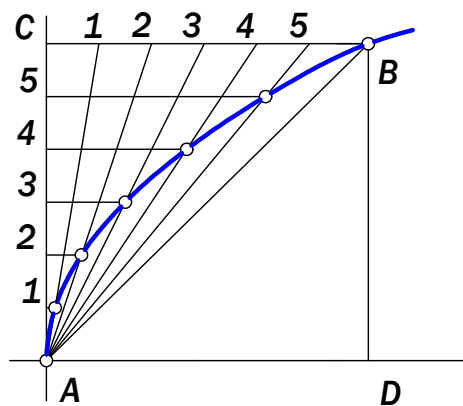


Рис. 4.50б. Построение параболы по ее вершине, оси и точке

Способ 2 – по заданным вершине, оси и одной из точек параболы (рис. 4.50б). Из точек **A** и **B** провести взаимно перпендикулярные прямые до пересечения в точке **C**. Отрезки **AC** и **BC** разделить на одинаковое число равных частей. Из вершины **A** провести лучи в точки деления на отрезке **BC**, а из точек деления на отрезке **AC** – прямые, параллельные оси параболы. В пересечении соответствующих прямых отметить точки одной ветви параболы. Точки другой ветви параболы симметричны относительно оси параболы.

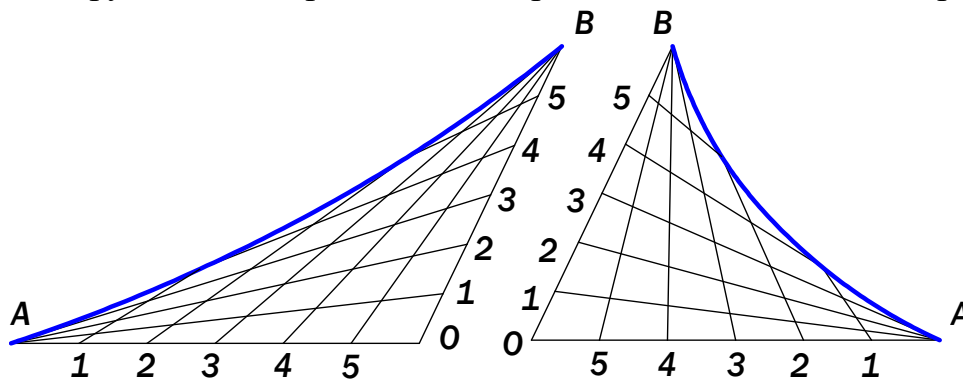


Рис. 4.50в. Построение параболы посредством касательных

Способ 3 – посредством касательных прямых к параболе в заданных осях (рис. 4.50в). Оси параболы, исходящие из начальной точки O , могут располагаться под тупым или острым углом. Заданные оси OA и OB разделить на одинаковое число равных частей и пронумеровать точки деления. Точки деления с одинаковыми номерами последовательно соединить прямыми линиями. К полученному семейству прямых подобрать с помощью лекала огибающую касательную кривую – параболу.

В САПР

Здесь, как правило, такой функции нет. При необходимости требуемое построение можно осуществить имеющимися средствами. Для плавного обвода контура можно воспользоваться построением кривой Безье по соответствующим построенным точкам.

4.51. Построение гиперболы

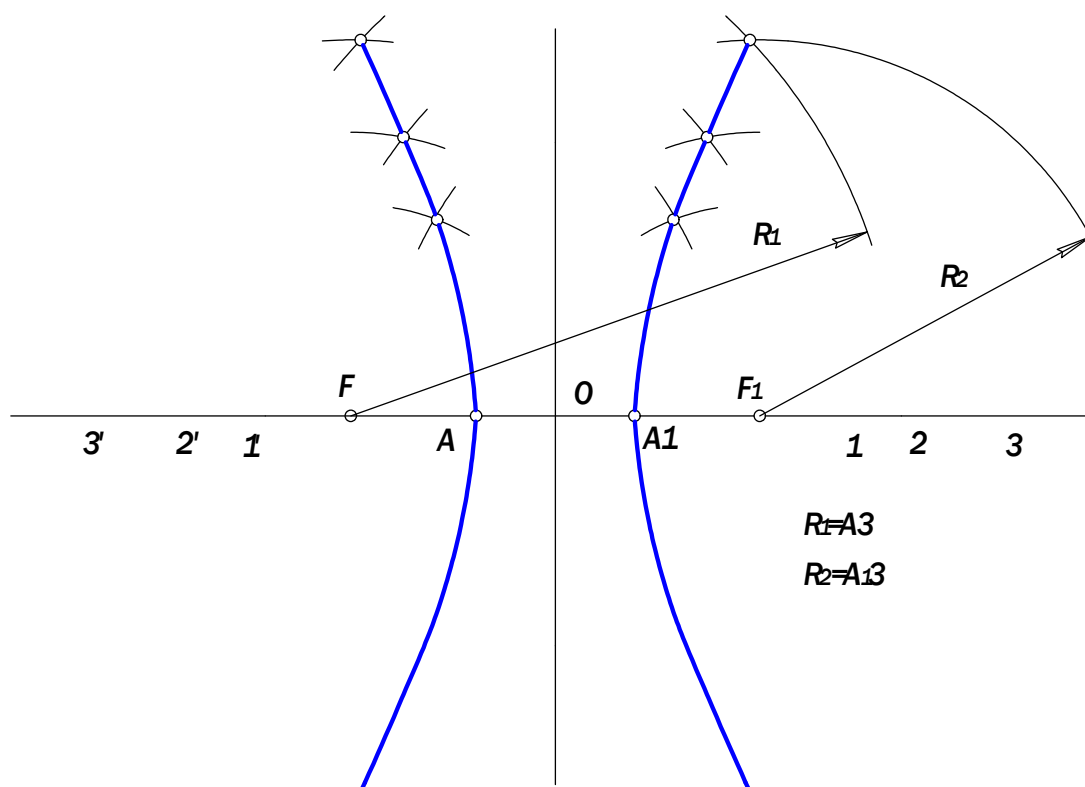


Рис. 4.51а. Построение гиперболы по ее вершинам и фокусам

Способ 1 – по заданным вершинам A и A_1 и фокусам F_1 и F гиперболы при $AF=A_1F_1$. На оси гиперболы отметить ряд произвольных точек (рис. 4.51а): $1, 2, \dots, 1_1, 2_1, \dots$. Точки гиперболы определяются построением на пересечении дуг, проведенных из фокусов F и F_1 .

Радиусами дуг служат расстояния от точек до вершин гиперболы, например $R_1=A3$, $R_2=A_13$.

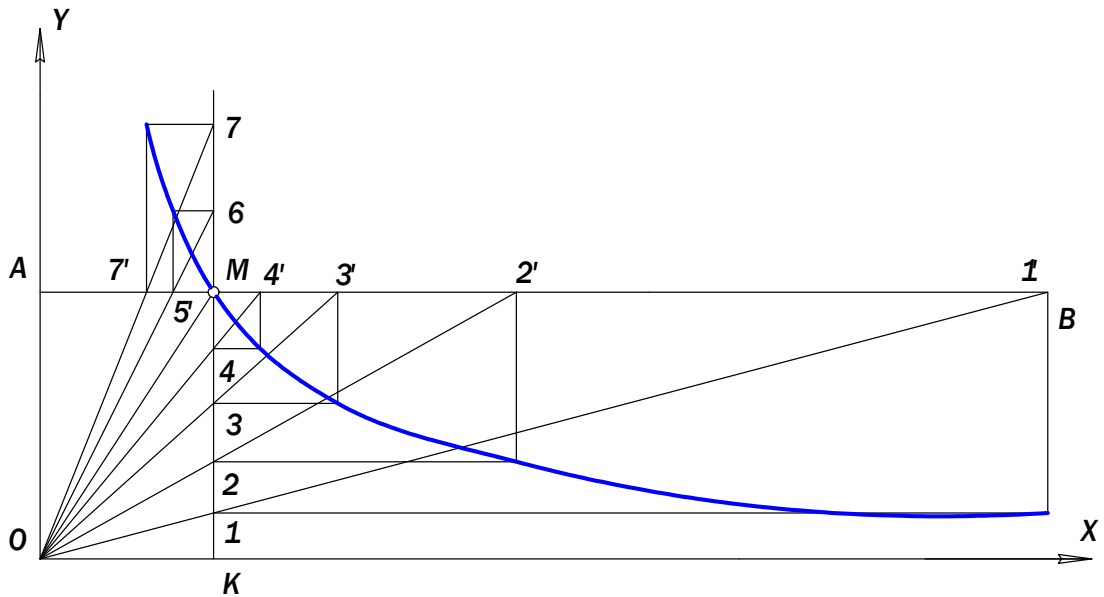


Рис. 4.51б. Построение гиперболы по ее точке в заданных координатах

Способ 2 – по заданной точке M в системе координат OXY (рис. 4.51б). Через данную точку M провести вспомогательные оси AM и MK , параллельные соответственно OX и OY . На оси MK выбрать произвольные точки $1, 2, \dots$, через которые провести горизонтальные лучи. Из начала координат O провести через те же точки ряд лучей до пересечения со вспомогательной осью AM в точках $1, 2, \dots$. Опуская из этих точек перпендикуляры на горизонтальные лучи соответствующих номеров, отметить ряд точек, принадлежащих гиперболы.

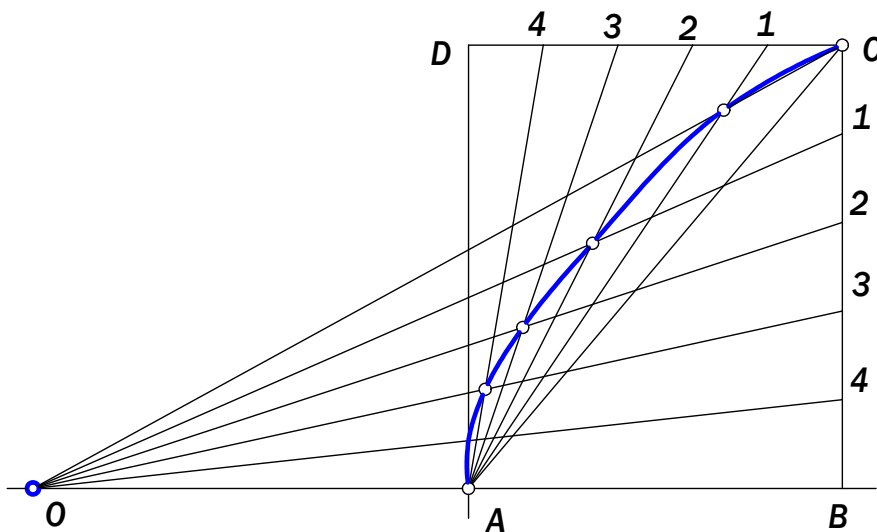


Рис. 4.51в. Построение гиперболы по ее вершине и точке

Способ 3 – по заданной вершине **A** и точке **C** гиперболы (рис. 4.51в). Из точки **C** опустить перпендикуляр к действительной оси **AB** гиперболы и построить прямоугольник **ABCD**. Стороны **CB** и **CD** прямоугольника разделить на одинаковое число равных частей. На оси гиперболы отложить отрезок **OA=AB** и провести два пучка лучей: из точки **O** – к точкам деления стороны **CB**, из точки **A** – к точкам деления **CD**. Взаимное пересечение одноименных лучей определяет положение точек гиперболы.

В САПР

Здесь, как правило, такой функции нет. При необходимости требуемое построение можно осуществить имеющимися средствами. Для плавного обвода контура можно воспользоваться построением кривой Безье по соответствующим построенным точкам.

4.52. Построение синусоиды по заданному диаметру начальной окружности

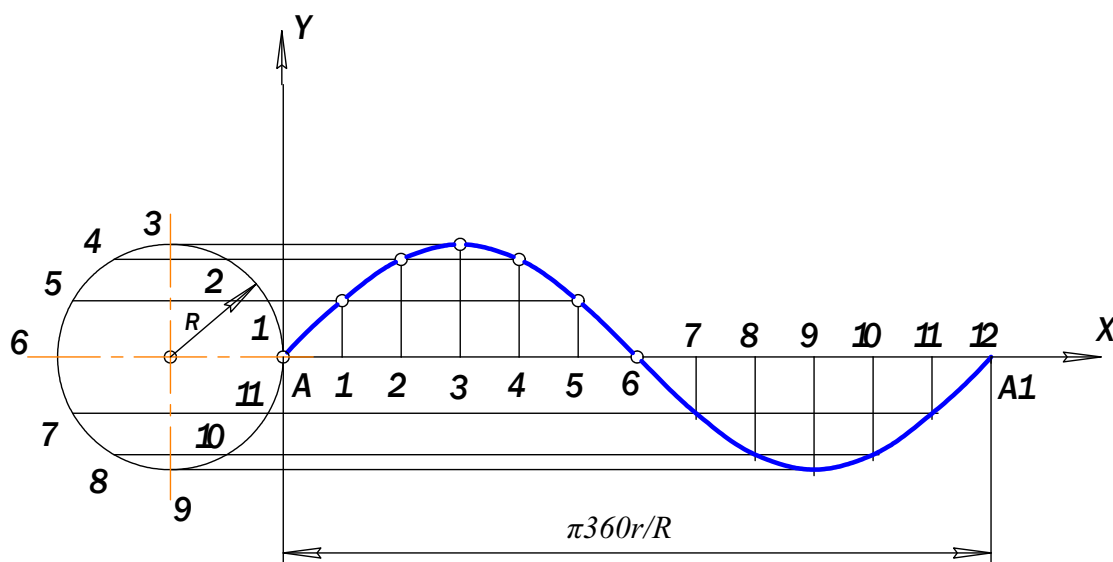


Рис. 4.52. Построение синусоиды

Выбрать начало координат для построения синусоиды, совпадающее с точкой **A** на окружности заданного радиуса **R**, и на продолжении оси **OA** отложить отрезок **AA₁ = 2πR** (равный длине окружности). Разделить окружность и отрезок **AA₁** на одинаковое число равных частей и пронумеровать точки деления. Через точки деления окружности провести ряд прямых, параллельных **AA₁**; из точек деления прямой **AA₁** – ряд прямых перпендикулярных **AA₁**. На пересечении этих вспомогательных прямых, имеющих одноименные номера, отметить точки синусоиды (рис. 4.52).

Вид синусоид имеют многие кривые, изображающие гармонические колебательные процессы или являющиеся проекциями винтовых

линий. Для их построения выполнение условия $AA_1=2\pi R$ не является обязательным, но принцип деления исходной окружности и прямой AA_1 должен быть сохранен.

В САПР

Здесь, как правило, такой функции нет. При необходимости требуемое построение можно осуществить имеющимися средствами. Для плавного обвода контура можно воспользоваться построением кривой Безье по соответствующим построенным точкам.

4.53. Провести параллельную прямую через заданную точку

Произвольным раствором циркуля проводим окружность с центром C так, чтобы она пересекла AB . Тем же раствором циркуля от одной из точек пересечения M откладываем на AB в любую ее сторону отрезок MN .

Снова тем же раствором засекаем из точки N дугу ab . Точку P пересечения дуги ab с окружностью соединяем с данной точкой C . PC – искомая.

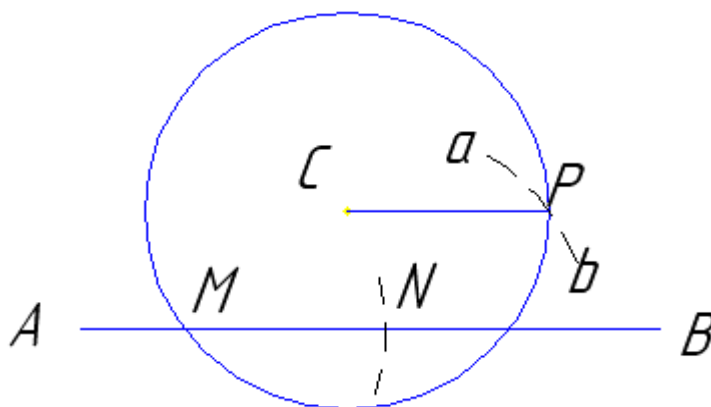


Рис. 4.53. Провести параллельную прямую через заданную точку

В САПР

Во всех системах автоматизированного проектирования данная функция предлагается.

Приложение ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЫШИ

Мышь – основное устройство ввода при работе с КОМПАС (*впрочем, то же самое можно сказать и про многие другие приложения Windows*). С ее помощью выполняются самые разные действия – выбор команд меню, обращение к панелям кнопок, фиксация точек, указание объектов и так далее.

По нажатию левой кнопки мыши выполняется вызов команд из меню или панелей кнопок, а во время выполнения команды – фиксация точек.

Нажатие правой кнопки мыши приводит к выдаче на экран контекстно-зависимого меню, набор команд которого формируется в зависимости от текущей ситуации.

Ниже приводится перечень возможных действий мышью при работе с графическими документами.

Действие мышью	Реакция системы в зависимости от ситуации
<i>Щелчок левой кнопкой</i>	Вызов команды через меню или кнопку Ввод (фиксация) точки Выделение (селектирование) объекта или отмена выделения Активизация поля в Строке параметров объектов Указание объекта для вызова справочной системы (<i>в режиме объектной справки</i>)
<i>Двойной щелчок левой кнопкой</i>	Запуск редактирования объекта Активация поля в Строке параметров объектов и выделение всего содержимого поля
<i>Щелчок правой кнопкой</i>	Вызов контекстно-зависимого меню (<i>при щелчке в окна документа</i>) Вызов меню геометрического калькулятора (<i>при щелчке в поле Строки параметров объектов</i>)
<i>Щелчок левой кнопкой</i>	Выделение объекта с добавлением к выделенным при нажатых клавишах <Shift> или <Ctrl>

***Перемещение
курсора***

Перетаскивание выделенных объектов
при нажатой кнопке

***Перемещение
курсора***

Перетаскивание выделенных объектов
с копированием при нажатой левой кнопке
с предварительно нажатой клавишей **<Ctrl>**

***Перемещение
курсора***

Прокрутка рабочего поля документа
при нажатой левой кнопке мыши
с предварительно нажатой
клавишей **<Ctrl>** или **<Shift>**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2002. – 493 с.: ил.
2. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учеб. для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1998. – 432 с.: ил.
3. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. – М.: Наука, 1973. – 416 с.: ил.
4. Автоматизация инженерно-графических работ / Г.А. Красильникова, В.В. Самсонов, С.М. Тарелкин. – СПб: Издательство «Питер», 2000. – 256 с.: ил.
5. Потемкин А.Е. Инженерная графика. – М.: Лори, 2002. – 444 с.
6. Кудрявцев Е.М. Компас-3D V6. Основы работы в системе. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 528 с.
7. Ганин Н.Б. Создаем чертежи на компьютере в КОМПАС-3D LT. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 184 с.: ил. (Серия «Проектирование»).
8. Большаков В.П. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 592 с.: ил.
9. ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, обработка / А.В. Быков, В.В. Силин, В.В. Семенников, В.Ю. Феоктистов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 320 с.: ил.
10. Unigraphics для профессионалов/ М.В. Краснов, Ю.В. Чигишев. – М.: Лори, 2004. – 320 с.: ил.
11. Pro/Engineer 2001 (3-е издание)/Гари Грэхам, Деннис Стеффен. – М.: Лори, 2003. – 364 с.: ил.
12. ГеММа-3D (Версия 8.0). Руководство пользователя. 2002. – 348 с.

Учебное издание

Козликин Николай Лаврентьевич

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

Редактор	<i>О.Н. Свинцова</i>
Верстка	<i>К.С. Чечельницкая</i>
Дизайн обложки	<i>О.Ю. Аршинова</i> <i>О.А. Дмитриев</i>

Подписано к печати 25.07.2008. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».


Печать XEROX. Усл. печ. л. 7,79. Уч.-изд. л. 7,05.

Заказ 769. Тираж 200 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.