

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

сборник учебно-методических материалов  
для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и  
производств

Благовещенск, 2017

Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета  
Энергетического факультета  
Амурского государственного университета

Составитель: Рыбалев А.Н.

Системы автоматизированного проектирования: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

©Амурский государственный университет, 2017  
©Кафедра автоматизации производственных  
процессов и электротехники, 2017  
©Рыбалев А.Н., составитель

## Содержание

Содержание.....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. КУРС ЛЕКЦИЙ.....	5
Модуль 1. САПР и электронные документы. Виды базового обеспечения САПР. Характеристики CAE/CAD/CAM-систем. ....	5
Модуль 2. Модели и методы, основные понятия и определения. этапы и стадии проектирования; принцип построения, структура и виды обеспечения САПР .....	8
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ.....	14
3.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ .	98
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	101

## ВВЕДЕНИЕ

Целью преподавания дисциплины САПР является теоретическая и профессиональная подготовка студентов в области графического изображения информации и САПР, получение студентами навыков пользования современных компьютерных технологий при подготовке технической и технологической документации, формирования у студентов навыков самостоятельной работы.

Основная цель курса - выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, выполнения эскизов деталей, составления конструкторской и технической документации производства.

Задачи изучения дисциплины сводятся к изучению студентами минимума фундаментальных инженерно-геометрических знаний, на базе которых будущий дипломированный специалист сможет успешно изучать конструкторско-технологические и специальные дисциплины, а также овладевать новыми знаниями в области компьютерной графики, геометрического моделирования, делопроизводства и др.

Обязательный минимум содержания программы включает в себя автоматизированное проектирование объектов материального производства, получение технологической и конструкторской документации при использовании любого САПР.

Дополнительное требование - понимание общих вопросов использования компьютера в инженерной деятельности на всех стадиях проектирования - от разработки до изготовления изделия.

В результате изучения дисциплины в соответствии с квалификационной характеристикой выпускников, студенты должны знать:

- стандарты Единой системы конструкторской документации;
  - методы построения обратимых чертежей пространственных объектов; изображения на чертеже прямых, плоскостей, кривых линий и поверхностей; способы преобразования чертежа;
  - способы решения на чертежах основных метрических и позиционных задач.
- уметь:
- строить и читать сборочные чертежи общего вида различного уровня сложности и назначения.
  - применять методы построения эскизов, чертежей и технических рисунков стандартных деталей, разъемных и неразъемных соединений деталей и сборочных единиц;
- иметь опыт:
- чтения и построения чертежа;
  - чтения и построения схем;
  - составления таблиц и диаграмм.

## 1. КУРС ЛЕКЦИЙ

Модуль 1. САПР и электронные документы. Виды базового обеспечения САПР. Характеристики САЕ/CAD/CAM-систем.

Всего около четверти века назад каждый чертеж, произведенный на свет, был сделан карандашом или тушью. Любое изменение требовало подчистки либо даже перечерчивания. Теперь это уже история. САД-системы не только изменили методы подготовки чертежей, но и внесли фундаментальные изменения в процесс проектирования. В настоящее время при сотрудничестве с зарубежными компаниями необходимо представление всей документации в электронном виде. Продаваемый продукт и его производство подлежат международной сертификации, подтверждающей их высокие характеристики. Сертифицирование проходят не только само изделие, но и методы его проектирования, изготовления, способы и формы передачи информации об изделии. Для прохождения сертифицирования необходимо оснастить рабочие места конструктора и технолога компьютерными и программными продуктами. Деятельность значительной части фирм и отдельных коллективов в промышленно развитых странах во многом зависит от их способности накапливать и перерабатывать информацию. Сегодня без компьютерной автоматизации уже невозможно производить современную сложную технику, требующую высокой точности. Во всем мире наблюдается резкое увеличение использования ЭВМ на производстве и дома. Внедрение компьютерных и телекоммуникационных технологий повышает эффективность и производительность труда. Отставание в области высоких технологий может привести к превращению страны в сырьевой придаток цивилизованного мира. Сейчас происходит быстрый рост систем автоматизированного проектирования (САПР) в таких отраслях, как авиастроение, автомобилестроение, тяжелое машиностроение, в архитектуре, строительстве, нефтегазовой промышленности, в области картографии, геоинформационных систем, при производстве товаров народного потребления, в частности бытовой электротехники.

САПР в машиностроении используется для проведения конструкторских, технологических работ и работ по технологической подготовке производства. С помощью САПР выполняется разработка чертежей, проводится трехмерное моделирование изделия и процесса сборки, проектируется вспомогательная оснастка, например штампы и пресс-формы, составляется технологическая документация и управляющие программы (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), ведутся архивы. Современные САПР применяются для сквозного автоматизированного проектирования, технологической подготовки, анализа и изготовления изделий в машиностроении, для электронного управления технической документацией. Естественным образом появилась потребность в выпуске журнала о САПР в нашей стране. Ежемесячный журнал «САПР и графика» Издательского дома «КомпьютерПресс» выходит с 1996 года. Сегодня это самое известное и авторитетное периодическое издание в России и странах СНГ, посвященное вопросам автоматизации проектирования, компьютерного анализа, технологической подготовки производства и технического документооборота. Тираж журнала 8 000 экземпляров. Несколько раз в год журнал выходит с приложениями на CD-ROM. На страницах журнала рассказывается о новейших версиях программного и аппаратного обеспечения. Каждый номер посвящен определенной тематике. Таким образом, в 12 номерах представлены практически все направления компьютерной автоматизации инженерной деятельности. Авторы большинства статей в журнале «САПР и графика» — наши соотечественники, представители различных отраслей российской промышленности. Поэтому публикуемая на страницах журнала информация всегда актуальна и злободневна. Журнал ориентирован преимущественно на специалистов, использующих в своей повседневной работе различные средства автоматизации инженерной деятельности. Нашими читателями являются инженеры, технологи, архитекторы, дизайнеры и строители. Однако кроме специалистов прикладных областей журнал может представлять интерес и для научных работников, и для студентов. Журнал может использоваться как практическое руководство при выборе тех или иных систем автоматизированного проектирования. Рекламные публикации помогут нашим читателям — потенциальным заказчикам — ознакомиться с надежными поставщиками решений и услуг. Каждый год в № 12 в теме

номера «Итоги и прогнозы» журнал помещает интервью, которые дают специалисты компаний, лидирующих на российском рынке САПР, ГИС и услуг. Журнал «САПР и графика» будет полезен и специалистам тех предприятий, которые только собираются приступить к автоматизации производственных процессов. Публикации в рубрике «Опыт использования технологий» помогут читателям выбрать оптимальные решения для конкретной области народного хозяйства и узнать об опыте внедрения САПР на других предприятиях. Стремительное развитие систем автоматизированного проектирования в проектных организациях и на машиностроительных заводах способствовало увеличению числа высших и средних учебных заведений, в которых преподается САПР. О внимании, которое уделяется этим системам в промышленно развитых странах, говорит тот факт, что по рекомендациям ЮНЕСКО в базисном учебном плане по информатике и информационным технологиям предусмотрен факультативный блок «Конструирование с помощью компьютера (CAD)».

Инженерная деятельность в современных условиях тесно связана с использованием персональных электронных вычислительных машин (ПЭВМ) и микропроцессоров. В последние годы в инженерной практике вычислительная техника широко применяется для выполнения расчетов, автоматизации проектирования, организации и планирования экспериментальных исследований, для обработки результатов испытания машин, механизмов, аппаратов и для многих других целей. В настоящее время инженеры любой специальности должны приобрести в вузе умения и навыки решения производственных и научных задач с помощью ЭВМ. С этой целью в учебные планы всех инженерных специальностей введены дисциплины, обеспечивающие углубленное изучение математики, программирования, вычислительной техники, новых информационных технологий. Сейчас обучение в технических вузах поставлено таким образом, что студенты с первого курса пользуются персональными электронными вычислительными машинами. Если раньше своего рода символом инженерного труда была логарифмическая линейка, то теперь все большее и большее количество студентов имеют в своем личном пользовании ПЭВМ.

Термин САПР "Система автоматического проектирования" (в английской нотации CAD) появился в конце пятидесятых годов, когда Д.Т.Росс начал работать над одноименным проектом в Массачусетском Технологическом Институте (MIT). Первые CAD - системы появились десять лет спустя. За последние 25 лет CAD - системы, как системы геометрического моделирования, были значительно усовершенствованы: появились средства 3D-поверхностного и твердотельного моделирования, параметрического конструирования, был улучшен интерфейс. Несмотря на все эти усовершенствования, касающиеся, в основном, геометрических функций, CAD - системы оказывают конструктору слабую помощь с точки зрения ВСЕГО процесса конструкторского проектирования. Они обеспечивают описание геометрических форм и рутинные операции, такие как образмеривание, генерация спецификаций и т.п. Эти ограничения и чисто геометрический интерфейс оставляет методологию конструкторской работы такой же, какой она была при использовании чертежной доски. Развитие получили также системы автоматизации проектирования технологических процессов (CAPP) и программирования изготовления деталей на станках с ЧПУ (CAM). Однако, подобно CAD - системам, эти усовершенствования не затронули ПРОЦЕСС проектирования: CAPP - системы могут генерировать технологические процессы, но только при условии предварительного специального описания изделия с помощью конструкторско - технологических элементов. CAM -системой может быть использована геометрическая модель CAD - системы, но все функции CAPP - системы (проектирование технологии обработки) - перекладываются на инженера. Помимо проектирования, инженерная деятельность связана с инженерным бизнесом и менеджментом. Сюда, в частности, входят автоматизированные системы управления производством (АСУПр). Эти системы обычно развиваются без какой - либо интеграции с САПР. Итак, до последнего времени концепция автоматизации труда конструктора базировалась на принципах геометрического моделирования и компьютерной графики. При этом, системы компьютеризации труда конструкторов, технологов, технологов - программистов, инженеров - менеджеров и производственных мастеров развивались автономно и Инженерные Знания - основа проектирования, оставались вне компьютера. Такое положение не удовлетворяет современным требованиям к автоматизации. Сейчас необходима комплексная компьютеризация инженерной деятельности на

всех этапах жизненного цикла изделий, которая получила название CALS (Computer Aided Life-cycle System) технологии. Традиционные САПР с их геометрическим, а не информационным ядром, не могут явиться основой для создания таких систем. Сегодня каждое изделие в процессе своего жизненного цикла должно представляться в компьютерной среде в виде иерархии информационных моделей, составляющих единое целое и имеющих соподчиненность.

В промышленном производстве давно царит жесткая конкуренция. Чтобы выжить в этих нелегких условиях предприятиям приходится как можно быстрее выпускать новые изделия, снижать их себестоимость и повышать качество. В этом им помогают современные системы автоматизированного проектирования (САПР), позволяющие облегчить весь цикл разработки изделий — от выработки концепции до создания опытного образца и запуска его в производство. Тем самым значительно ускоряется процесс создания новой продукции без ущерба качеству. Поэтому сейчас без САПР не обходится ни одно конструкторское или промышленное предприятие. И хотя на долю указанных систем приходится лишь около 3% рынка ПО, они играют очень важную роль, поскольку помогают создавать товары, без которых невозможно представить нашу повседневную жизнь: автомобили, самолеты, бытовые приборы, промышленное оборудование и, следовательно, являются одной из движущих сил современной промышленности и мировой экономики. Термин «САПР для машиностроения» в нашей стране обычно используют в тех случаях, когда речь идет о пакетах программ для автоматизированного проектирования (CAD), подготовки производства (CAM) и инженерного анализа (CAE). Существуют САПР и для других областей — разработки электронных приборов, строительного проектирования. Идея автоматизировать проектирование зародилась в конце 50-х годов прошлого века, почти одновременно с появлением коммерческих компьютеров. А уже в начале 60-х ее воплотила компания General Motors в виде первой интерактивной графической системы подготовки производства. В 1971 г. создатель этой системы доктор Патрик Хэнретти (Patrick Hanratty) основал компанию Manufacturing and Consulting Services (MCS) и разработал методики, которые составили основу большинства современных САПР. Вскоре появились и другие CAD-пакеты. В то время они работали на мэйнфреймах и мини-компьютерах и стоили очень дорого — в среднем 90 тыс. долл. за одно рабочее место. Очевидно, что лишь крупные предприятия могли позволить себе идти в ногу со временем. Одновременно стали появляться и первые САМ-программы, позволяющие частично автоматизировать процесс производства с помощью программ для станков с ЧПУ, и САЕ- продукты, предназначенные для анализа сложных конструкций. Так в 1971 г. компания MSC Software выпустила систему структурного анализа MSC Nastran, которая до сих пор занимает ведущее положение на рынке САЕ. К середине 80-х годов системы САПР для машиностроения обрели форму, которая существует и сейчас.

Но впереди их ждало много любопытных перемен. Появление микропроцессоров положило начало революционным преобразованиям в области аппаратного обеспечения — наступила эра персональных компьютеров. Но для трехмерного моделирования мощности первых ПК не хватало. Поэтому в 80-е годы поставщики «серьезных» средств автоматизации проектирования ориентировались на компьютеры на базе RISC-процессоров, работавшие под управлением ОС Unix, — они были намного дешевле мэйнфреймов и мини-машин. Параллельно снижалась стоимость ПО, и к началу 90-х средняя цена рабочего места снизилась до 20 тыс. долл. — САПР становились доступнее. Но в массовый продукт они превратились лишь тогда, когда компания Autodesk разработала свой знаменитый пакет AutoCAD стоимостью всего 1 тыс. долл. Правда, в те времена ПК были 16-разрядными, и их мощности хватало лишь для двумерных построений — черчения и создания эскизов. Однако это не помешало новинке иметь огромный успех у пользователей. Наиболее бурное развитие САПР происходило в 90-х годах, когда Intel выпустила процессор Pentium Pro, а Microsoft — систему Windows NT. Тогда на поле вышли новые игроки «средней весовой категории», которые заполнили нишу между дорогими продуктами, обладающими множеством функций, и программами типа AutoCAD. В результате сложилось существующее и поныне деление САПР на три класса: тяжелый, средний и легкий. Такая классификация возникла исторически, и хотя уже давно идут разговоры о том, что грани между классами постепенно стираются, они продолжают существовать, так как системы по-прежнему различаются и по цене, и по функциональным возможностям. Следует добавить, что кроме универсальных САПР также выпускаются и раз-

личные специализированные продукты, например, для инженерного анализа, расчета трубопроводов, анализа литья металлов, проектирования металлоконструкций и множества других конкретных задач. 10 На основе проведенного анализа структуры экспертной системы, можно утверждать, что такая вычислительная среда имеет прямое применение для инженерной деятельности как средство автоматизации проектных работ, если проектирование ведется от прототипа, по восходящей технологии или на высших иерархических уровнях той или иной системы проектирования. Однако, если объект проектирования можно формально описать, возникает потребность, с одной стороны, использовать приемы, характерные для инженерной деятельности, а с другой - привлечь знания математиков для использования формальных методов принятия решения. Кроме того, дальнейшее развитие САПР, по мнению многих разработчиков, должно идти по пути создания вычислительных систем, которые "лояльны" к пользователю, легко тиражируются и обладают свойством развития. В ближайшее время при построении САПР необходимо обеспечить решение следующих задач: обучение пользователя, которое сводится к обучению входным языкам, представлению справочной информации, адаптированной к характеру запроса, диагностике ошибок и сопровождению пользователя в процессе проектирования; обучение САПР, предполагающее настройку системы на конкретную предметную область или класс проектных процедур; организация диалога в процессе проектирования с целью описания объекта проектирования, технологического задания и заданий на выполнение проектных процедур; изготовление проектной и справочной документации, оформляющей проектные решения; контроль за функционированием системы и отображение статистических данных о количестве и качестве проектных решений. Одни из наиболее мощных САПР – Unigraphics NX компании EDS, CATIA французской фирмы Dassault Systemes (которая продвигает ее вместе с IBM) и Pro/Engineer от PTC (Parametric Technology Corp.). Главная особенность таких мощных САПР — обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность работы — все это результат длительного развития. Важную роль в становлении среднего класса сыграли два ядра твердотельного параметрического моделирования ACIS и Parasolid, которые появились в начале 90-х годов и сейчас используются во многих ведущих САПР. Геометрическое ядро служит для точного математического представления трехмерной формы изделия и управления этой моделью. Полученные с его помощью геометрические данные используются системами CAD, CAM и CAE для разработки конструктивных элементов, сборок и изделий. Программы "легкой" категории служат для двумерного черчения, поэтому их обычно называют электронной чертежной доской. К настоящему времени они пополнились некоторыми трехмерными возможностями, но не имеют средств параметрического моделирования, которыми обладают тяжелые и средние САПР. Первая чертежная система Sketchpad была создана еще в начале 60-х годов, а затем появилось немало других продуктов такого рода, использующих достижения компьютерной графики. Однако подлинный расцвет в этой области наступил лишь в 80-е годы с появлением персональных компьютеров. Пионером в этой области стала компания Autodesk, которая в 1983 г. выпустила САПР для ПК под названием AutoCAD. Таким образом, развитие Систем автоматического проектирования идет двумя путями — эволюционным и революционным. В свое время революционный переворот произвели первые САПР для ПК и системы среднего класса. Сейчас рынок развивается эволюционно: расширяются функциональные возможности продуктов, повышается производительность, упрощается использование. Но, возможно, вскоре нас ждет очередная революция. Аналитики из Cambashi считают, что это произойдет, когда поставщики САПР начнут использовать для хранения инженерных данных (чертежей, трехмерных моделей, списков материалов и т. д.) не файловые структуры, а стандартные базы данных SQL-типа. В результате инженерная информация станет структурированной, и управлять ею будет гораздо проще, чем теперь.

Модуль 2. Модели и методы, основные понятия и определения. этапы и стадии проектирования; принцип построения, структура и виды обеспечения САПР

1. Понятие о системах CAD/CAM/CAE (сквозные системы).
2. Классификация электронно-вычислительных машин ( ЭВМ ).



### 3. Организационное обеспечение САПР.

#### 4. САПР планово-шаблонных работ.

Увеличение производительности труда разработчиков новых изделий, сокращение сроков проектирования, повышение качества разработки проектов - важнейшие проблемы, решение которых определяет уровень ускорения научно-технического прогресса общества. Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) опирается на прочную научно-техническую базу. Это - современные средства вычислительной техники, новые способы представления и обработки информации, создание новых численных методов решения инженерных задач и оптимизации. Системы автоматизированного проектирования дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук отрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов. В настоящее время созданы и применяются в основном средства и методы, обеспечивающие автоматизацию рутинных процедур и операций, таких, как подготовка текстовой документации, преобразование технических чертежей, построение графических изображений и т.д.

#### 1. Понятие о системах CAD/CAM/CAE (сквозные САПР).

Сквозные системы - это всеобъемлющий набор средств для автоматизации процессов и технологической подготовки производства, а также различных объектов промышленности. Системы включают в себя полный набор промышленно адаптированных и доказавших свою эффективность программных модулей, функционально охватывающих анализ и создание чертежей, подготовку производства на всех этапах, а также обеспечивающих высокую функциональную гибкость всего цикла производства. Данная система позволяет выполнять разработку самых сложных технических изделий: жгуты электропроводки, детали из пластмассы, различные механические конструкции. Это достигается с помощью единого набора программных средств удовлетворяющих специальным требованиям производства. Системы представляют собой не просто объединенный набор отдельных программных решений, а целостную интегрированную систему взаимосвязанных инструментальных модулей способных функционировать на различных технических платформах, взаимодействовать с другим производственным оборудованием, обрабатывать данные, полученные путем достижения разработок новейшей технологии. Системы CAD/CAM/CAE позволяют в масштабе целого предприятия логически связывать всю информацию об изделии, обеспечивать быструю обработку и доступ к ней пользователей работающих в разнородных системах. Так же они поддерживают технологию параллельного проектирования и функционирования различных подразделений согласованно выполняющих в рамках единой компьютерной модели операции проектирования, сборки, тестирование изделия, подготовку производства и поддержку изделия в течение всего его жизненного цикла. Создаваемая системой модель основывается на интеграции данных и представляет собой полное электронное описание изделия, где присутствует, как конструкторская, технологическая, производственная и другие базы данных по изделию. Это обеспечивает значительное улучшение качества, снижение себестоимости и сокращение сроков выпуска изделия на рынок. Каждая система разрабатывается руководствуясь задачами объединения и оптимизации труда разработчиков и принимаемых при этом технологий в масштабах всего предприятия для поддержания данной системой стратегии автоматического проектирования.

2. Классификация ЭВМ. Технические средства и общее системное программное обеспечение являются инструментальной базой САПР. Они образуют физическую среду, в которой реализуются другие виды обеспечения САПР. Инженер, взаимодействуя с этой средой и решая различные задачи проектирования, осуществляет автоматическое проектирование технических объектов. Технические средства и общее программное обеспечение в процессе проектирования выполняют и решают такие задачи как :

- а) ввода исходных данных описания объекта проектирования;
- б) отображения введенной информации с целью ее контроля и редактирования;
- в) преобразования информации;
- г) хранение и оперативного общения проектировщика с системой; и многие другие функции.

Для решения этих задач технические средства САПР должны содержать процессоры, оперативную память, внешние запоминающие устройства, устройства ввода вывода информации, технические средства машинной графики и многие др. устройства. На сегодняшний день существует очень много разнообразных ЭВМ. Основные технические характеристики по которым ЭВМ разделены на группы это: производительность, емкость оперативного запоминающего устройства, пропускная способность подсистемы ввода-вывода информации, надежность функционирования и др. ЭВМ, используемые в САПР, можно разделить на две группы:

- 1) *универсальные общего назначения;*
- 2) *специализированные.*

Специализированные ЭВМ предназначены для решения узкого круга задач проектирования конкретных технических объектов. Можно условно разделить ЭВМ на группы по цене/производительности, но очень быстрый прогресс в области разработки вычислительной техники размывают эту границу, превращая сегодняшнюю супер-ЭВМ в простой калькулятор. Разделяют вычислительные машины на супер-ЭВМ, ЭВМ высокой производительности и ЭВМ средней производительности, они используются в основном для решения сложных вычислительных задач (например, моделирования, параметрической оптимизации и т.п.); мини-ЭВМ служат основой для создания типовых проблемно-ориентированных комплексов; персональные ЭВМ предназначены для текущей повседневной работы инженера; микро-ЭВМ получили широкое распространение, поскольку легко встраиваются в различные устройства САПР. В начале 90-х годов в нашу страну хлынул большой поток зарубежной вычислительной техники, произошел резкий скачок в развитии Российского рынка компьютерной и оргтехники. Нам стали доступны последние достижения в мире Hardware, Software, Multimedia. Так имея денежные средства можно без лишних усилий приобрести ЭВМ любого класса и любой конфигурации. Принцип открытой архитектуры, впервые используемый фирмой IBM, сделал самыми распространенными IBM-совместимые компьютеры. По классам их можно подразделить на *офисные компьютеры, сетевые рабочие станции, графические станции, файл-серверы, видео-серверы, компьютеры мультимедиа, Desktop, Laptop*. Представители каждой группы имеют различные технические характеристики. Эти небольшие на вид машины несут в себе огромный вычислительный потенциал, который нашел свое применение в системах автоматизированного проектирования, анимации, банковского дела, образования и многих других сферах. Так, например, Cray Research единственная компания, выпускающая вычислительную технику для научных высокопроизводительных вычислений. Современные дорогостоящие ЭВМ содержат по несколько десятков и даже сотен процессоров (например, MasPar MP-2 содержит 16000 процессоров) достигая при этом пиковой производительности в несколько сотен Мфлоп. Простые же ЭВМ содержат обычно один процессор ( процессоры условно подразделяют на поколения 286, 386, 486, 586”Pentium”), несколько мегабайт оперативной памяти (обычно она наращивается), жесткий диск (постоянное запоминающее устройство - “винчестер”, емкость от нескольких Мб до нескольких Гбайт), адаптеры видео-, мульти- и др. (для поддержания работы различных устройств, как монитор, винчестер и т. д.). Все перечисленные устройства устанавливаются на материнскую плату, к ней от блока питания подается электрическая энергия и ЭВМ может работать. Это конечно не полный состав компьютера (на самом деле он намного сложнее), но уже достаточно, чтобы представить себе его сущность.

3. Организационное обеспечение САПР. Стандарты по САПР требуют выделения в качестве самостоятельного компонента организационного обеспечения, которое включает в себя положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалифицированные требования и другие документы, регламентирующие организационную структуру подразделений проектной организации и взаимодействие подразделений с комплексом средств автоматизированного проектирования. Функционирование САПР возможно только при наличии и взаимодействии перечисленных ниже средств: а) математического обеспечения; б) программного обеспечения; в) информационного обеспечения; г) технического обеспечения; д) лингвистического обеспечения; е) методического обеспечения; ж) комплектование подразделений САПР профессиональными кадрами. Теперь кратко разберёмся с назначением каждого компонента средств САПР.

**Математическое обеспечение САПР.** Основа - это алгоритмы, по которым разрабатывается программное обеспечение САПР. Среди разнообразных элементов математического обеспечения имеются инвариантные элементы-принципы построения функциональных моделей, методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, постановки экстремальных задач, поиски экстремума. Разработка математического обеспечения является самым сложным этапом создания САПР, от которого в наибольшей степени зависят производительность и эффективность функционирования САПР в целом.

**Программное обеспечение САПР.** Программное обеспечение САПР представляет собой совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. Программное обеспечение делится на общесистемное и специальное (прикладное) ПО. Общесистемное ПО предназначено для организации функционирования технических средств, т. е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов, оно представлено различными операционными системами. В специальном ПО реализуется математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур.

**Информационное обеспечение САПР.** Основу составляют данные, которыми пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для выработки проектных решений. Эти данные могут быть представлены в виде тех или иных документов на различных носителях, содержащих сведения справочного характера о материалах, параметрах элементов, сведения о состоянии текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений.

**Техническое обеспечение САПР.** Это создание и использование ЭВМ, графопостроителей, оргтехники и всевозможных технических устройств, облегчающих процесс автоматизированного проектирования.

**Лингвистическое обеспечение САПР.** Основу составляют специальные языковые средства (языки проектирования), предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений. Основная часть лингвистического обеспечения - языки общения человека с ЭВМ.

**Методическое обеспечение САПР.** Под методическим обеспечением САПР понимают входящие в её состав документы, регламентирующие порядок ее эксплуатации. Причем документы, относящиеся к процессу создания САПР, не входят в состав методического обеспечения. Так в основном документы методического обеспечения носят инструктивный характер и их разработка является процессом творческим.

**Комплектование подразделений САПР профессиональными кадрами.** Этот пункт предписывает комплектование подразделений САПР профессионально-грамотными специалистами, имеющими навыки и знания для работы с перечисленными выше компонентами САПР. От их работы будет зависеть эффективность и качество работы всего комплекса САПР (может даже всего производства). 4. САПР планово-шаблонных работ. Ранее в машиностроительном производстве все сложные детали изготавливали планово-шаблонным методом. С внедрением вычислительных средств, как большие, малые и микро-ЭВМ, чертежные автоматы, станки с ЧПУ появилась возможность отказаться от этого трудоемкого с многими недостатками метода производства. На его смену пришел расчетно-плановый метод, это комбинированный способ увязки, более прогрессивный, чем планово-шаблонный метод, но ещё не достигший комплексной автоматизации. Расчетно-плановому методу (РПМ) присущи все черты будущего метода автоматизированного формообразования: широкое применение математического аппарата, комплексная нормализация и типизация конструкторского и технологического процессов, их естественное совмещение и развитие, широкое использование различных по мощности вычислительных средств и оборудования с ЧПУ во всех звеньях основного производства и его подготовки. С другой стороны, целые группы элементов конструкции и оснастки при этом методе проектируют, увязывают и изготавливают по традиционной, но модернизированной технологии планово-шаблонного метода. Сущность РПМ заключается в таком построении системы конструкторско-технологической подготовки производства, при котором обеспечивается единство исходной информации, используемой в процессе про-

ектирования управляющих программ обработки деталей на станках с ЧПУ, с другой стороны, и при создании планово-шаблонной и объёмной оснастки, с другой. Это достигается:

- а) разработкой и применением единой исходной геометрической информации в виде математических, информационных и графических моделей коллективного пользования;
- б) более полным проставлением размеров на чертежах с записью в них сведений, необходимых и достаточных для однозначного их чтения различными исполнителями;
- в) внедрением широко варьируемой схемы параллельно-последовательного формообразования объектов производства и их геометрической увязки, позволяющей согласовывать формы и размеры деталей в процессе их параллельного изготовления различными способами.

Особенности проектирования и задания поверхностей при РПМ заключается прежде всего в широком применении для этих целей современных вычислительных и технических средств, что позволяет выдать в производство любое число точных и полноценных по объёму информации расчетных таблиц. Важным звеном процесса формообразования деталей является увязка поверхностей, которая представляет собой их взаимное согласование по геометрическим параметрам. Увязка является одним из основных факторов моделирования геометрических объектов, обеспечивающим получение правильной информации. Графоаналитическая увязка при РПМ является наиболее распространенным и рациональным способом согласования форм и размеров элементов конструкций. При расчётно-плановом методе важным источником согласования стыкуемых участков поверхностей являются информационные модели. Информационную модель обычно представляют в виде таблицы координат точек и других геометрических параметров. При РПМ широко используется возможность получения с ЭВМ и расчётных таблиц, и управляющей информации для вычерчивания геометрической модели на чертёжном инструменте. При расчётно-плановом методе сокращается общее число операций по переносу форм и размеров, тем самым уменьшаются потери точности, неизбежные при графических и визуальных способах передачи и оценки геометрической информации. Кроме того, автоматизируется процесс изготовления основных обводообразующих шаблонов на базе математических моделей, ЭВМ и станков с ЧПУ, что также сокращает количество вспомогательной оснастки. Точность изготовления шаблонов, качество их взаимной увязки всё больше зависят от объективных факторов, поддающихся учёту и регулированию. РПМ создаёт широкие перспективы для автоматизации технологических процессов не только в области подготовки производства, но и в сфере основного производства заготовительного, сборочного и особенно механообработки. При РПМ технический и экономический эффекты достигаются благодаря:

- а) сокращению сроков подготовки производства;
- б) уменьшению технологического цикла изготовления опытных и серийных деталей;
- в) повышению качества увязки и точности воспроизведения внешних форм всех элементов каркаса;
- г) улучшению геометрической взаимозаменяемости деталей и узлов агрегата.

Сокращение сроков подготовки производства и уменьшение производственного цикла обуславливается не только применением высокопроизводительного оборудования, но и возможностью заранее, еще до запуска очередного изделия, провести большую работу по подготовке прикладного программного обеспечения. Наряду с вышеперечисленным внедрение расчётно-планового метода позволяет получить и другие положительные результаты:

- а) последовательную ликвидацию тяжёлых работ и сокращение общей доли физического труда в процессе подготовки основного производства;
- б) стирание грани между физическим и умственным трудом, что находит выражение в появлении смешанных специальностей, например, инженера-настройщика, техника-оператора и др.;
- в) разностороннее интеллектуальное развитие рабочего, занятого обслуживанием новейшей программно-управляемой и электронно-вычислительной техники;
- г) создание более высокой культуры производства, лучших условий труда на участках, оснащенных новым автоматическим оборудованием.

Одной из характерных особенностей РПМ является возможность широкой кооперации на всех стадиях проектирования и производства новых образцов техники, а также гибкость, возмож-

ность широко варьировать организацию технологического процесса в целях максимального использования производственных мощностей и в первую очередь - современного оборудования с ЧПУ. РПМ является связующим звеном между двумя различными принципами формообразования и базой для последовательного перехода от традиционного, но устаревшего планово-шаблонного метода к методу автоматизированного формообразования.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

### Введение

Система Компас-График с модулем трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D предназначена для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности и создания трехмерных параметрических деталей.

Сейчас трудно представить себе современное промышленное предприятие или конструкторское бюро без компьютеров и специальных программ, предназначенных для разработки конструкторской документации или проектирования различных изделий. Применение вычислительной техники в данной области стало свершившимся фактом, доказало свою высокую эффективность.

Переход на машинное проектирование позволяет существенно сократить сроки разработки конструкторской и технологической документации и тем самым ускорить начало производства новых изделий. Одновременно повышается качество, как самих конструкторских разработок, так и выпускаемой документации.

Система **КОМПАС-ГРАФИК (КОМПАС-3D)** предназначена для выполнения учебных проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Она может успешно использоваться студентами машиностроительных, приборостроительных, архитектурных, строительных вузов и техникумов при выполнении домашних заданий, курсовых и дипломных работ.

Программа содержит достаточный чертежный инструментарий для выполнения чертежей любого уровня сложности с полной поддержкой российских стандартов. Простой и понятный интерфейс этой программы удачно сочетается с гибкостью профессиональной системы при построении, выделении, удалении объектов чертежа, наборе текста по ГОСТ, постановке размеров всех типов, допусков формы и расположения поверхностей, позиций, баз и т.п.

### Лабораторная работа 1

#### **Название:**

*1 Запуск программы. 2 Настройка параметров системы. 3 Масштаб. 4 Формат. 5 Дополнительные форматы. 6 Последующие листы. 7 Основная надпись.*

#### *1 Запуск программы КОМПАС 3D*

I. Наведите курсор на меню **Пуск** → **Все программы** → **АСКОН** → **Компас-3D...**  
(Рис. 1).

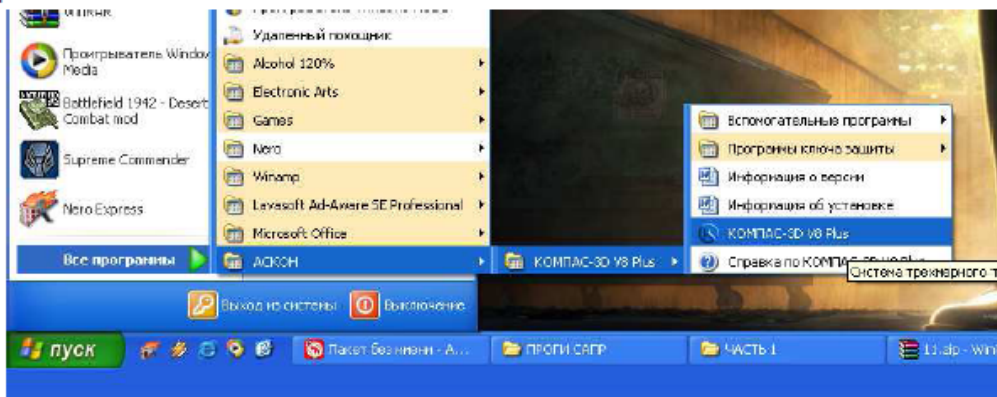


Рисунок 1 – Запуск программы

II. Закройте ВИД ПРИЛОЖЕНИЯ и все окна программы до серого фона, если такие имеются, рис. 2.

*Возможные варианты закрытия окна программы  
(правый верхний угол)*

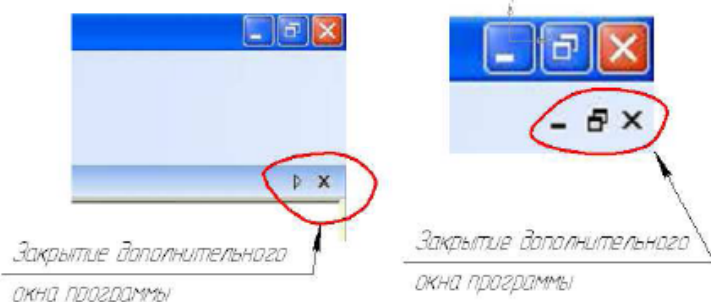


Рисунок 2 – Окно программы

## 2 Настройка параметров системы программы КОМПАС 3D

Настройка параметров системы КОМПАС-3D означает выбор параметров оформления чертежа в соответствии с Единой системой конструкторской документации – ЕСКД, которые наилучшим образом соответствуют выбранному Вами формату чертежа, а также и других стандартов.

На панели головного меню, (рис. 3, а) выберете закладку *Сервис* → *Профили*. В появившемся окне (рис. 3, б), выберете профиль "mCAD" → "Применить" → "Выход" (окно с приложением закроется).

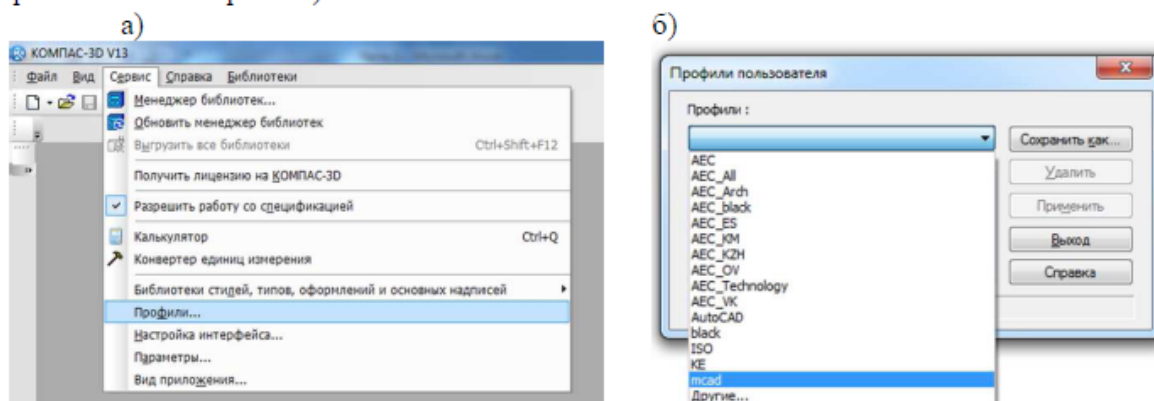




Рисунок 3 – Настройка программы КОМПАС 3D

## 3 Масштаб

Масштаб – это отношение линейного размера изображения к действительному размеру.

Создайте документ через головное меню **Файл** → **Создать** → **Чертеж**. В появившемся документе зайдите в головное меню (вверху) закладка **Окно** → **Показать закладки** (установите галочку).

В компактной панели инструментов (слева вертикально) найдите панель *виды*, , (ниже) выберете команду *Создать новый вид* , рис. 4. Переместите курсор мыши примерно в центр Вашего формата и зафиксируйте (левая кнопка мыши) новое положение плоскости вида с системой координат, как это показано на рис. 4.

Выберете в головном меню (вверху) **Вид** → **Дерево чертежа или Дерево построения** (установите галочку). В документе чертеж появится окошко с деревом построения (Рис. 5)

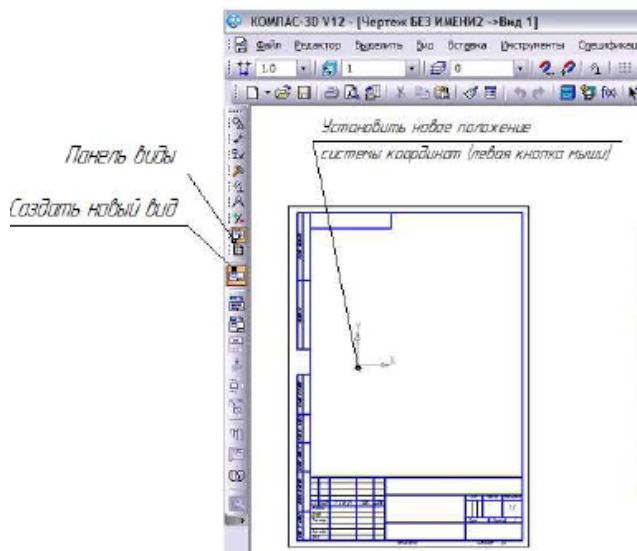


Рисунок 4 – Создание новой плоскости

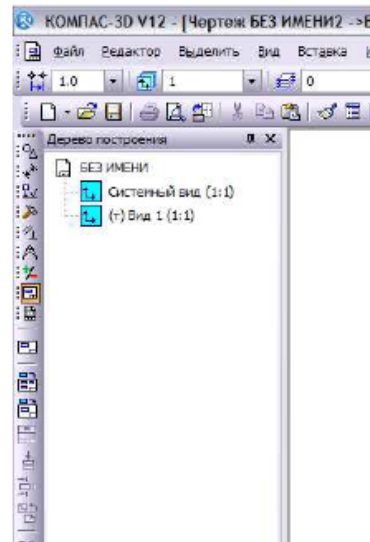


Рисунок 5 – Дерево построения

вида

Пример: построить окружность  $\varnothing 40$ , для этого:

1. В компактной панели инструментов (Рис. 6, а) выберите панель **Геометрия**, ниже активируйте команду **Окружность**. После нажатия команды "окружность" внизу по умолчанию появится панель свойств активной команды окружность (Рис 6, б).

2. Установите координату центра окружности, для этого наведите курсор в ячейку поля «X» введите 0, нажмите на клавиатуре **Tab** (переход из одной ячейки в другую) введите в ячейку поля «Y» 0, нажмите **Enter**. Переведите курсор в ячейку диаметр (радиус) и установите  $\varnothing 40$ , нажмите **Ctrl +Enter** или создать объект на панели специального управления (рис.6, б)

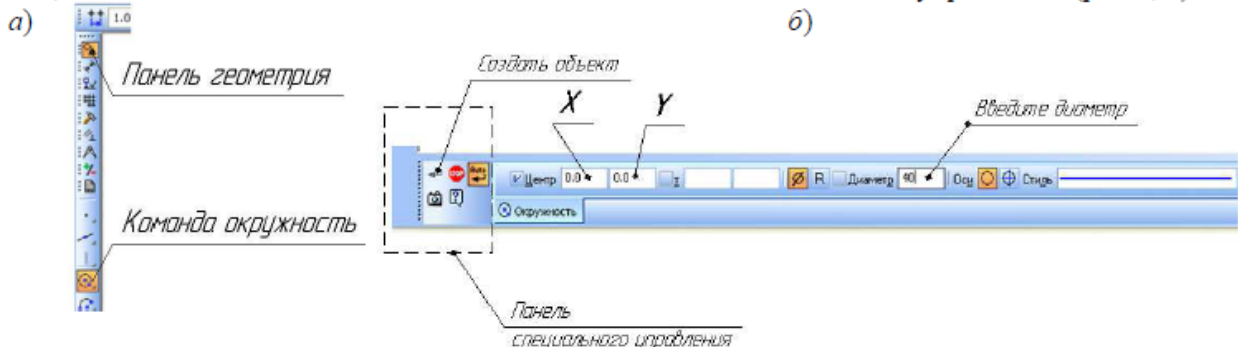


Рисунок 6 – Построение окружности а – Выбор команды окружность; б – Панель свойств

3. Установите диаметральный размер. Для этого в компактной панели инструментов, (рис. 7) выберите панель **Размеры**, ниже активизируйте команду **Диаметральный размер**, наведите курсор на построенный контур окружности (окружность станет красного цвета), щелкните один раз левой кнопкой мыши. Зафиксируйте появившейся фантом размера нажатием лавой кнопки мыши согласно стандартам ЕСКД или как на рис. 7. Нажмите **Esc**.



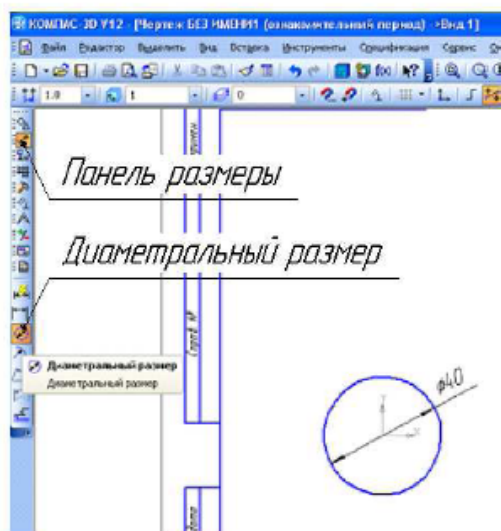


Рисунок 7 – Установка диаметрального размера

4. Нажмите *Esc*. В дереве чертежа или в дереве построения (слева вертикально). Наведите курсор мыши на строку **Вид 1 (1:1)** щелкните правой кнопкой мыши на строку (контекстное меню), выберете строку **Параметры вида**, рис.8.

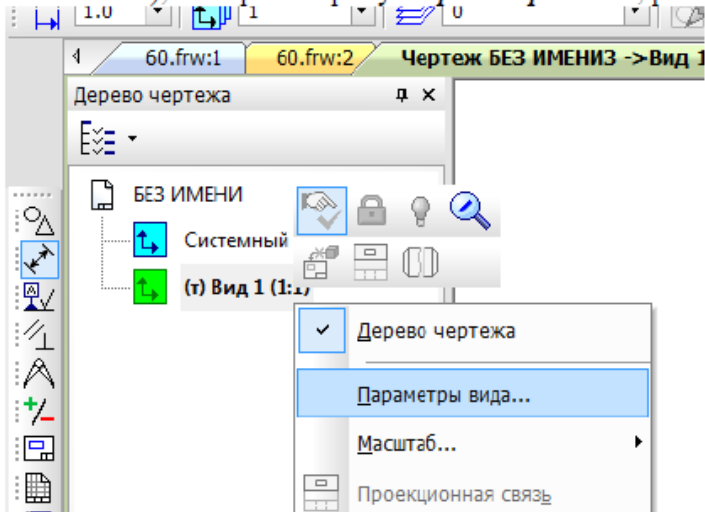


Рисунок 8 – Параметры вида

В параметрах вида внизу по умолчанию в панели свойств установите масштаб **2:1**, рис. 9. После выбора масштаба, нажмите **Создать объект** на панели специально управления в панели свойств, рис. 9.

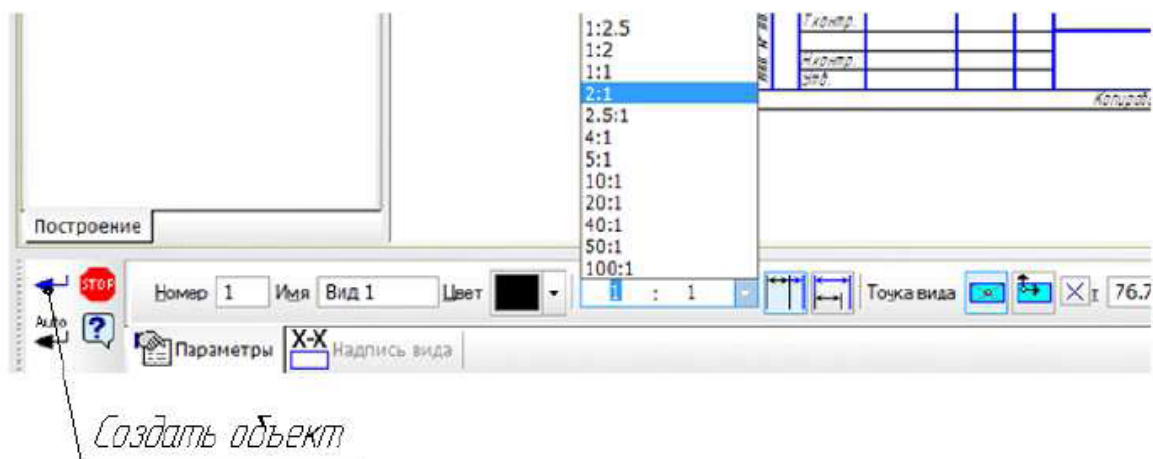


Рисунок 9 – Панель свойств параметра вида

В результате создания объекта масштаба окружности, изображение увеличится в два раза, рис. 10.

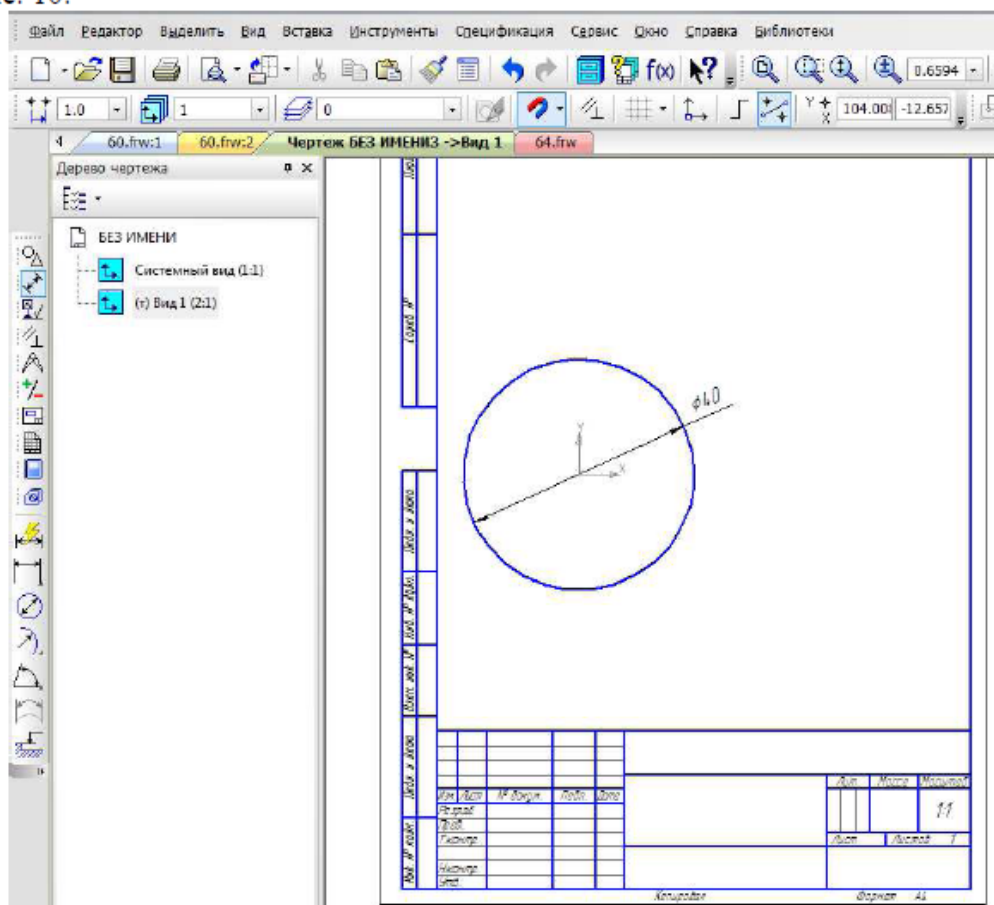


Рисунок 10 – Результат применения масштаба

#### 4 Формат

Формат бумаги – это стандартизованный размер бумажного листа. В разных странах в разное время были приняты в качестве стандартных листов различные форматы. В настоящее время доминируют две системы: международный стандарт (A4, A3, A2, A1, A0), североамериканский стандарт.

Форматы подразделяются на основные и дополнительные форматы. К основным форматам относятся формат с размерами сторон 1189x841 мм (площадь 1 м<sup>2</sup>) и другие форматы, полученные путем последовательного деления предыдущего основного формата на две равные части – линией, параллельной меньшей стороне предыдущего формата. Размеры сторон формата площадью 1 м<sup>2</sup> выбраны таким образом, чтобы при делении пополам большей стороны формата получался прямоугольник, подобный исходному.


*Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов в n раз, где n — целое число.*

Обозначение основных форматов состоит из буквы А и арабской цифры от 0 до 5. Обозначение дополнительных форматов состоит из обозначения основного формата и его кратности. Размеры основных и дополнительных форматов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Форматы

Основные форматы		Дополнительные форматы	
Обозначение	Размеры сторон, мм	Обозначение	Размеры сторон, мм
A0	841 x 1189	A0 x 2	1189 x 1682
		A0 x 3	1189 x 2523
A1	594 x 841	A1 x 3	841 x 1783
		A1 x 4	841 x 2378

A2	420 x 594	A2 x 3 A2 x 4 A2 x 5	594 x 1261 594 x 1682 594 x 2102
A3	297 x 420	A3 x 3 A3 x 4 A3 x 5 A3 x 6 A3 x 7	420 x 891 420 x 1189 420 x 1486 420 x 1783 420 x 2080
A4	210 x 297	A4 x 3 A4 x 4 A4 x 5 A4 x 6 A4 x 7 A4 x 8 A4 x 9	297 x 630 297 x 841 297 x 1051 297 x 1261 297 x 1471 297 x 1682 297 x 1892
A5	148 x 210	-	-
Примечание. Формат A5 допускается применять при необходимости			

1. В головном меню выберите закладку *Сервис* → *Менеджер документа* , в диалоговом окне поменяйте формат на формат A3 горизонтального расположения (ориентация), рис. 11.

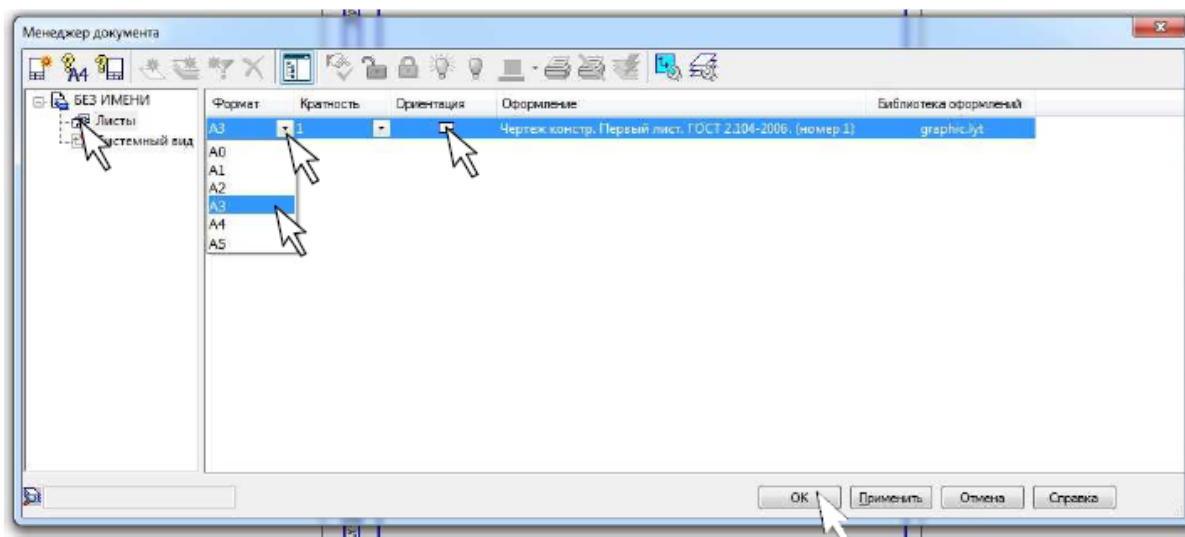


Рисунок 11 – Менеджер документа

2. Выделите окружность с размером с помощью рамки (левая кнопка мыши) или нажмите сочетание клавиш **Ctrl + A** (выделить все), изображение выделится и станет зеленого цвета.
3. Наведите курсор мыши на "зеленое", нажмите левую кнопку мыши, удерживая, переместите изображение в середину формата A3, рис. 12.

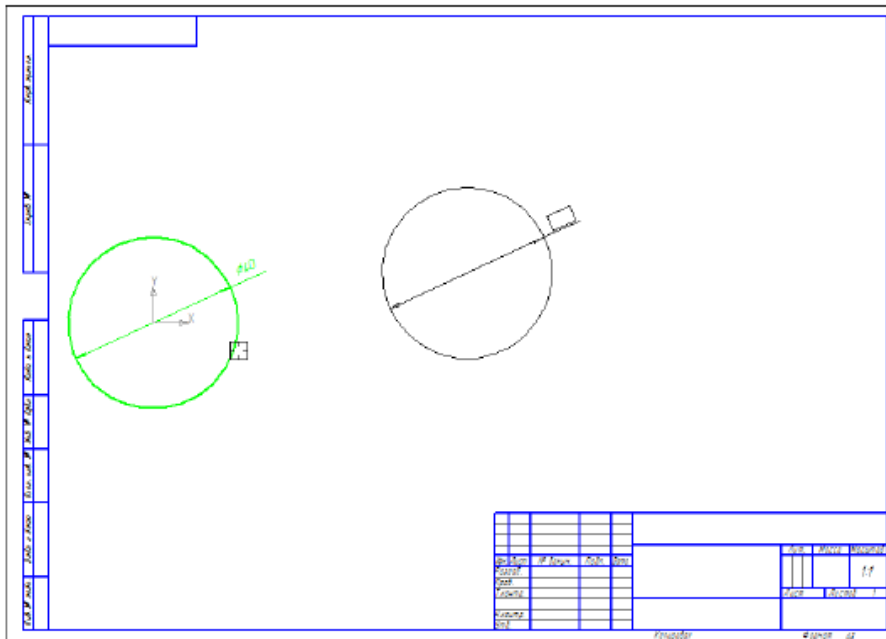



Рисунок 12 – Перемещение объектов  
5 Дополнительный формат

1. В головном меню выберите закладку *Сервис*, → *Менеджер документа* , в появившемся окне для примера выберите *Формат "A4"*, *Кратность "3"*, *Ориентация – горизонтальная*, ОК, рис. 13. Результат построения дополнительного формата, рис. 14.

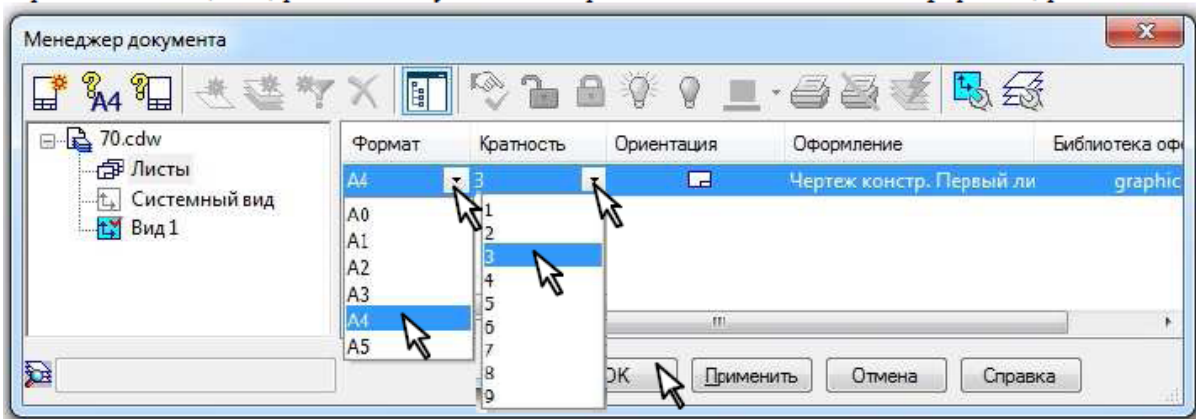


Рисунок 13 – Менеджер документа. Дополнительный формат (A4x3)

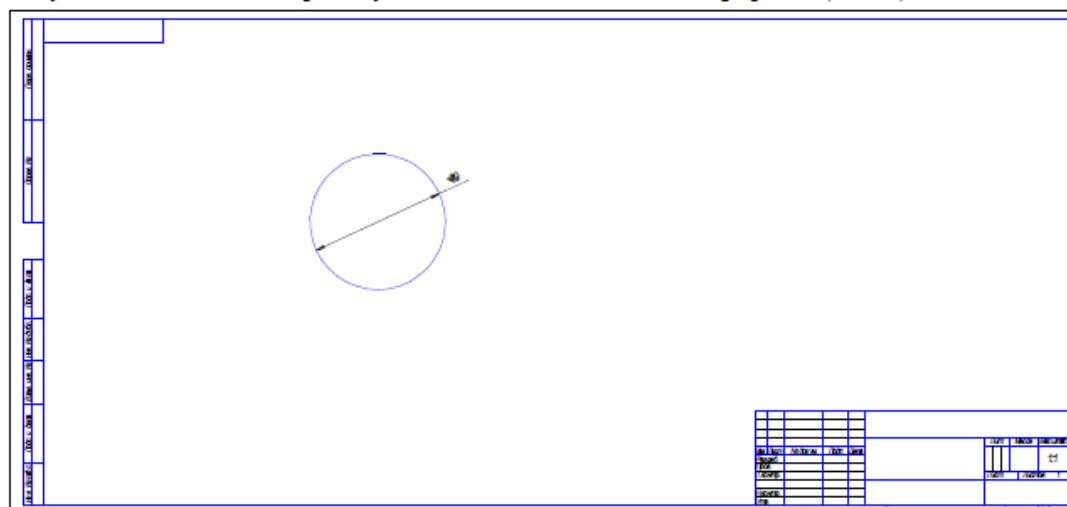




Рисунок 14 – Дополнительный формат (A4x3)

## 6 Последующие листы

1. В головном меню выберите закладку *Сервис*, → *Менеджер документа* , в появившемся окне нажмите на значок "Создать лист" , в окне появится новая строка формата, рис. 15.

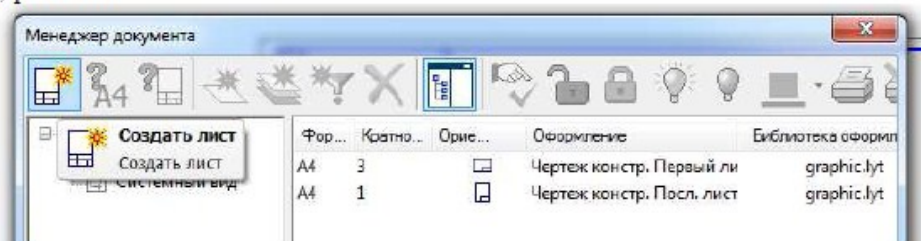


Рисунок 15 – Последующие листы

2. В программе можно поменять не только формат, но и оформление, (например спецификация, ведомость дипломного проекта, текстовый документ и др.). Для примера поменяйте оформление второго листа (Чертеж конструкторский Посл. листы. ГОСТ 2.104-2006) на оформление (Спецификация. Первый лист. ГОСТ 2.106-96 Ф1), смотри рис. 16.

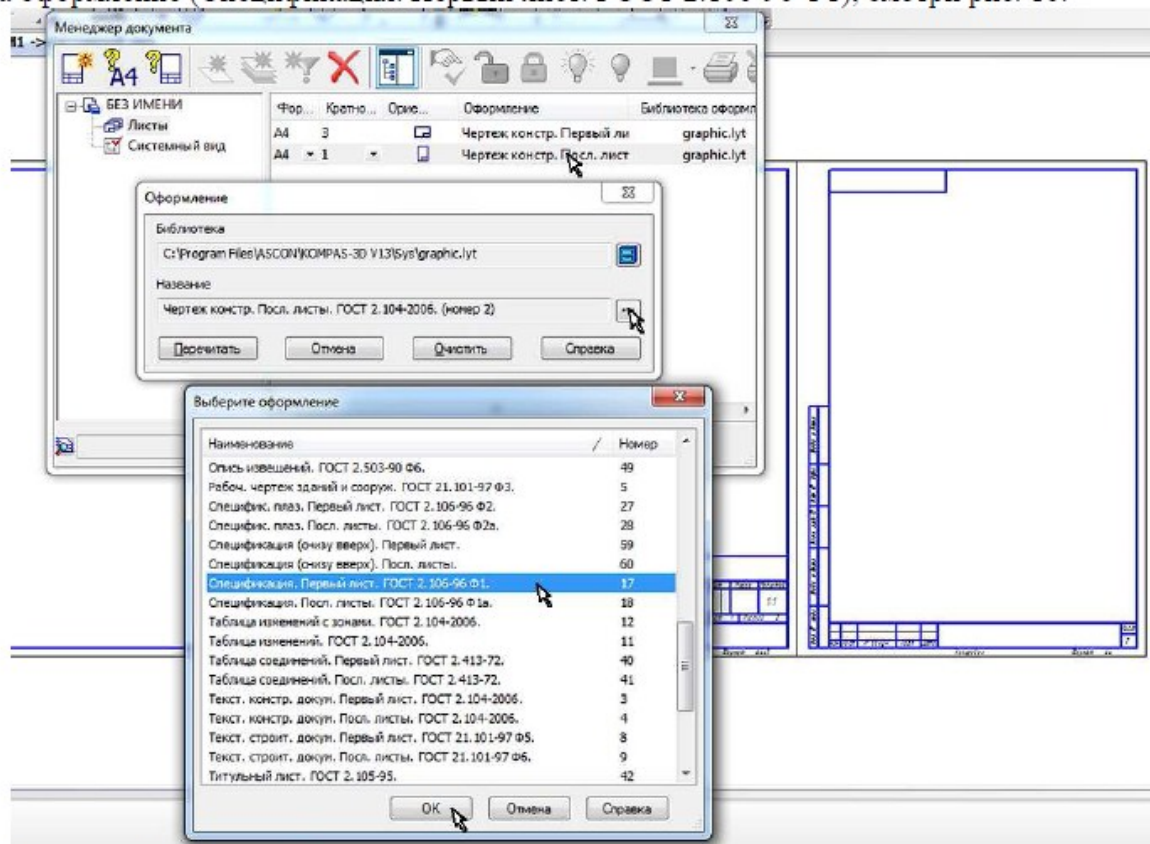


Рисунок 16 – Редактирование оформления чертежа

## 7 Основные надписи (ЕСКД ГОСТ 2.104-68)


Настоящий стандарт устанавливает формы, размеры, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах, предусмотренных стандартами Единой системы конструкторской документации.

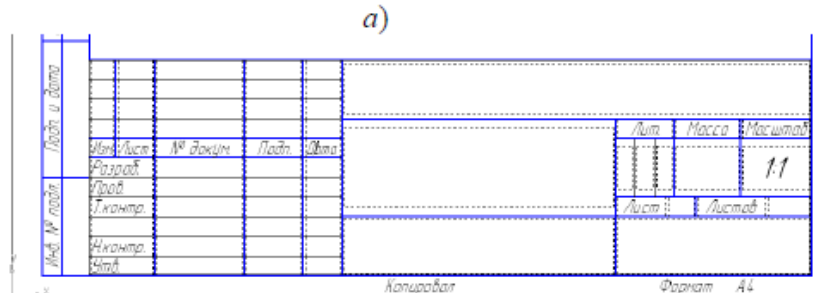
Содержание, расположение и размеры граф основных надписей, дополнительных граф к ним, а также размеры рамок на чертежах и схемах должны соответствовать форме 1, а в текстовых документах - формам 2, 2а и 2б.

Допускается для последующих листов чертежей, схем и текстовых документов применять форму 2а.

1. В главном меню выбрать **Файл** → **Создать** → **Чертеж** → **ОК**

2. Наведите курсор на основную надпись и щелкните по ней два раза (левая кнопка мыши), основная надпись перейдет в редактирование, рис. 17, а.

3. Заполните основную рамку согласно рис. 17, б. В пункт 7 напишите название детали "Пластина". Позиция 8 – материал можно выбрать через главное меню **Вставка** → **Текстовый шаблон** (рис. 18). В появившемся диалоговом окне выберете **Материалы** → **Цветные металлы** → **Алюминий и сплавы** → **Д16 ГОСТ 4784-97**, рис.19, выбранный материал внесите в основную рамку. Масса детали 1,57 кг. Остальные позиции внесите самостоятельно. По окончании заполнения основной надписи нажмите на панели специального управления панели свойств (внизу) создать объект , рис. 9.



б)

№ п/п.	Наименование
1	Шифр документа (ДП, ЛР, РГР и др.)
2	Факультет (ЛТФ, ФЗО, ТФ, СХФ)
3	Три последние цифры зачетки или студенческого
4	Номер основной сборочной единицы, входящей в изделие
5	Номер детали и сборочных единиц, входящих в основные сборочные единицы
6	Код документа (при заполнении основного документа поле не заполняется) (ПЗ, ВД, СБ, ВО, Э1 ... Э0, ТЧ, ГЧ, МЧ, ТУ и др.)
7	Название чертежа
8	Обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей)
9	Наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (графу не заполняют если различительный индекс содержится в обозначении документа);



Рисунок 17 – Заполнение основной надписи

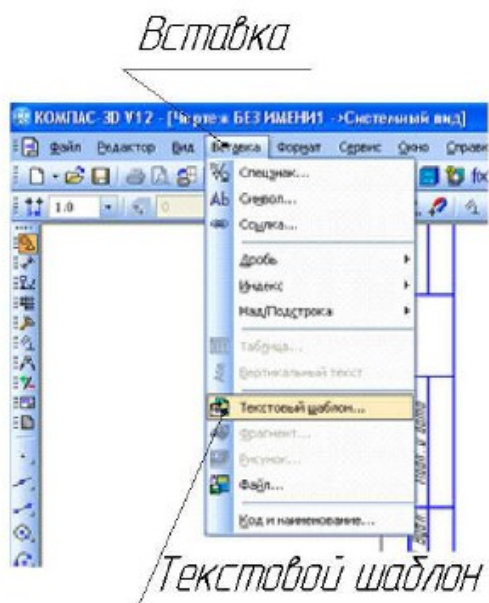


Рисунок 18 – Вставка текстового шаблона

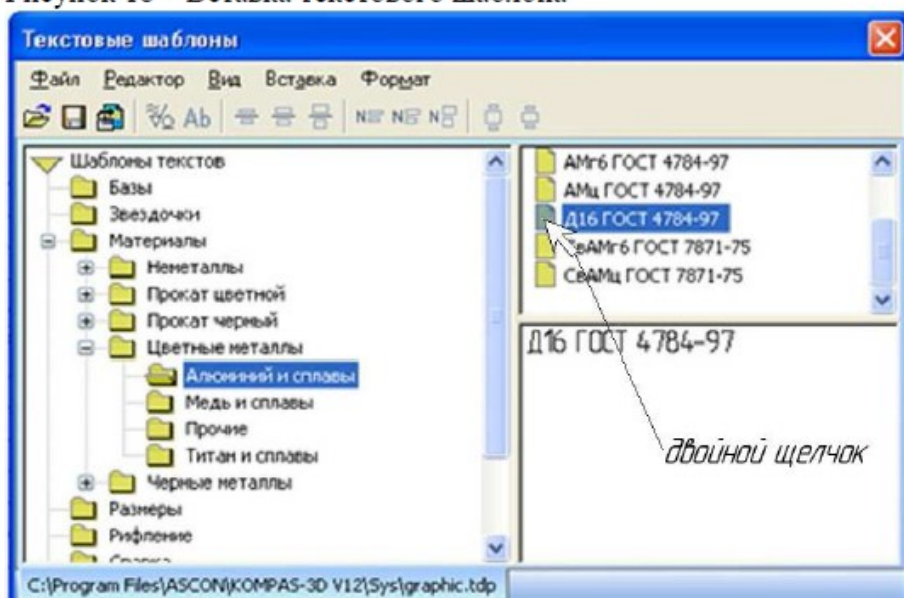




Рисунок 19 – Выбор материала

## Лабораторная работа 2

### **Название:**

Инструментальная панель, панель расширенных команд, команда Ввод отрезка, текущий стиль прямой, изменение текущего стиля прямой, удаление объекта, вспомогательная прямая.

1. Построение отрезка 1. Создайте документ через головное меню **Файл** → **Создать** → **Фрагмент**. В компактной панели инструментов, рис. 20 выберите панель Геометрия , ниже активизируйте команду Отрезок .

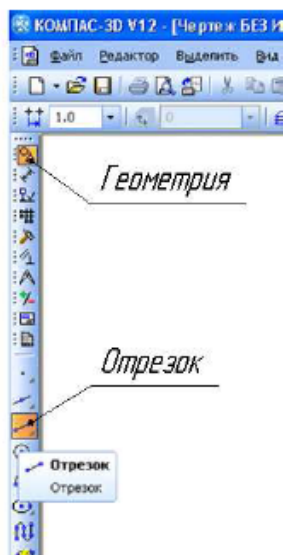


Рисунок 20 – Построение отрезка

Параметры отрезка для его создания и редактирования отображаются внизу по умолчанию в панели свойств, рис. 21.

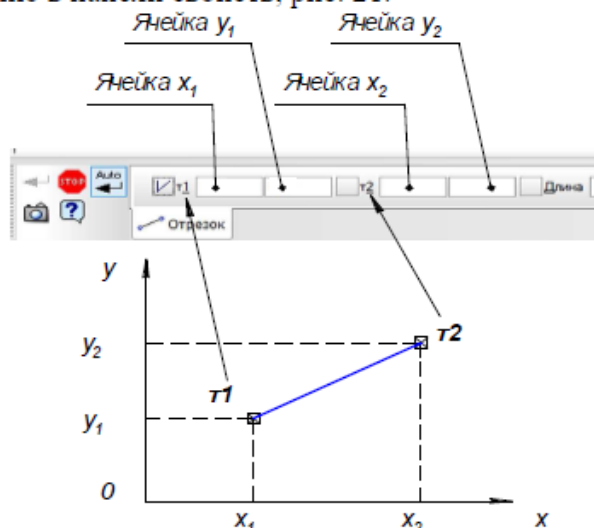



Рисунок 21 – Панель свойств команды отрезок

Заданы координаты концов отрезка  $T_1 (0, 0)$  и  $T_2 (50, 60)$ . Для этого подведите курсор к ячейке  $x_1$  (рис. 21), введите координату "0" с помощью клавиатуры. Далее нажмите клавишу "Tab" (переход от одной ячейки в другую), введите координату  $y_1$  "0", нажмите клавишу "Tab" введите координату  $x_2$  "50", нажмите клавишу "Tab" введите координату  $y_2$  "60", нажмите "Enter" или "Ctrl + Enter" отрезок построится автоматически.

Уменьшите изображение с помощью колесика мыши (покрутить колесико мыши), нажмите клавишу  $F_9$  – показать все. Попробуйте сдвинуть лист документа, для этого нажмите на колесико мыши, на курсоре отобразится значок сдвинуть , не отпуская колесико мыши, переместите мышку в сторону, изображение сдвинется, или активируйте на панели Вид сам значок сдвинуть, рис. 22, а).

2. Редактирование отрезка 1. Нажмите клавишу "Esc" (клавиатура) или "Stop" на панели специального управления, рис. 22. Панель свойств команды отрезок закроется.

а)

б)



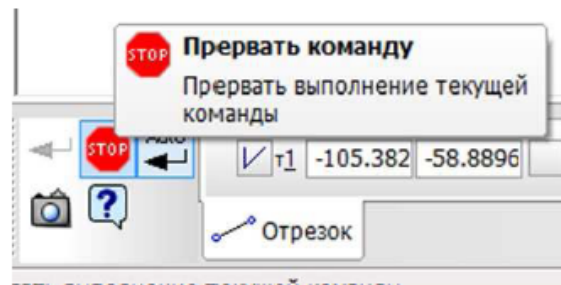
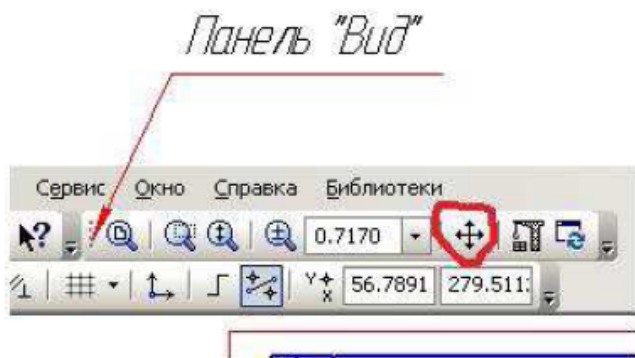





Рисунок 22 – Панель Вид – а; Панель специального управления – б

Наведите курсор  на построенный Вами отрезок, щелкните по нему два раза (левая кнопка мыши), после этого активизируется панель свойств (внизу). Установите курсор в ячейку поля  $x_2$  и отредактируете значение 49.9344 на 50, нажмите клавишу "Tab", поменяйте значение поля  $y_2$  59.9213 на 60. Нажмите на панели специального управления команду "Создать объект" , рис. 23 панель свойств закроется.

Почему все-таки произошла ошибка, вводили целые значения координат, а при его построении получили дробные значения координат. Ответ при работе с координатами точек T1 и T2 **обязательно** отключите кнопку округления  (F7), которая находится на панели Текущее состояние (вверху), рис. 24.

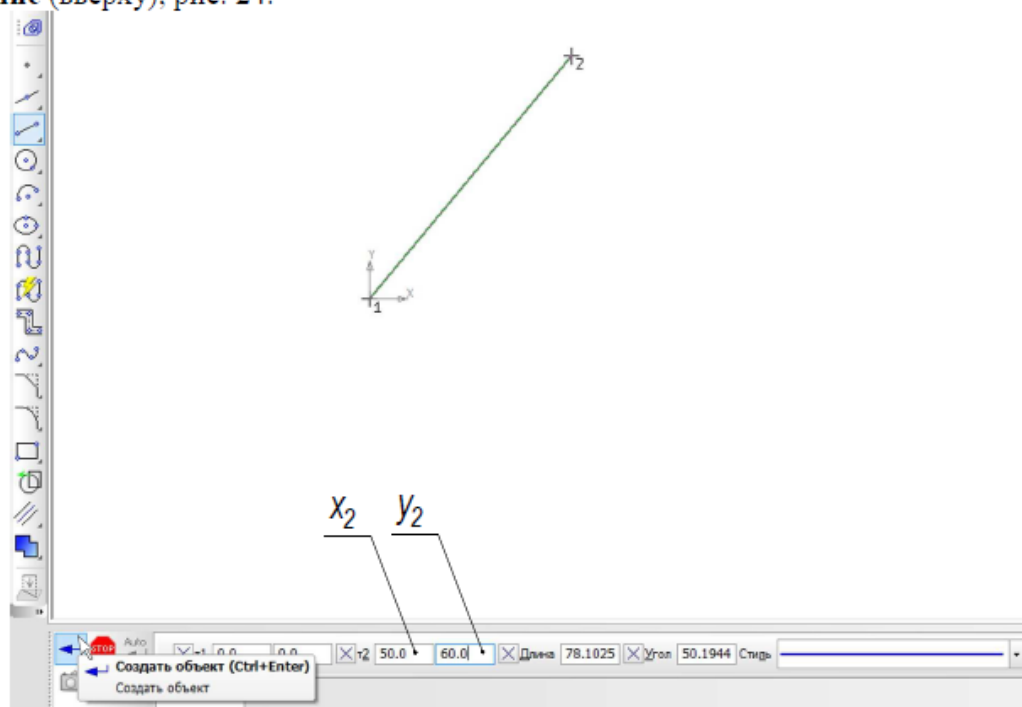


Рисунок 23 – Редактирование отрезка

### Панель текущего состояния

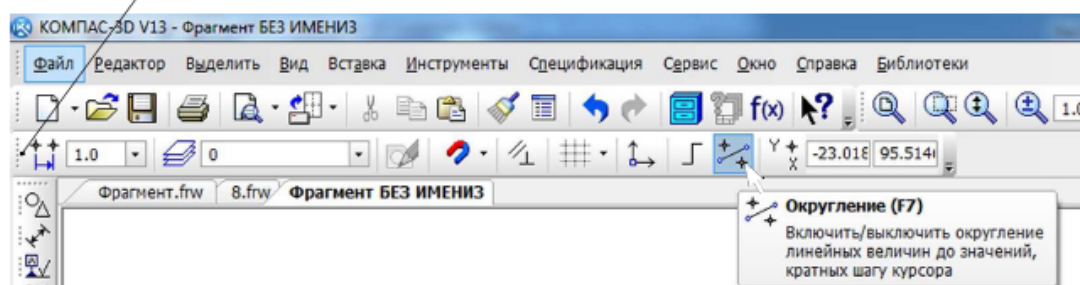



Рисунок 24 – Включить/выключить округление

3. Построение отрезка 2, зная координаты первой точки  $T_1$ , длину и угол наклона к оси  $x$ . Координата первой точки второго отрезка  $T_1$  равна координате второй точки первого отрезка. Выберите команду отрезок , наведите курсор на координату второй точки первого отрезка, на курсоре появится привязка "Ближайшая точка", рис. 25 и нажмите один раз левую кнопку мыши, координата первой точки зафиксируется. В ячейку длина введите "100" нажмите "**Enter**", в ячейку угол введите "0" нажмите "**Enter**" или "**Ctrl + Enter**" отрезок построится автоматически.

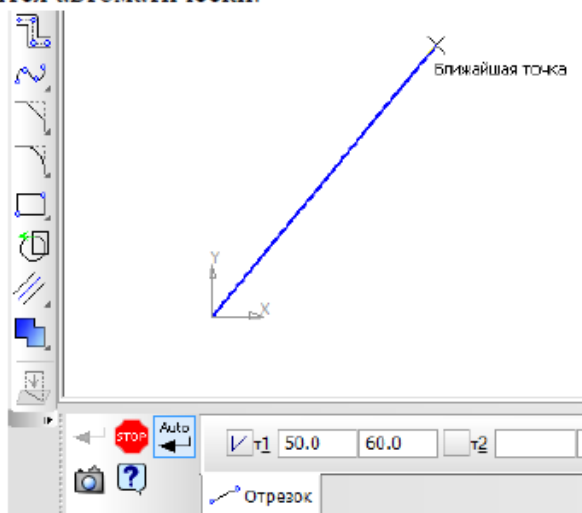


Рисунок 25 – Привязка, ближайшая точка

4. Построение отрезка 3. Аналогично с построением второго отрезка наведите курсор на координату второй точки первого отрезка, установите координату первой точки третьего отрезка. В ячейку длина введите "50" нажмите "**Enter**", в ячейку угол введите "90" нажмите "**Enter**" или "**Ctrl + Enter**", (рис. 26).

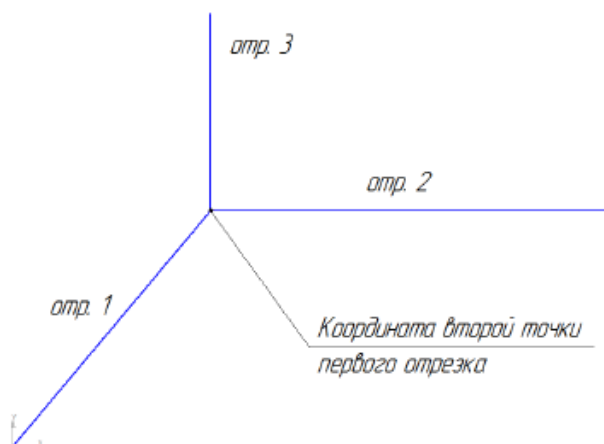



Рисунок 26 – Построение отрезка 3

5. Построение параллельного отрезка (отрезок 4).

Наведите курсор на команду отрезок  (слева), нажмите левую кнопку мыши и удерживайте её, появится панель расширенных команд, рис. 27, выберите параллельный отрезок (отпустите левую кнопку мыши на выбранной команде).

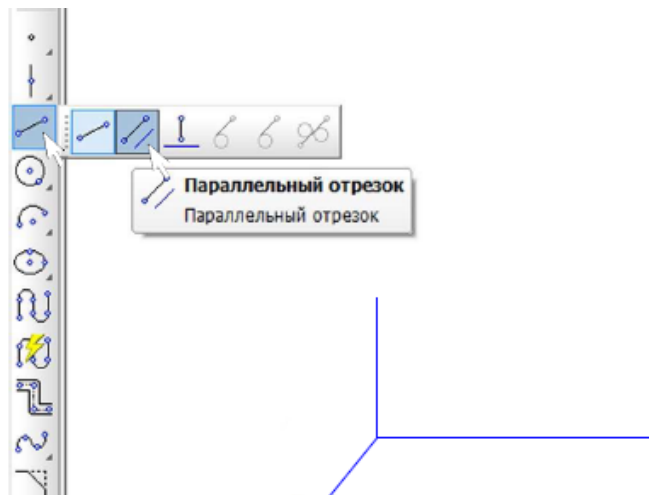



Рисунок 27 – Панель расширенных команд отрезка

Наведите курсор  на отрезок 2, рис. 28, а (отрезок станет красного цвета) щелкните один раз мышью по отрезку (левая кнопка). Переведите курсор на координату *второй точки третьего отрезка* и зафиксируйте координату первой точки (левая кнопка мыши), введите длину 70 (внизу) в панели свойств, нажмите "Enter" или "Ctrl + Enter". Результат построения, рис. 28, б.

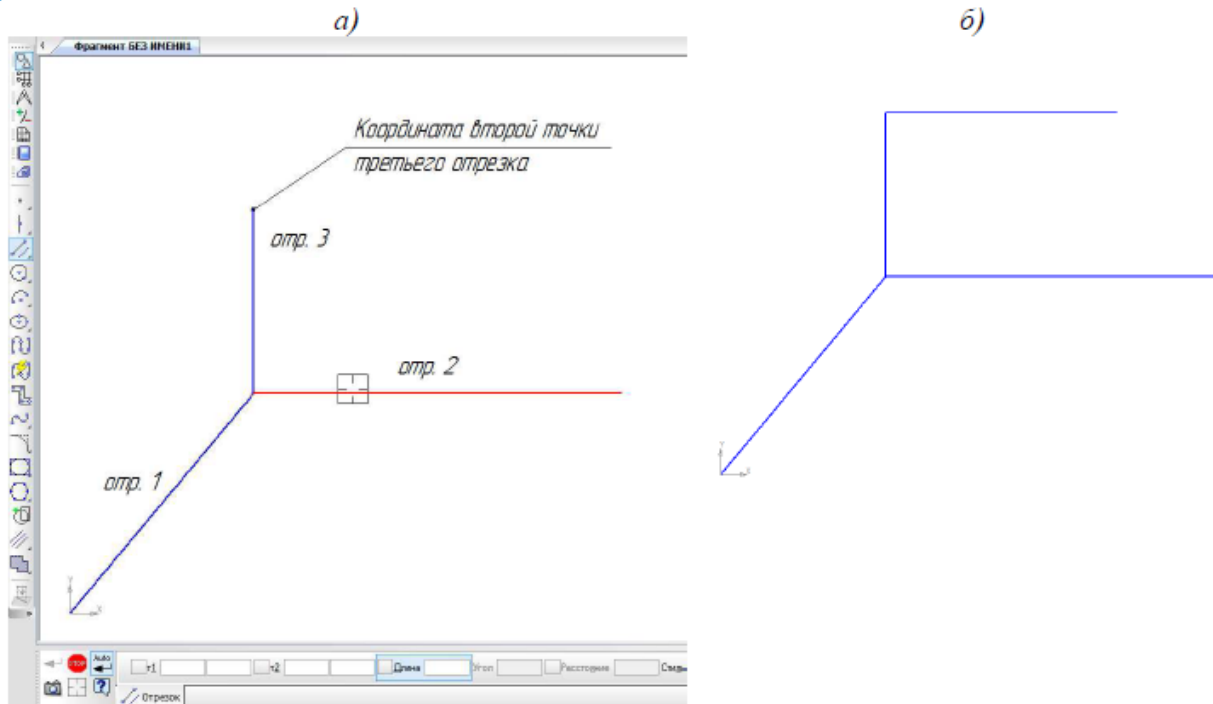



Рисунок 28 – Построение отрезка 4

6. Построение перпендикулярного отрезка (отрезок 5).

Выберите перпендикулярный отрезок на панели расширенных команд, рис. 29.

Наведите курсор  на отрезок 2 щелкните один раз мышью по отрезку, переместите курсор на координату *второй точки 4 отрезка* и зафиксируйте координату (левая кнопка мыши), рис. 30, а.

После того как Вы зафиксировали координату первой точки пятого отрезка, опустите курсор вниз, как это показано на рис. 29, б и зафиксируйте координату второй точки произвольно (левая кнопка). (Если у Вас не получилось, начните заново, нажав клавишу Esc).

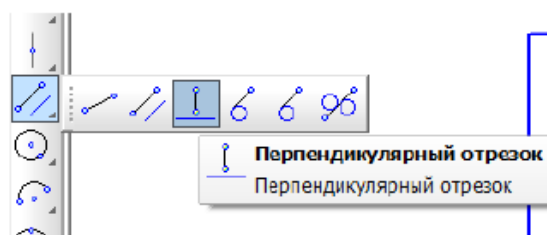


Рисунок 29 – Панель расширенных команд отрезка

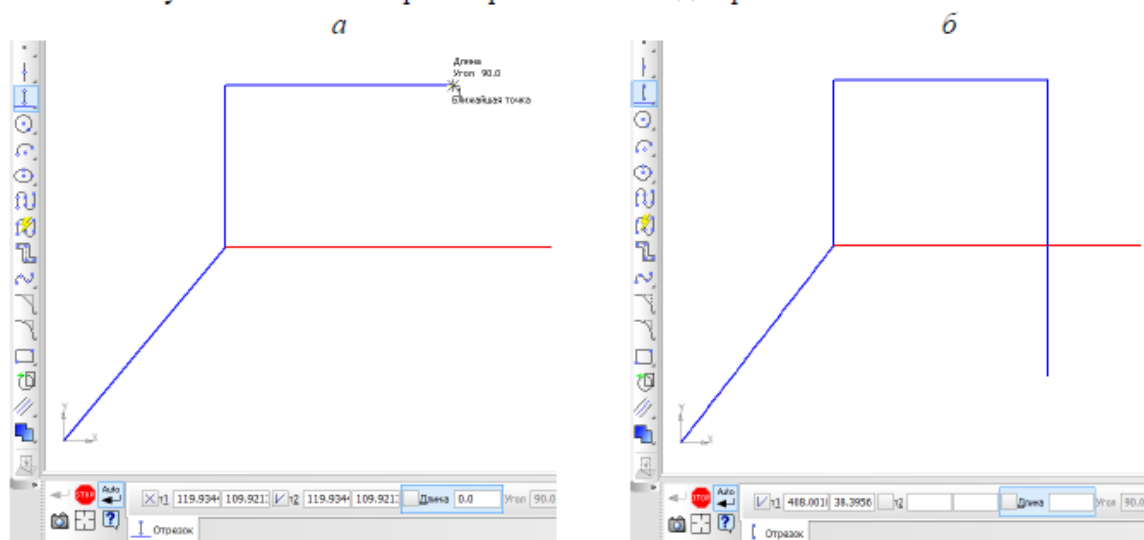





Рисунок 30 – Построение перпендикулярного отрезка

7. Усечение объектов. В компактной панели инструментов (слева) активизируйте панель *Редактирование* , выберите команду "Усечь кривую" . Наведите курсор  как это показано на рис. 31 и удалите ненужные части отрезков (последовательно) нажимая левую кнопку мыши.

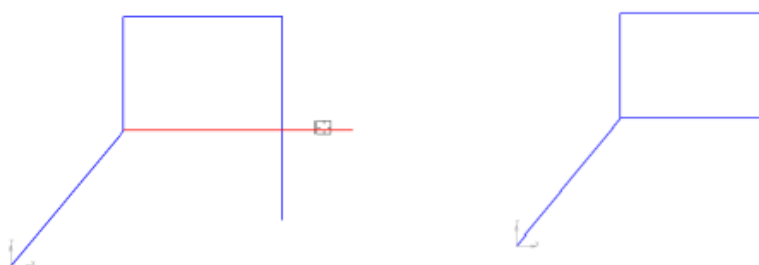


Рисунок 31 – Усечение объектов

8. Удаление объектов. Нажмите клавишу "Esc". Для того чтобы удалить объекты их сначала нужно выделить. Выделить объекты можно рамкой или левой кнопкой мыши удерживая клавишу "Ctrl". Выделите объекты рамкой, рис. 32, а (курсор мыши ведите с лева, направо удерживая левую кнопку мыши). Выделенные объекты, рис. 32, б перейдут в зеленый цвет, после выделения нажмите клавишу на клавиатуре "Delete". Результат удаления, рис. 32, в.

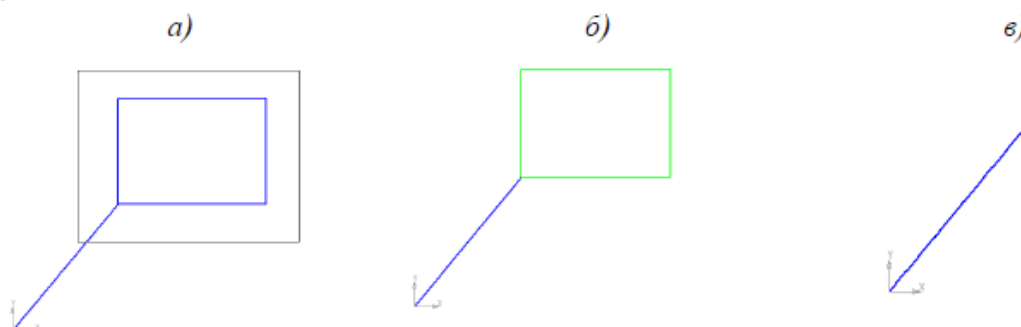


Рисунок 32– Выделение и удаление объектов

### Лабораторная работа 3

#### Название:

#### Чертеж детали

По заданным размерам изображения рис. 33 выполнить чертеж детали. Скругление. Фаска. Нанесение штриховки. Простановка размеров: линейных, диаметральных и радиальных. Редактирование: симметрия.

Чертеж детали – это изображение и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

Деталь – изделие, являющееся частью машины, изготовленное из однородного по структуре и свойствам материала без применения каких-либо сборочных операций.

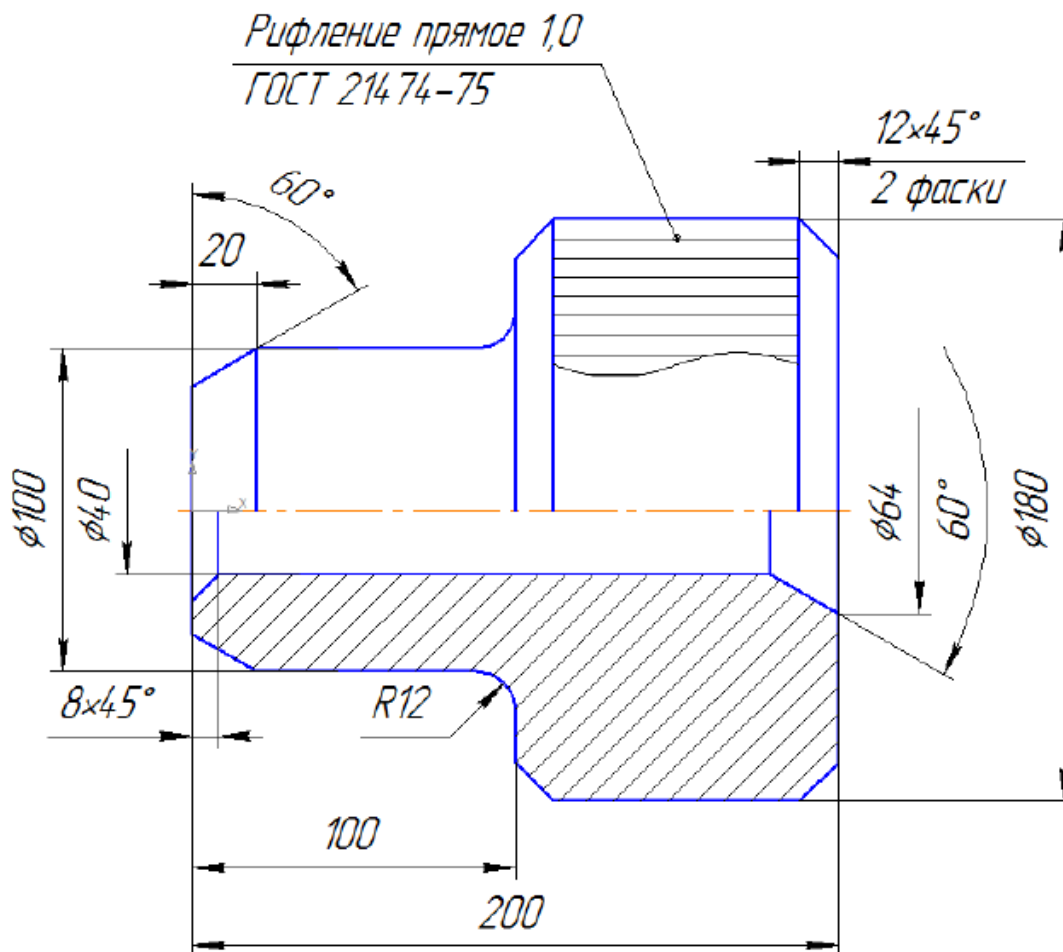




Рисунок 33 – Изображение детали

#### Описание выполнения работы:

На панели головного меню выберете закладку **Файл** → **Создать** → **Чертеж** → **ОК**

1. В компактной панели инструментов (слева) найдите панель **виды**, , выберете команду **Создать новый вид** . Установите новую плоскость "вида" справа от формата (левая кнопка мыши), как это показано на рис. 34.

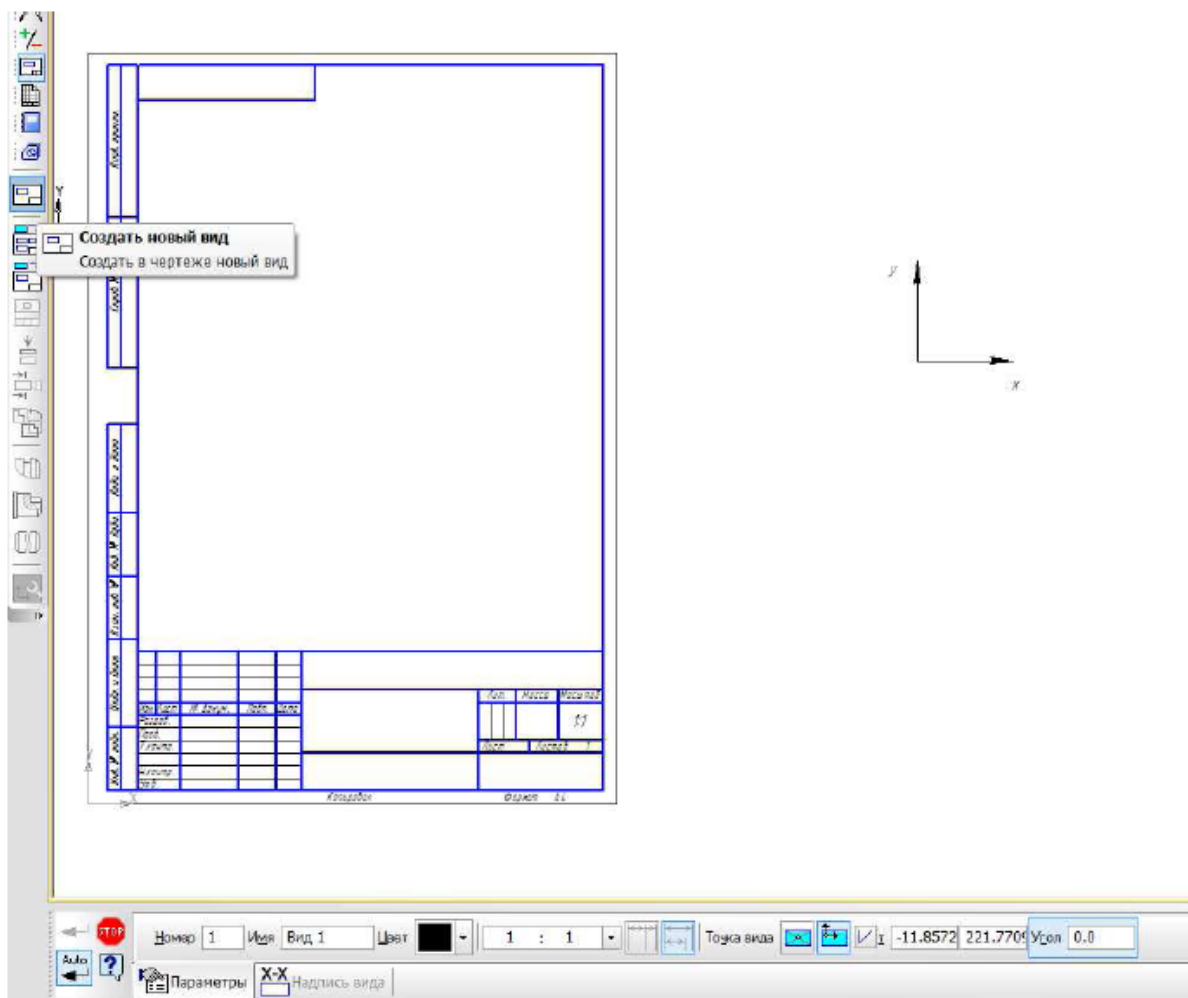






Рисунок 34 – Установка новой плоскости вида

2. В компактной панели инструментов, рис. 35 выберите панель "**Обозначения**"

, выберите команду "**Осевая линия по двум точкам**" . С помощью мышки установите курсор в начало координат и нажмите левую кнопку мыши, первая координата точки зафиксируется. В строке параметров (панель свойств) введите значение длины осевой линии 200, нажмите "**Tab**", введите угол 0, нажмите "**Enter**" или "**Ctrl + Enter**" отрезок построится автоматически, рис. 35.

3. В компактной панели инструментов выберите панель **Геометрия**  ниже активизируйте команду **Отрезок** . С помощью мышки установите курсор в начало координат и нажмите левую кнопку мыши, координата первой точки зафиксируется. Введите длину второго отрезка 50, угол 90.

– Третий отрезок длиной 100, угол 0, координата первой точки равна координате второй точки второго отрезка, рис. 36.

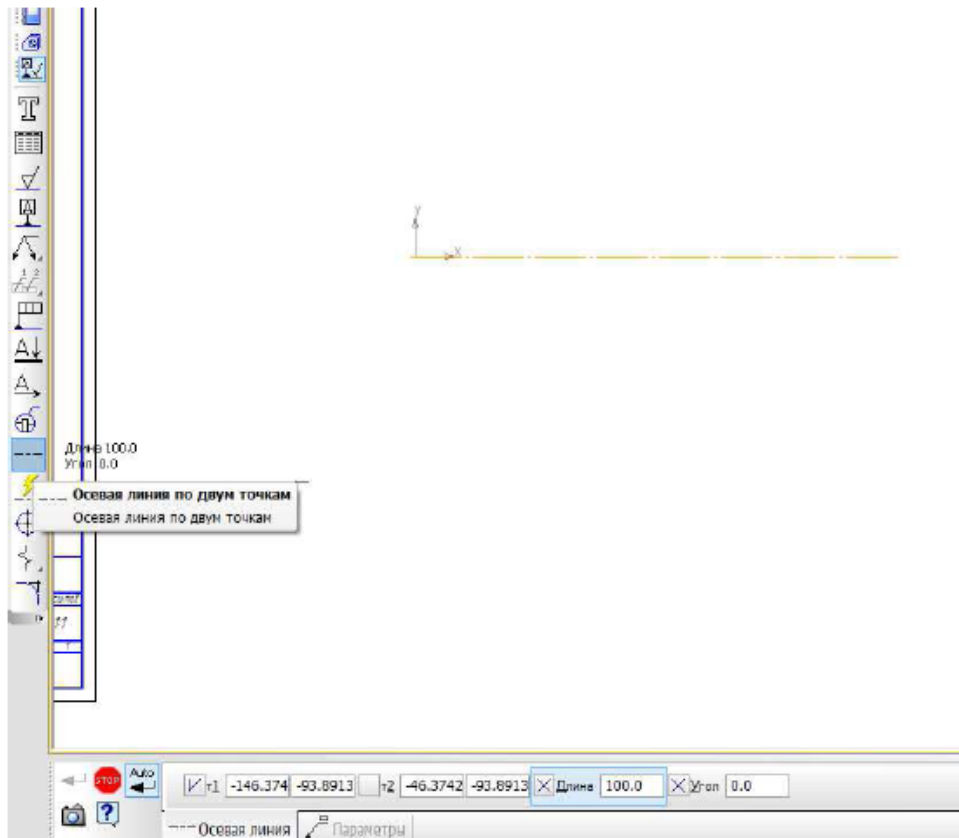


Рисунок 35 – Построение осевой линии

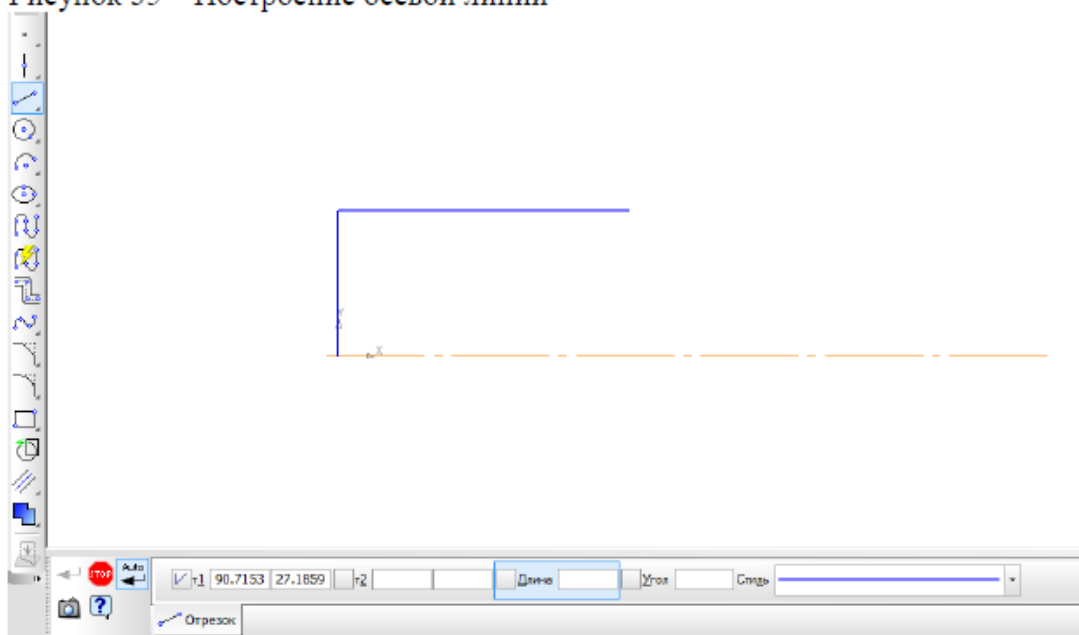


Рисунок 36 – Построение изображения детали

– Четвертый отрезок – длиной 90 и значением угла 90, координата первой точки равна координате второй точки *первого отрезка* (осевая линия). Пятый отрезок – длиной 100, угол 180 координата первой точки равна координате второй точки четвертого отрезка, рис. 37.

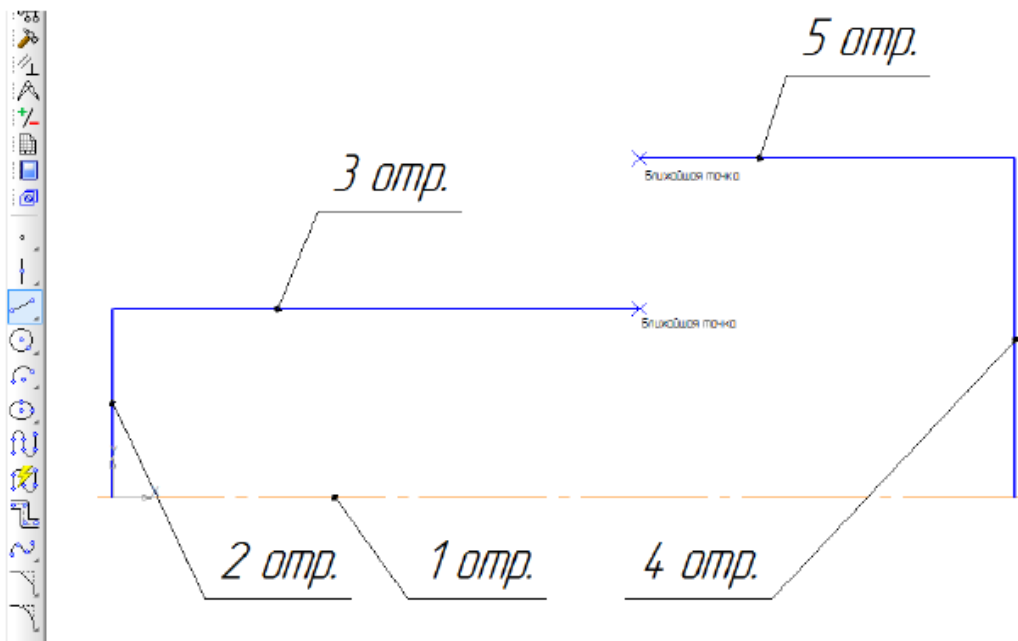


Рисунок 37 – Построение изображения детали

– Для построения шестого отрезка необходимо соединить концы отрезков 5 и 3.

3 Для выполнения фаски с катетом 12 на  $45^\circ$ , рис. 33 задания (2 фаски).

Активизируйте на панели **Геометрия** команду **Фаска**. Строка параметров для этой команды показана на рис. 38.



Рисунок 38 – Панель свойств параметров построения фаски

Поле длины фаски активно, поэтому введите в ячейку "Длина1" «12» и нажмите [Enter], поле угла фаски становится активным. Установите значение угла  $45^\circ$ , нажмите [Enter].

Подведите курсор к одной стороне прямой и нажмите левую кнопку мыши, затем к другой, (рис. 39) фаска построена. Выполните построение второй фаски самостоятельно.



Рисунок 39 – Построение фаски  $12 \times 45^\circ$



Для построения фаски с катетом 20 мм и угол  $60^\circ$ , рис. 33 задания. Установите соответствующие значения в полях длины фаски 20 и угол  $30^\circ$  (половину от шестидесяти градусов). Для построения фаски, отличающегося от угла  $45^\circ$ , важно правильно выбрать первое положение курсора. Так как длину фаски "20" определяет горизонтальный размер, необходимо первым указать горизонтальный отрезок, затем вертикальный, рис. 40.

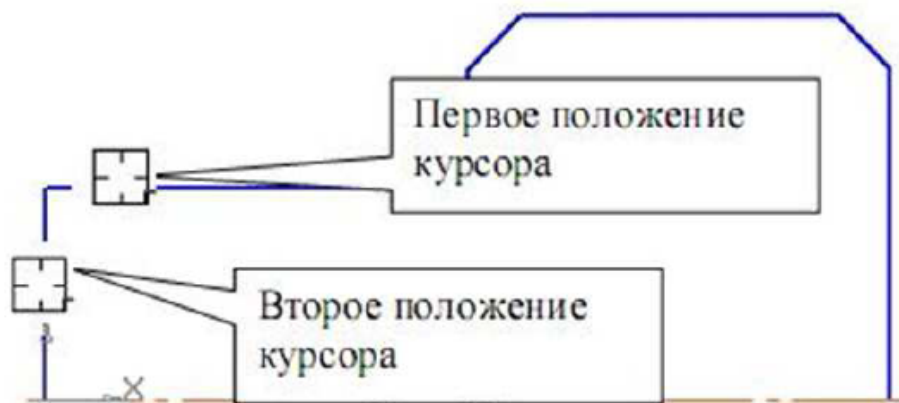




Рисунок 40 – Построение фаски

4 Для построения скругления R12, рис. 33 поступаем следующим образом на панели **Геометрия**  выберем команду **Скругление** . В панели свойств введите радиус скругления 12 и на чертеже с помощью курсора укажите соответствующие отрезки, отр. 6 и отр. 3, рис. 41. Скругление построится автоматически.

#### *Последовательное установка курсора*

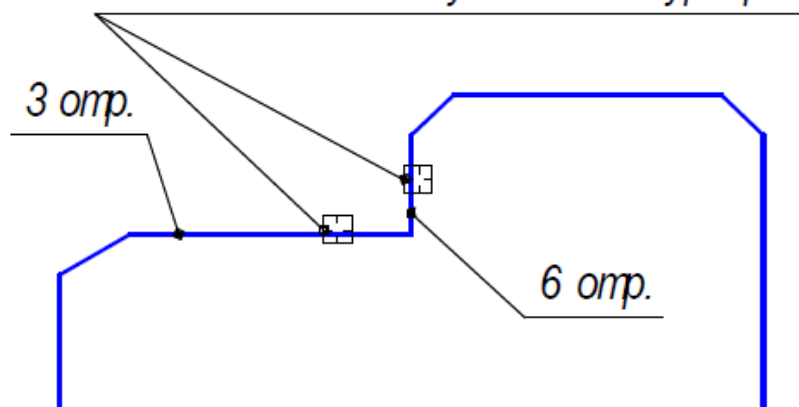


Рисунок 41 – Построение скругления R12

5 Выполнение симметрии. Чтобы отобразить контур относительно оси симметрии, сначала его необходимо выделить рамкой, для этого перед выполнением нажмите клавишу "Esc" (можно несколько раз) наведите курсор, как это показано на рис. 42 и укажите рамку (удерживая левую кнопку мыши). *Рамку вести справа налево.*

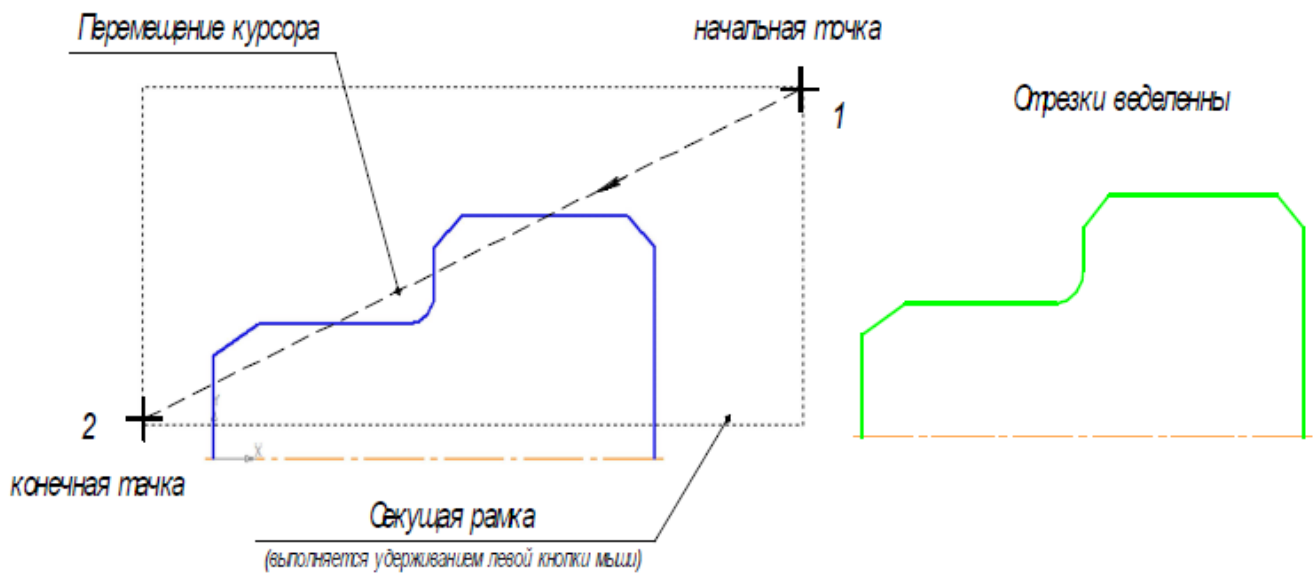




Рисунок 42 – Выделение объектов рамкой

После выделения объектов рамкой, выберете панель редактирование , активируйте команду симметрия , рис. 43.

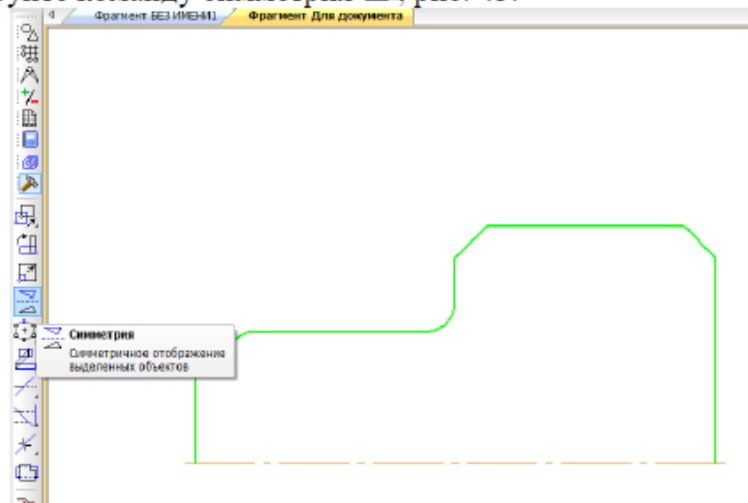


Рисунок 43 – Выбор команды симметрия

Наведите курсор на отрезок 1, рис. 44 (осевая линия), произвольно выберете сначала одну точку, затем вторую на осевой линии, контур построится. Нажмите "Esc".

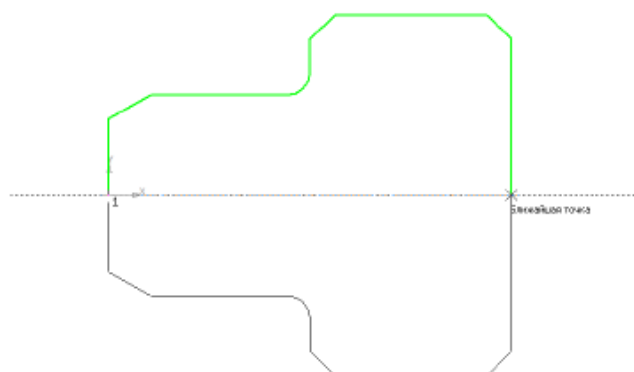




Рисунок 44 – Выполнение симметрии

6 Построение горизонтальной прямой, определяющей на разрезе отверстие диаметром 40 мм, выберете команду окружность  в панели геометрия . Зафиксируйте центр окружности в начало координат и введите диаметр 40, нажмите "Enter" или "Ctrl + Enter" окружность построится автоматически, рис. 45.

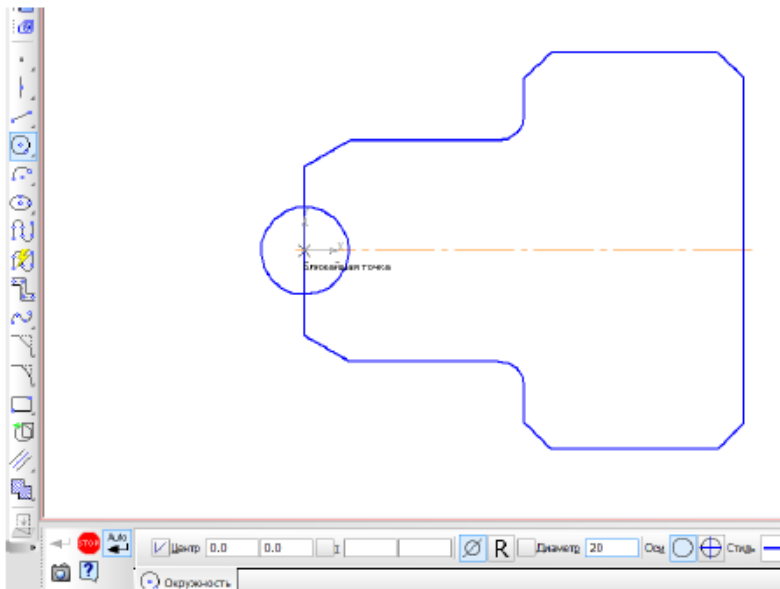



Рисунок 45 – Построение окружности, в качестве вспомогательного объекта

Выберете **Отрезок** , зафиксируйте координату первой точки T1 (левая кнопка мыши) так как показано на рис. 46, введите длину 200 угол 0, по окончании нажмите "**Enter**" или "**Ctrl + Enter**", отрезок построен. Нажмите "**Esc**".

Удаление окружности. Наведите курсор на окружность щелкните левой кнопкой мыши один раз, нажмите "**Delete**", окружность удалится.

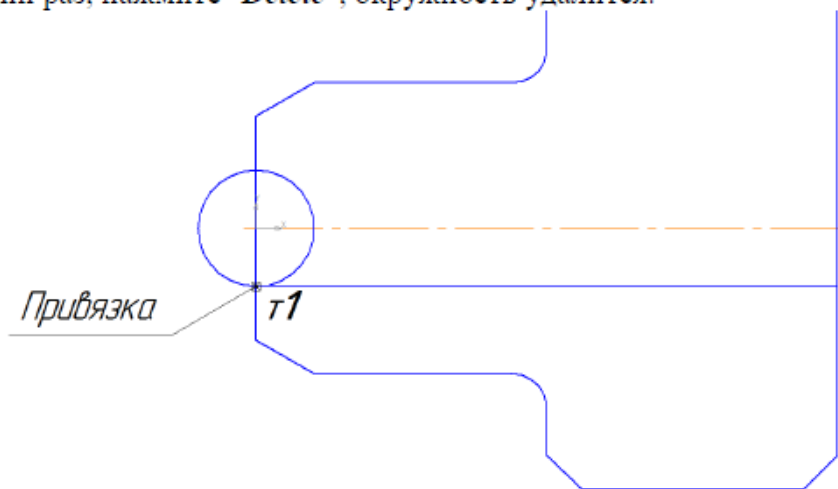




Рисунок 46 – Построение отрезка прямой

7 Для построения фаски с катетом  $8 \times 45^\circ$ , рис. 33 задания. На панели **Геометрия**  вызовите команду **Фаска** . Введите данные значения катета 8 и угол  $45^\circ$ , и постройте фаску рис. 47.

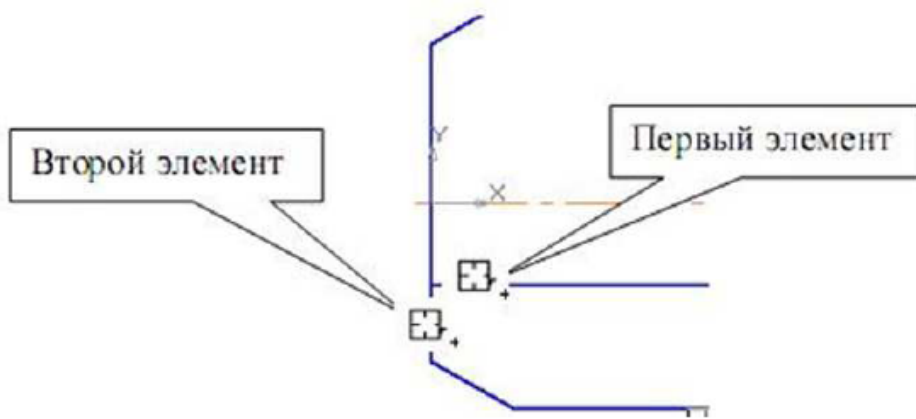





Рисунок 47 – Построение элемента фаски 8x45°  
8 Фаска  $\varnothing 64$  и угол 60°

Для построения фаски, заданной диаметром  $\varnothing 64$  и угол 60°. Зная точку начала фаски можно ее построить. Для этого найдем точку начала фаски, выберите команду окружность  в панели геометрия . Центр окружности зафиксируйте в  $\tau_2$  первого отрезка, введите диаметр окружности 64, нажмите "Enter" или "Ctrl + Enter", рис. 48, а.

Выберите **Отрезок** , зафиксируйте координату первой точки  $\tau_1$  (левая кнопка мыши) так как показано на рис. 47, б, введите угол 150°, затем с помощью курсора проведите отрезок и зафиксируйте вторую точку произвольно, как на рисунке. (Угол 150° получили путем складывания 90°+60°, рис. 49, а).

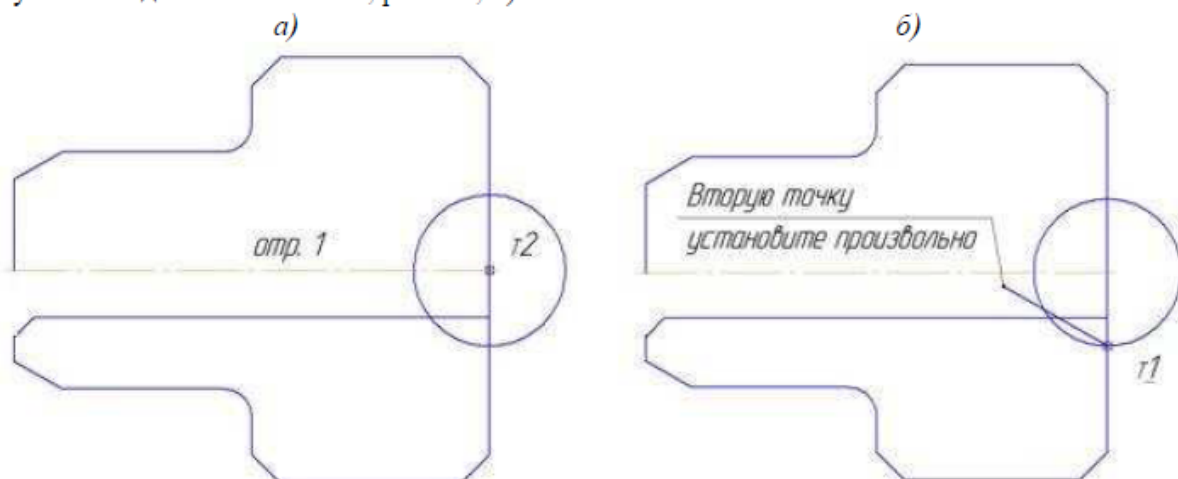



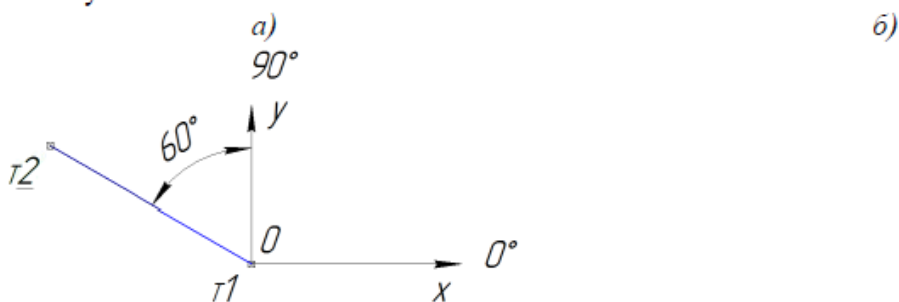


Рисунок 48 – Построение элемента фаски  
Редактирование элемента фаски (Рис. 49, б).

1 – Удалите окружность  $\varnothing 64$

2 – В компактной панели инструментов (слева) активизируйте панель

**Редактирование** , выберите команду "Усечь кривую" . Наведите курсор  как это показано на рис. 49, б и удалите ненужные части отрезков (последовательно) нажимая левую кнопку мыши.



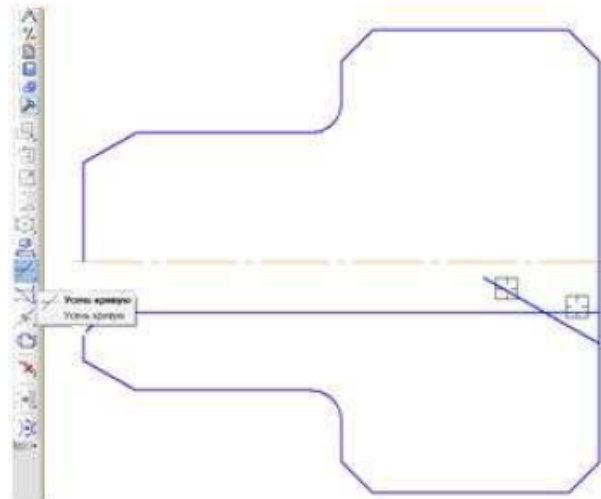


Рисунок 49 – Редактирование элемента фаски  
9 Нанесение штриховки.

На панели **Геометрия** вызовите команду штриховка. Щелкните один раз на площадь штриховки, нажмите на панели специального управления команду "**Создать объект**", рис. 50.

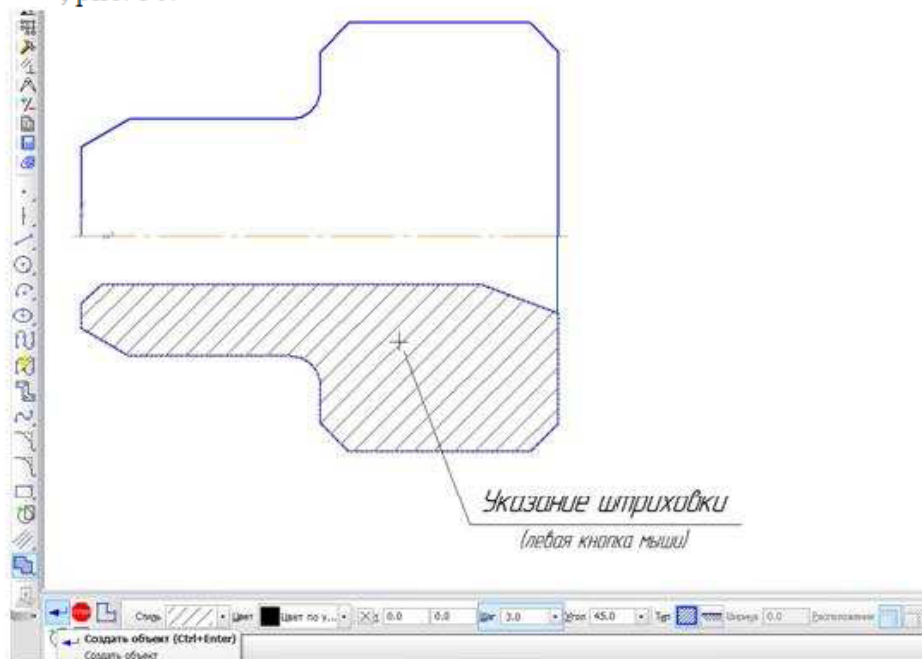


Рисунок 50 – Нанесение штриховки  
10 Построение недостающих линий контура

Включите команду **Ортогональное черчение** (F8), рис. 51.



Рисунок 51 – Команда **Ортогональное черчение**

Выберите команду **Отрезок**.

Проведите вертикальные отрезки прямих до осевой линии, как это показано на рис. 52. Используйте привязки при построении.

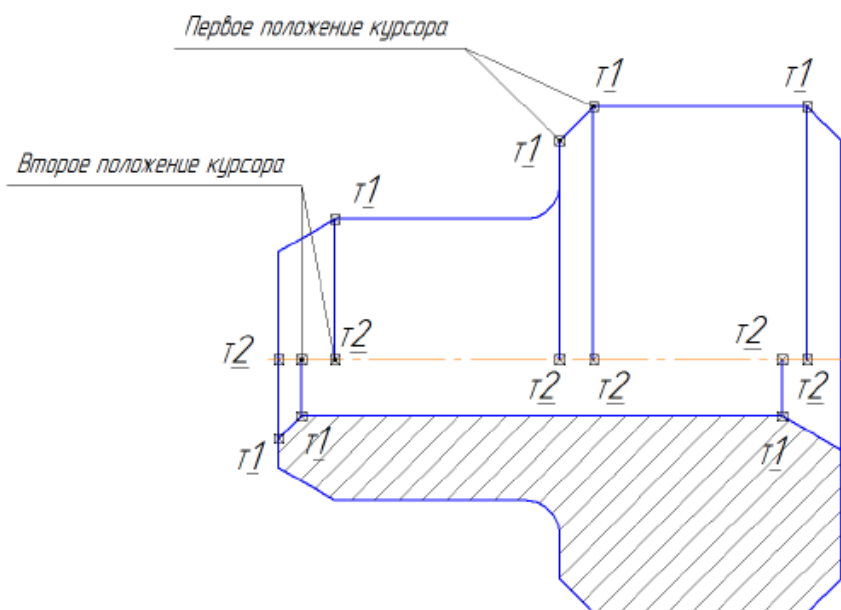




Рисунок 52 – Построение (вертикальных) линий  
11 Установка размеров

Отключите **Ортогональное черчение**  (F8).

Выберите в головном меню (вверху) **Вид** → **Дерево чертежа** или **Дерево построения** (установите галочку). (Рис. 5)

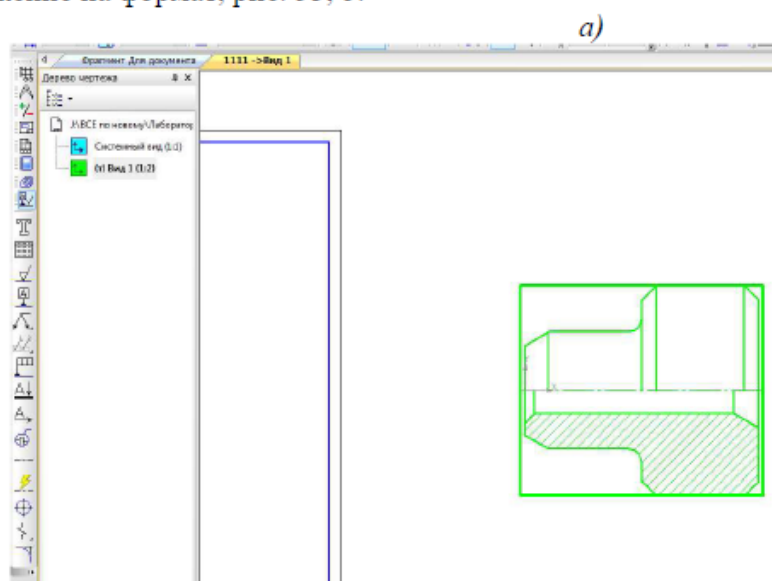
В дереве чертежа или в дереве построения выберите строку **Вид 1 (1:1)** щелкните правой кнопкой мыши (контекстное меню), выберите строку **Параметры вида**, рис.8.

В параметрах вида внизу в панели свойств установите масштаб **1:2**. После выбора масштаба, нажмите **Создать объект**  на панели специально управления в панели свойств.

Ваше изображение детали уменьшится в два раза.

Требуется переместить изображение детали на формат. Для этого щелкните один раз левой кнопкой мыши на строку **Вид 1 (1:1)**. На чертеже выделится изображение полностью, рис. 53, а.

После этого наведите курсор на выделенное изображение детали и перетащите изображение на формат, рис. 53, б.



б)

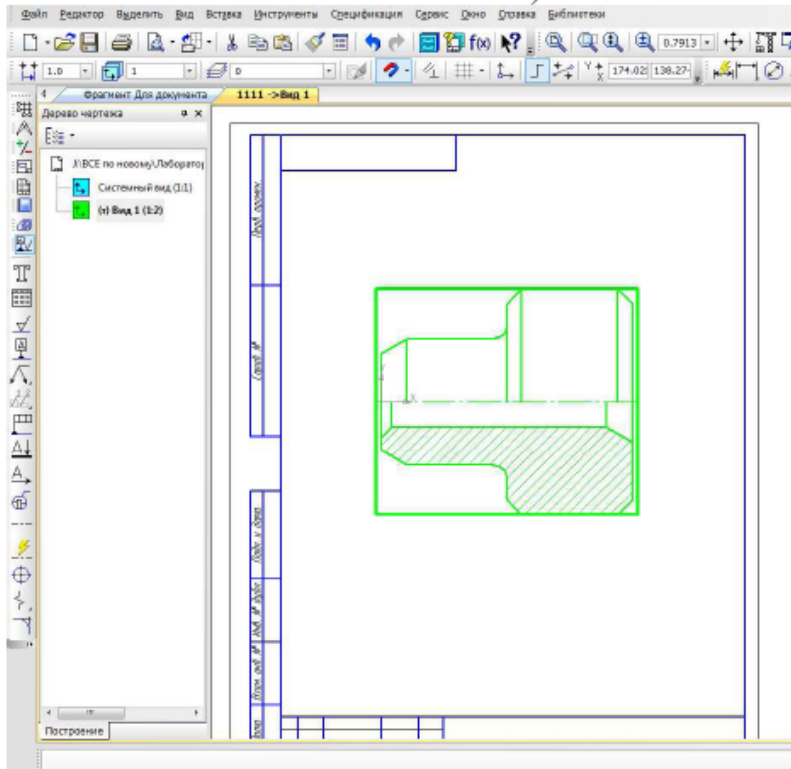




Рисунок 53 – Редактирование плоскости вида

Горизонтальные размеры. В компактной панели инструментов выберите панель **Размеры** , ниже активизируйте команду **Линейный размер** , В панели свойств, вызовите **Размерную надпись** (щелкнуть на текст), рис. 54.

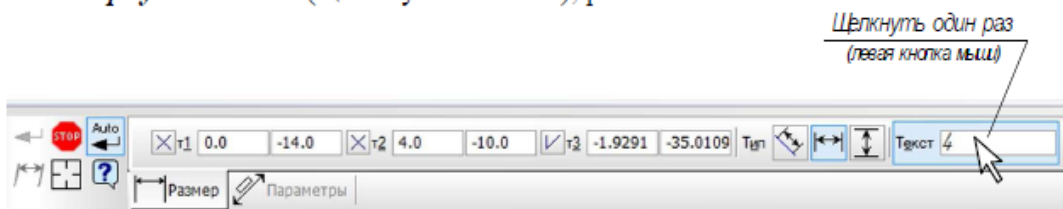



Рисунок 54 – Открытие размерной надписи

В появившемся окне, рис. 55 установите угол  $45^\circ$  , нажмите "OK".

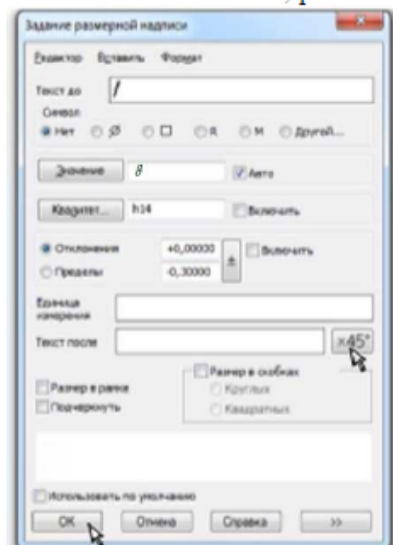


Рисунок 55 – Размерная надпись

Наведите курсор на точку 1, затем на точку 2, рис. 56, внизу в панели свойств установите по "Типу" Горизонтальный размер

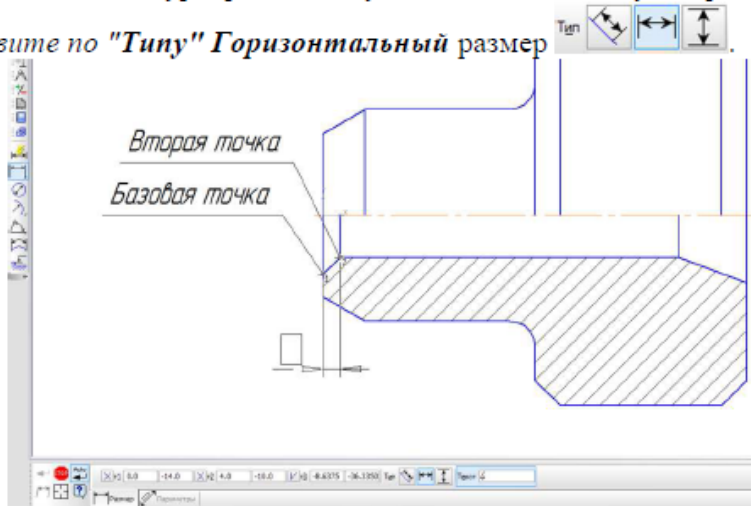


Рисунок 56 – Установка фантома фаски

Зафиксируйте появившийся фантом, как показано на рис. 57

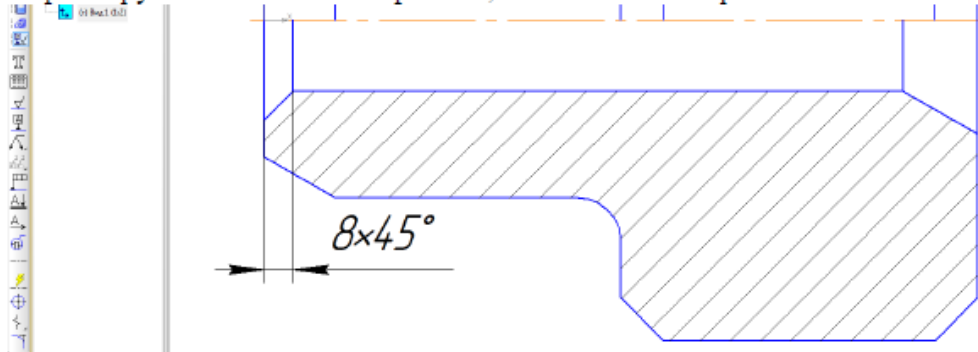


Рисунок 57 – Зафиксированный размер

Размер фаски 12 мм. Вызовите *Размерную надпись* (рис. 54) в появившемся окне (рис. 58) установите  $\times 45^\circ$ , далее нажмите  $\gg$ , в появившемся окошке шелкните двойным нажатием в текс под размерной надписью, появится шаблон – выберите две фаски, нажмите "ОК".

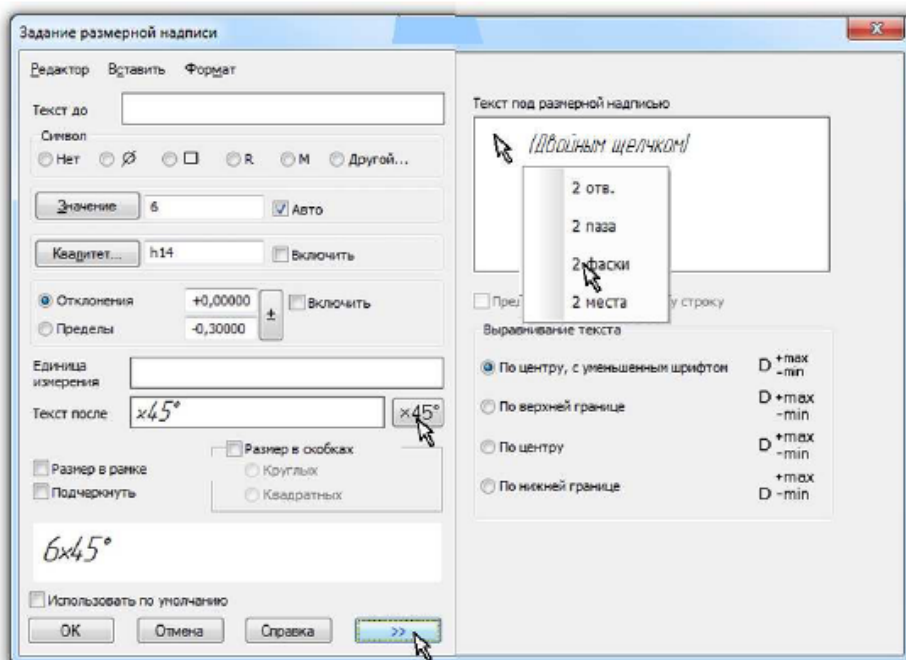


Рисунок 58 – Размерная надпись с расширением



Установите характерные точки 1 и 2, по типу размер *Горизонтальный* рис. 59.  
 Установите размер, как на рис. 60.

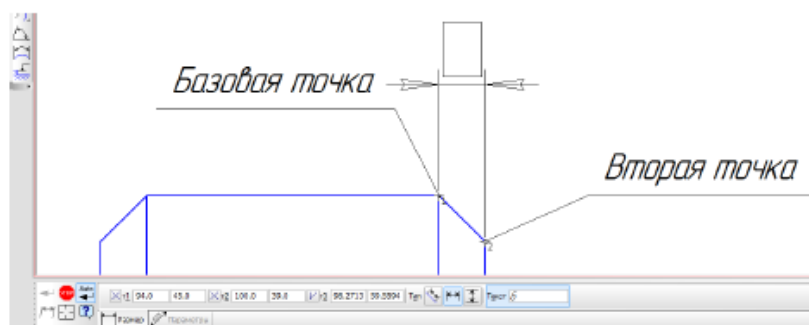


Рисунок 59 – Размер фаски 12x45°

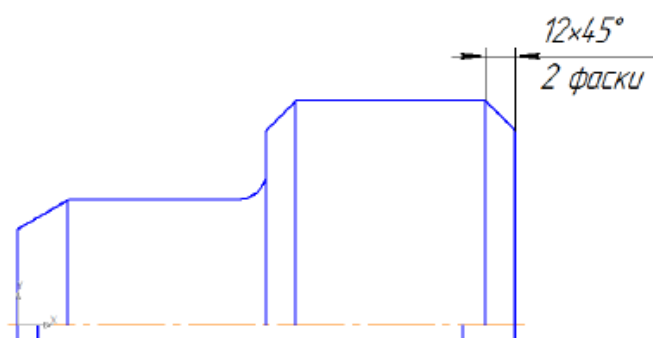


Рисунок 60 – Зафиксированный размер

Установите горизонтальный размер 100 мм, рис 61. Аналогично установите горизонтальные размеры **200**, **20**, рис. 62.

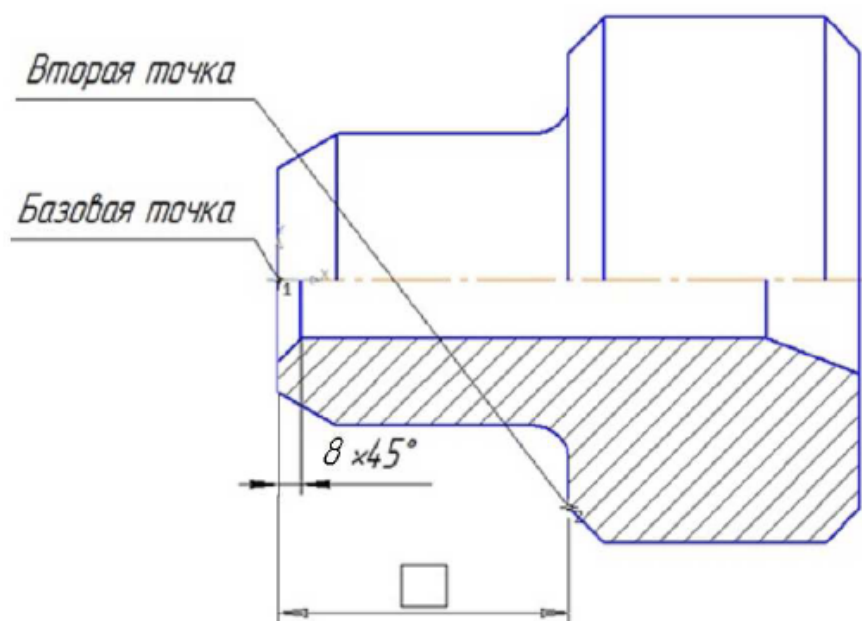


Рисунок 61 – Установка горизонтального размера

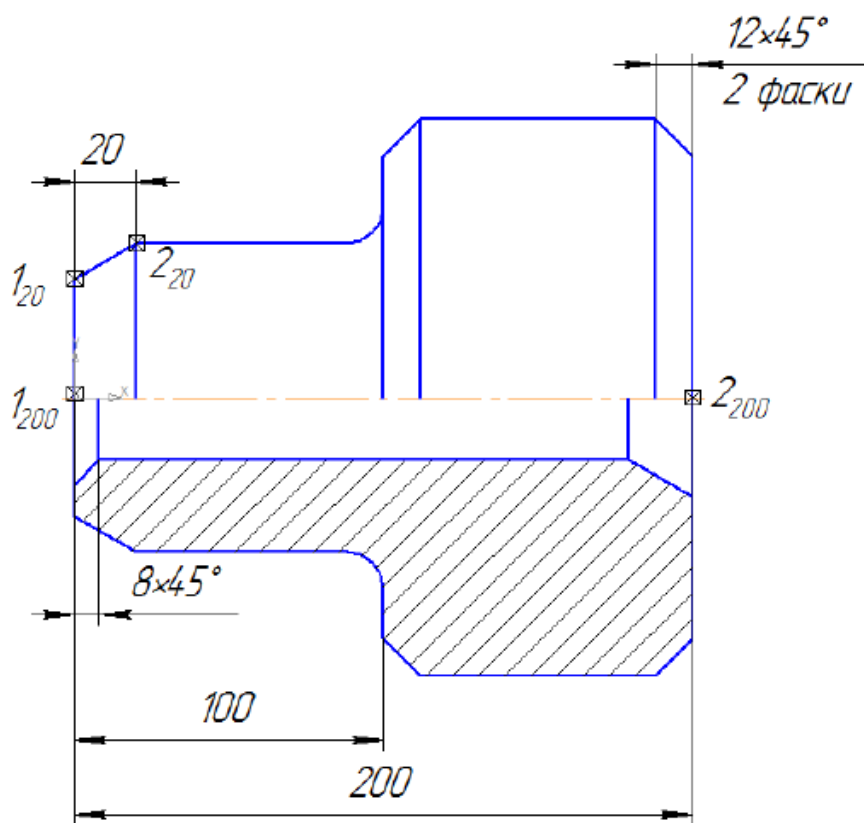




Рисунок 62 – Установка размеров

Угловой размер  $60^\circ$ . Вызовите команду *Угловой размер* , наведите курсор как показано на рис. 63 а.

Внизу в панели свойств поменяйте по типу размер *На минимальный (острый) угол* . Установите размеррис. 63 б.

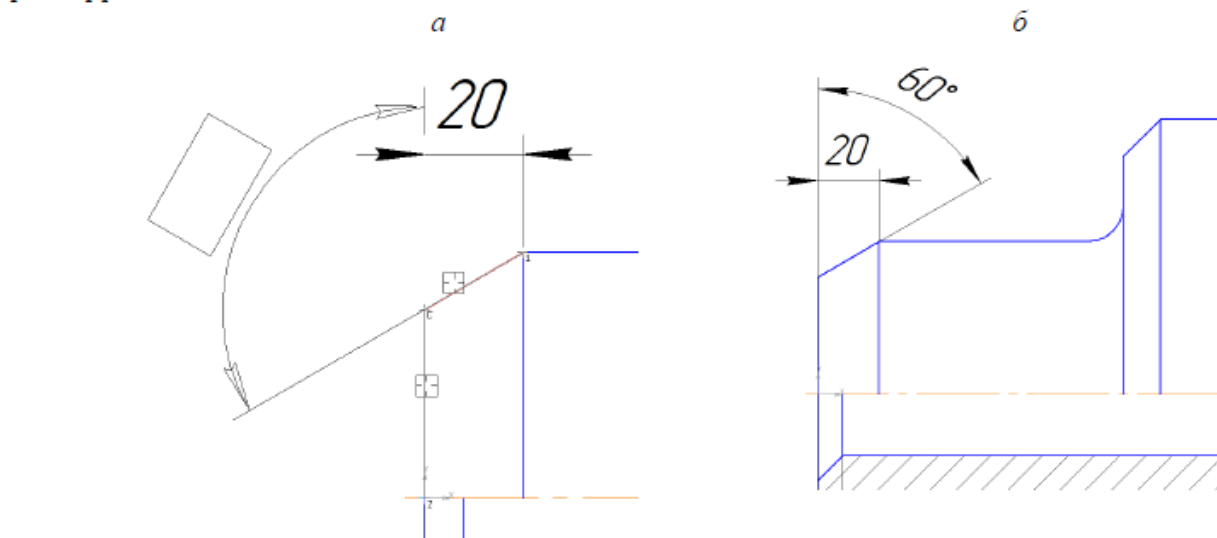



Рисунок 63 – Угловой размер

Вертикальные размеры. Проставьте диаметральный размер "  $\varnothing$  100". Вызовите команду *Линейный размер* .

Вызовите *Размерную надпись* (рис. 54) в появившемся окне (рис. 64, б) установите символ  $\varnothing$  знака диаметра, нажмите *ОК*.

Внизу по типу выберите размер *Вертикальный*. Укажите первую и вторую точки, рис. 64, а и зафиксируйте фантом размера как на рис. 65

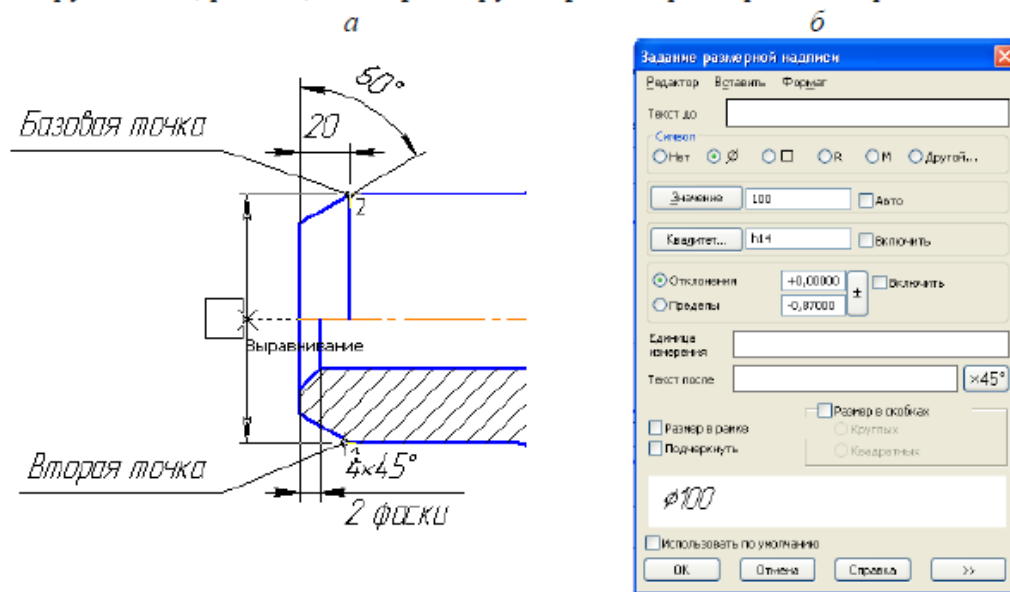


Рисунок 64 – Вертикальный размер Аналогично "Ø 100", выполните размер "Ø 180", готовый результат смотри рис. 65.

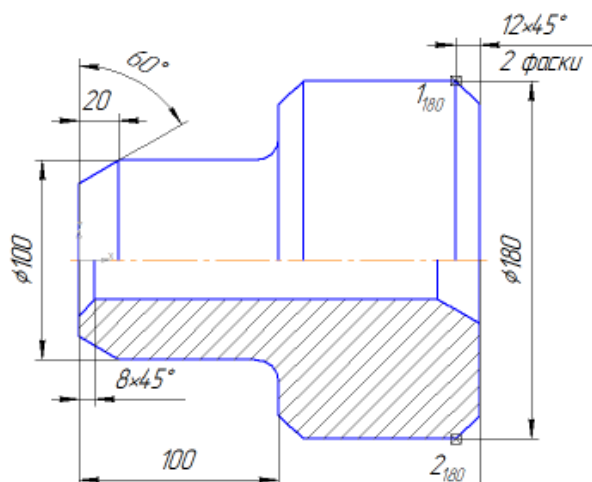


Рисунок 65 – Вертикальный размер Ø 180

Для простановки размера Ø 40, рис. 33 задания воспользуйтесь командой *Линейный с обрывом*, рис 66. Наведите курсор на *Линейный размер*, удерживая левую кнопку мыши, выберите команду *Линейный с обрывом*.

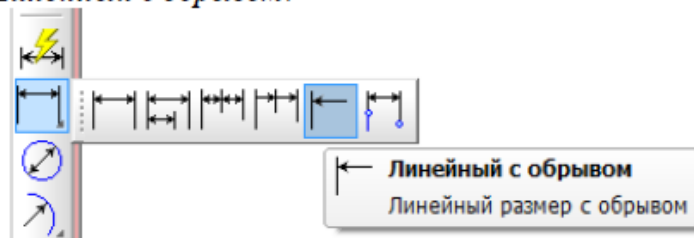
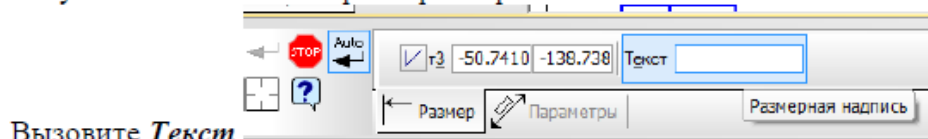
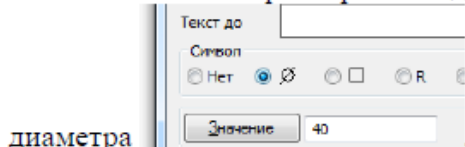


Рисунок 66 – Линейный размер с обрывом



Вызовите *Текст*

Появится размерная надпись, введите *Значение* 40 вручную. Поставьте символ



диаметра, Нажмите **ОК**.

После этого наведите курсор сначала на горизонтальный отрезок (первое положение), потом второе положение, смотри рис. 67. Размер установится

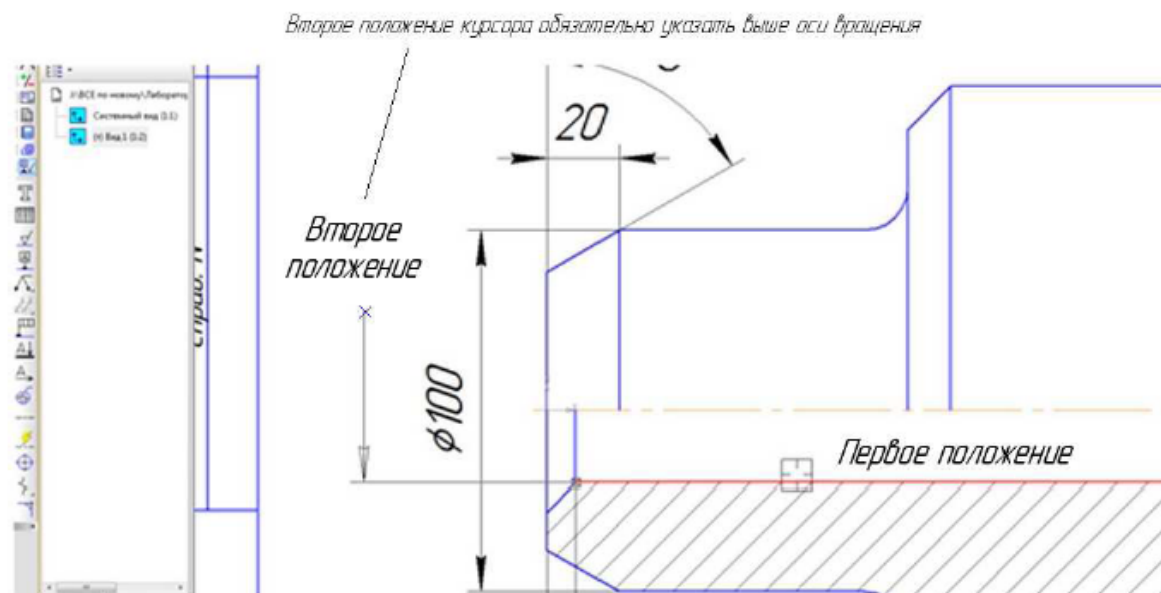


Рисунок 67 – Построение диаметрального размера  $\varnothing 40$   
Конечный результат Установки размера, рис. 68.

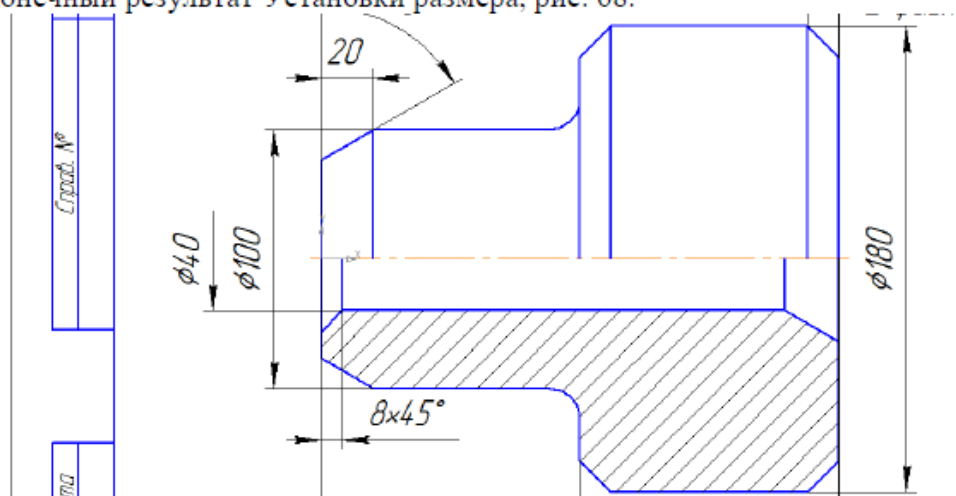




Рисунок 68 – Построение диаметрального размера  $\varnothing 40$   
Диаметральный размер  $\varnothing 64$ , рис. 33 задания.

Для построения воспользуемся дополнительным построением, необходимо построить симметричный отрезок фаски. Выделите отрезок фаски рамкой (рамку ввести слева направо), рис. 69. После выделения объекта выберите панель редактирование , активируйте команду симметрия .

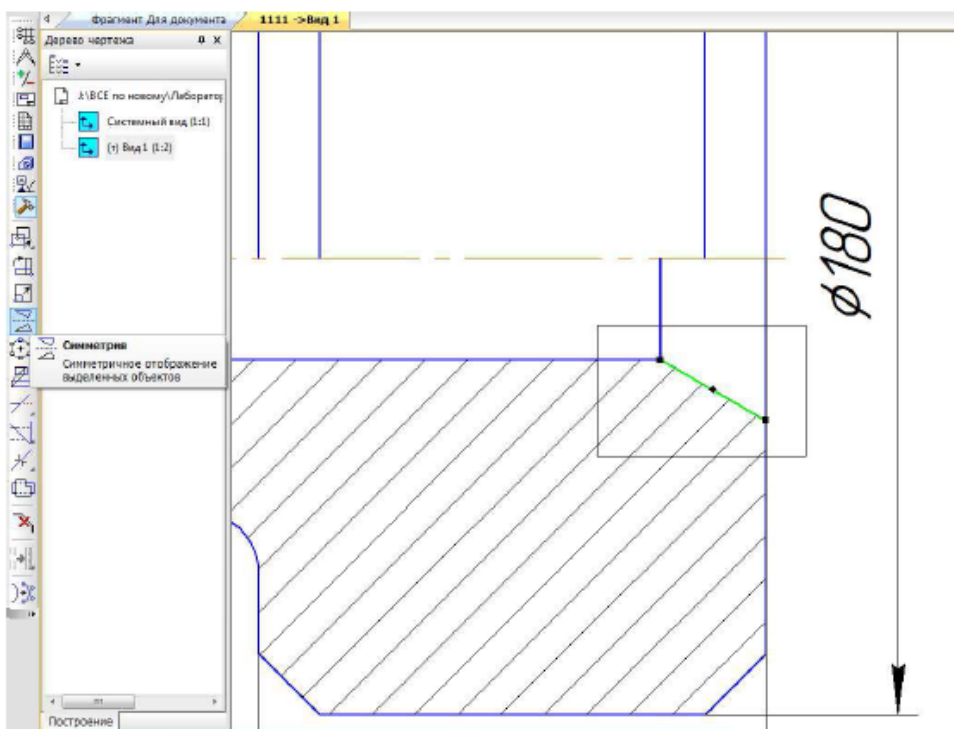


Рисунок 69 – Выделение объекта рамкой.

Наведите курсор на отрезок осевой линии, рис. 70, произвольно выберите сначала одну точку, затем вторую. Выделенный объект построится.

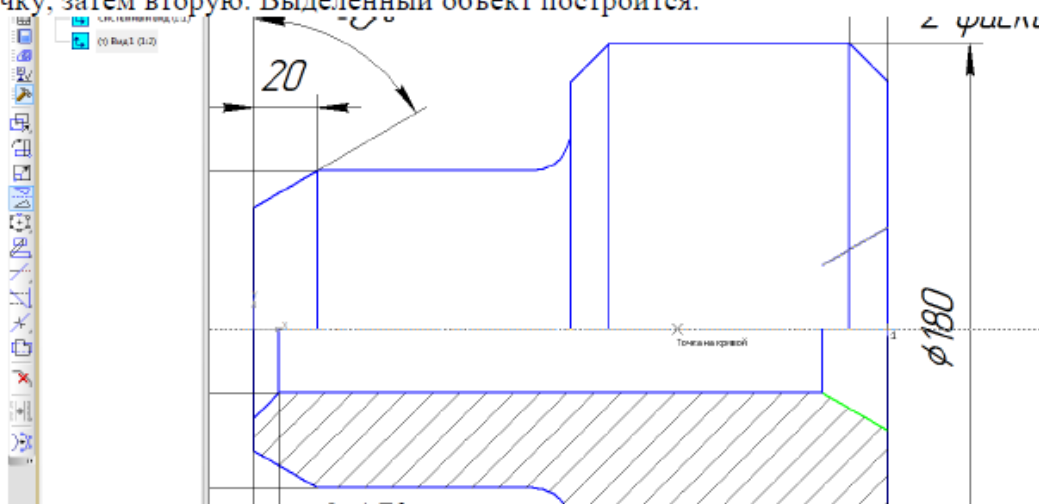



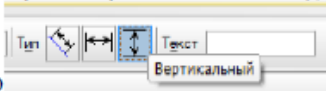


Рисунок 70 – Симметрия объекта

В компактной панели инструментов выберите панель **Размеры** , ниже активизируйте команду **Линейный размер**  (удерживая левую кнопку мыши

 – панель расширенных команд), внизу в панели свойств установите

по "Типу" **Вертикальный размер** .

Наведите курсор на точку 1, затем точку 2, рис. 71.

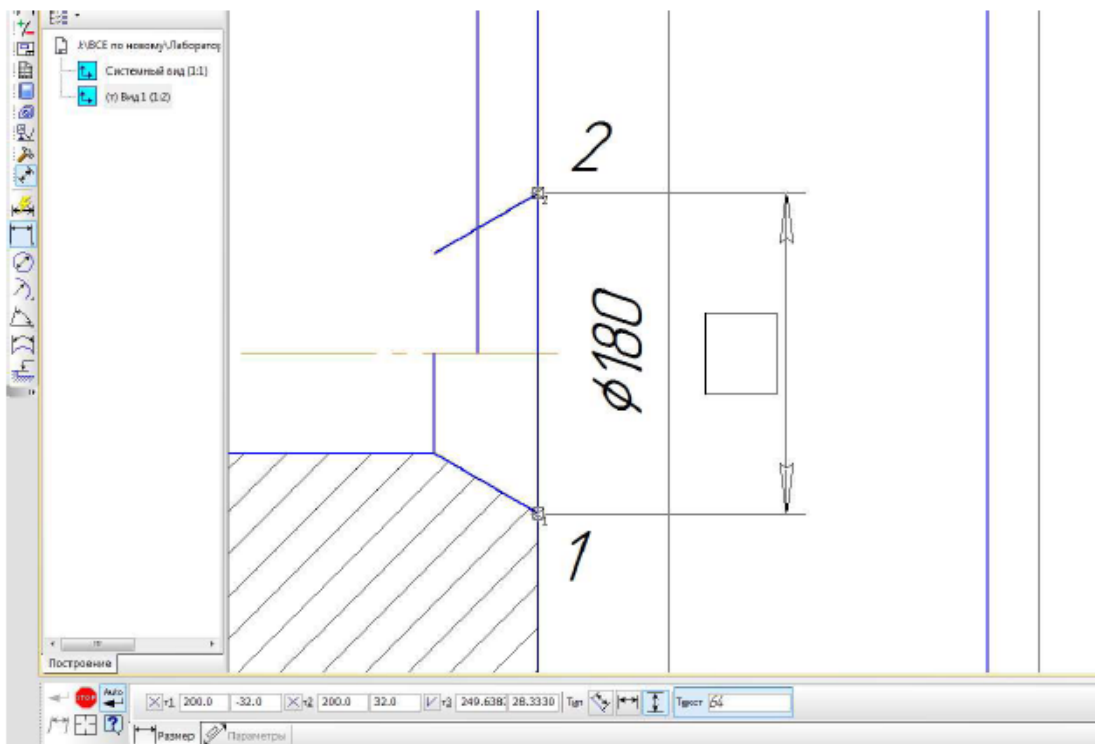
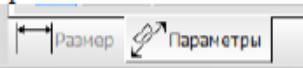
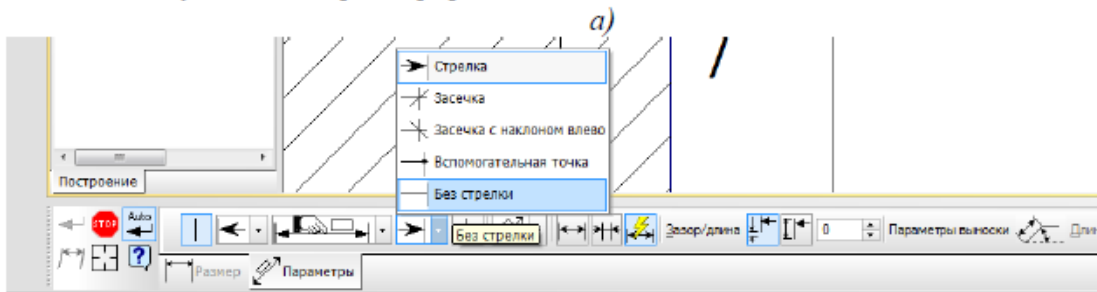


Рисунок 71 – Построение диаметрального размера  $\varnothing 64$

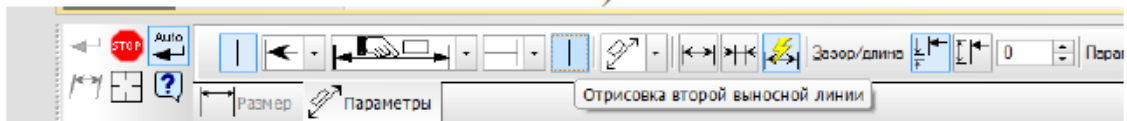
Внизу поменяйте закладку на *Параметры* . В параметрах выберите для второй точки без стрелки, рис. 72, а.

Затем шелкните один раз *Отрисовка второй линии*, рис 72, б.

После этого установите размер, рис. 72, в.



б)



в)

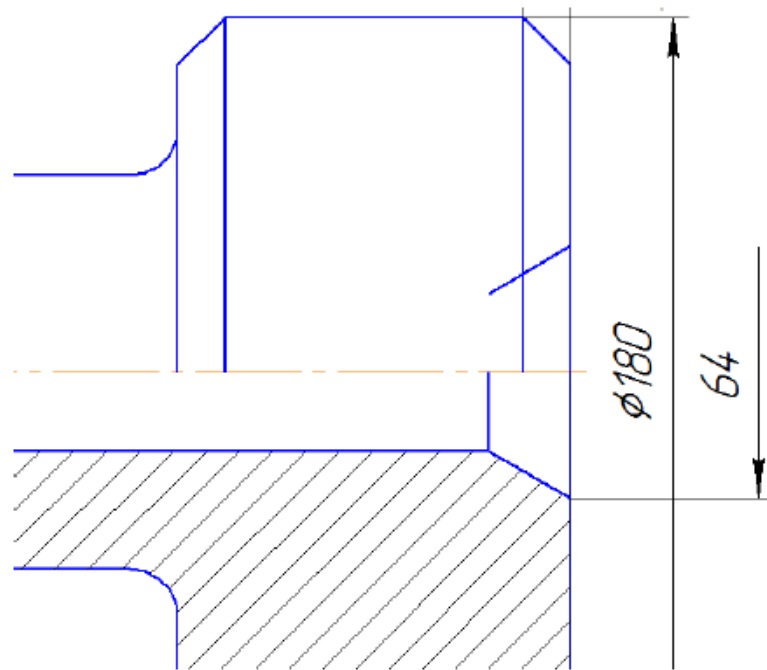
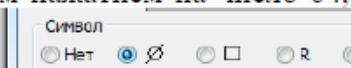





Рисунок 72 – Построение диаметрального размера  $\phi 64$

Установка знака диаметра. Наведите курсор мыши на значение 64 (никуда больше) и щёлкните двойным нажатием на число 64, выйдет размерная надпись. В размерной надписи выберите символ , нажмите **OK**.

Включите изображение сетки на экране  на клавиатуре – **Ctrl+G**, для удобства.

Установка размера угла фаски  $60^\circ$ . Для этого в компактной панели инструментов выберите панель **Размеры** , сделайте активной **Угловой размер** . Наведите курсор на отрезки, которые показаны на рис. 73, а. Зафиксируйте фантом размера, рис. 73, б.

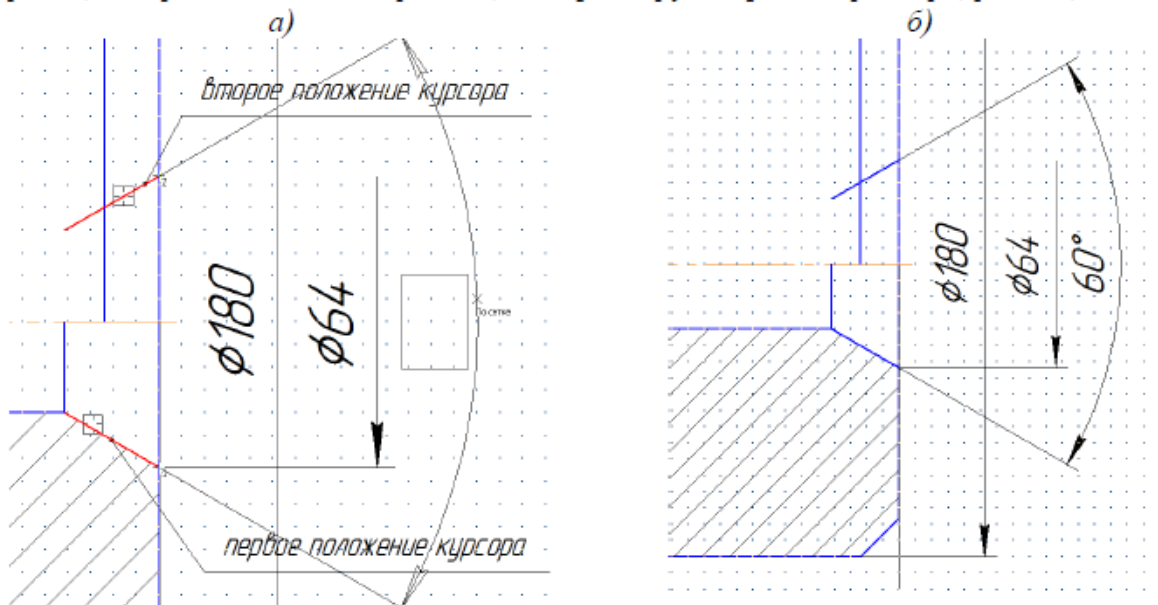


Рисунок 73 – Построение углового размера

Нажмите **Esc**. Ввиду того что отрезок фаски построенный с помощью команды симметрия находится на половине вида и видеть его мы не можем, тогда отрезок нужно удалить. Наведите на отрезок фаски (левая кнопка мыши один раз), нажмите на клавиатуре Delete (удалить). (Рис. 74).

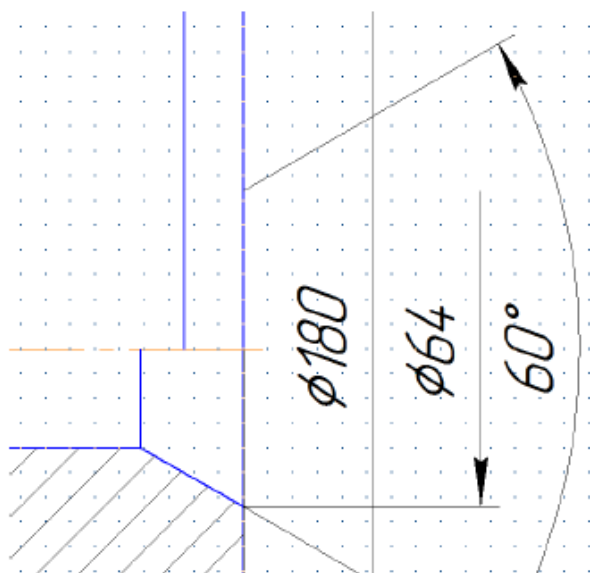


Рисунок 74 – Редактирование отрезка

За ненадобностью одну выносную размерную линию и стрелку размера  $60^\circ$  необходимо убрать. Наведите курсор на верхнюю стрелку размера  $60^\circ$  и щелкните по ней двойным щелчком. После этого активируется панель свойств внизу. Перейдите на закладку

**Параметры**

В параметрах выберите для второй точки без стрелки, рис. 72, а.

Затем щелкнуть один раз **Отрисовка второй линии**, рис 72, б. Зафиксируйте новое положение размера нажав команду **Создать объект** или "**Ctrl + Enter**". (Рис. 75).

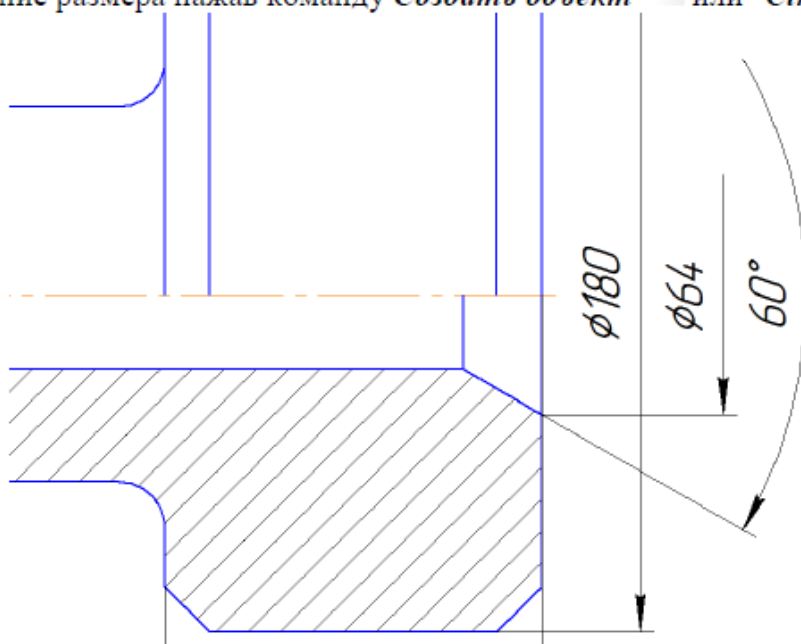


Рисунок 75 – Редактирование размера

По правилам ЕСКД размерные линии пересекать нельзя, по этому Вам необходимо отредактировать размеры, там где это происходит.

Один из моментов, нажмите на чертеже размер  $\phi 100$  один раз (левая кнопка мыши), размер выделится (зеленый цвет), рис. 76. Автоматически у выделенного размера появятся точки "редактирования" или точки "привязки".



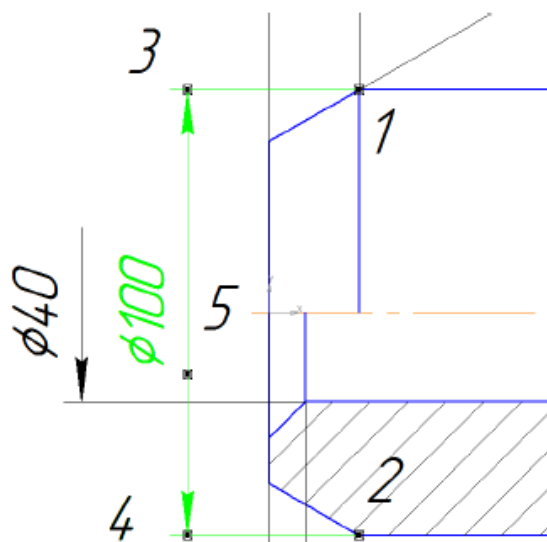



Рисунок 76 – Редактирование положение размера. Точки 1 и 2 – характеризуют положение размера; точки 3 и 4 – предназначены для редактирования положения размерной линии; точка 5 – размещение текста.

После выделения, наведите курсор на точку 4 появится соответствующий значок , нажмите левую кнопку мыши, удерживая её, передвинете (размерная линия) размер, как это показана на рис. 77.

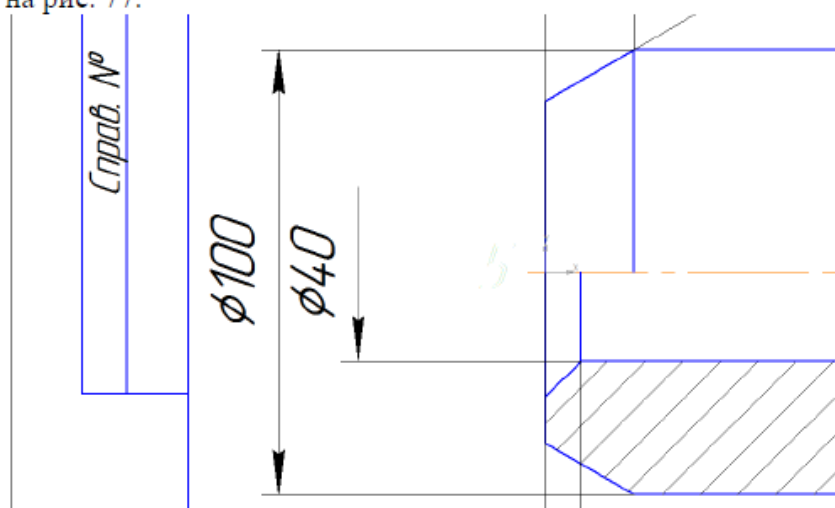


Рисунок 77 – Редактирование положение размера

Теперь нарушения по пересечению размерной линии нет для этого размера. Вспоминая правила установки размеров. Размерная линии должна выходить от края и последующие размерные линии на 10 ... 12 мм.

Включите команду **Сетка (Ctrl+G)**, рис. 78. (если она не включена).

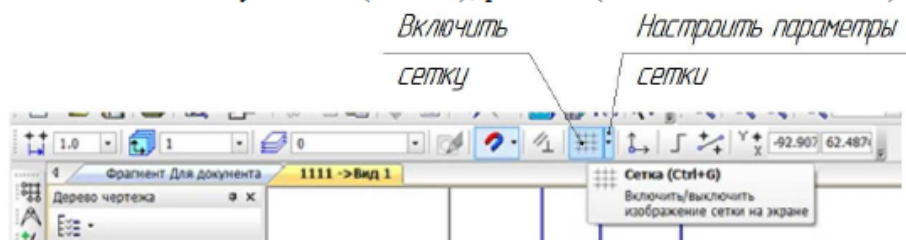


Рисунок 78 – Включение команды **Сетка** и настройка

На чертеже по умолчанию появится сетка в виде точек с шагом 5x5 мм. Теперь сетка включена, можно отредактировать размеры правильно. Не стоит забывать, что изображение уменьшено в два раза (1:2), тогда и сетка также уменьшена в два раза. Значит, сетка 5x5 на

отображении текущего масштаба стала 2,5x2,5. Итого 4 клетки дают размер в действительности при печати документа 10 мм.

Для начала выделите размер  $\varnothing 40$  и сделайте отступ от края на 10 мм используя точки "редактирования" или точки "привязки" (Рис. 79).

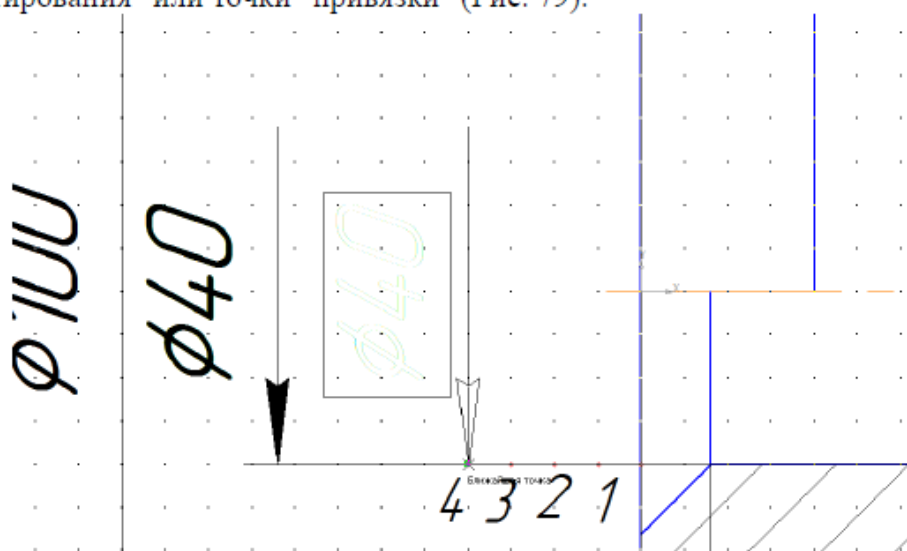


Рисунок 79 – Редактирование размера

Выделите размер  $\varnothing 100$  первой ступени и подвиньте к размеру  $\varnothing 40$  с отступом 10 ... 12 мм. (Рис. 80)

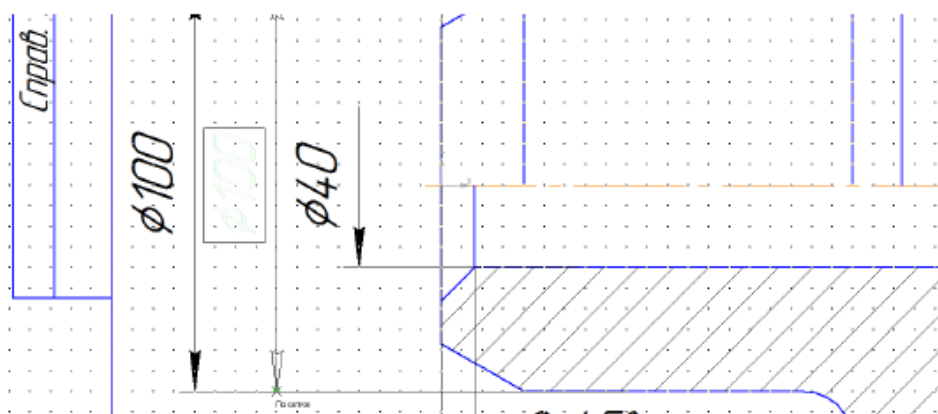


Рисунок 80 – Редактирование размера

Аналогично отредактируйте размеры  $\varnothing 180$ ,  $\varnothing 64$ ,  $\angle 60^\circ$ . (Рис. 81).

Поменяйте расположение текста в противоположную сторону размера фаски  $8 \times 45^\circ$ . (Рис. 81).

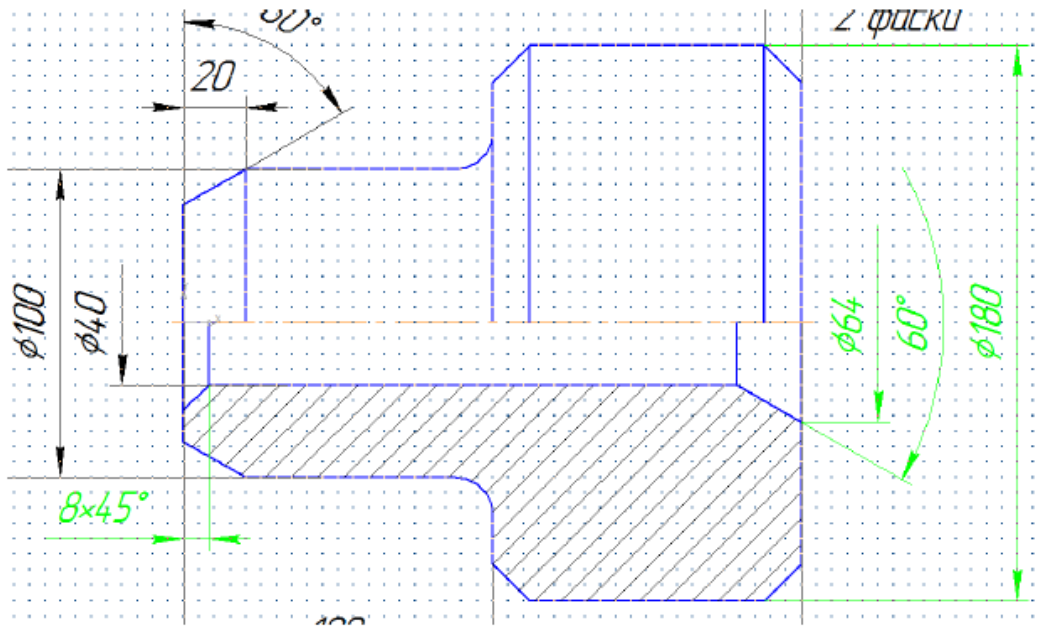


Рисунок 81 – Редактирование размеров

Проставьте радиальный размер R12. Для этого в панели *Размеры* выберите команду *Радиальный размер*. Внизу в панели свойств радиального размера выберите закладку *Параметры*, поменяйте размещение текста *На полке влево*, рис. 82, б. Наведите курсор на дугу, щелкните по ней (один раз), рис. 82, а. Зафиксируйте размер, как на рис. 83.

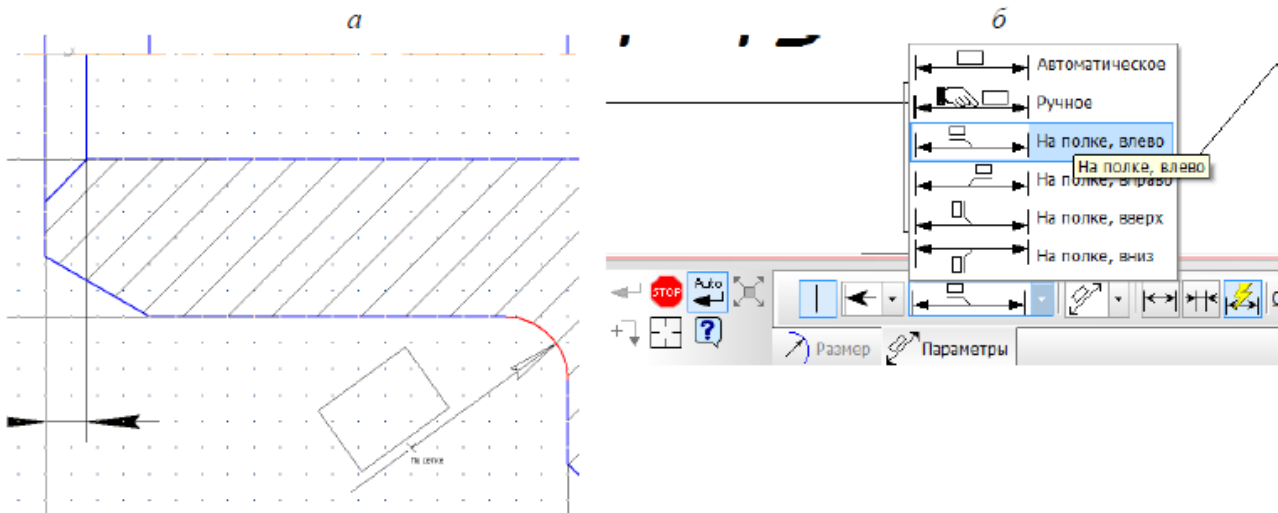


Рисунок 82 – Радиальный размер, выбор размещения текста

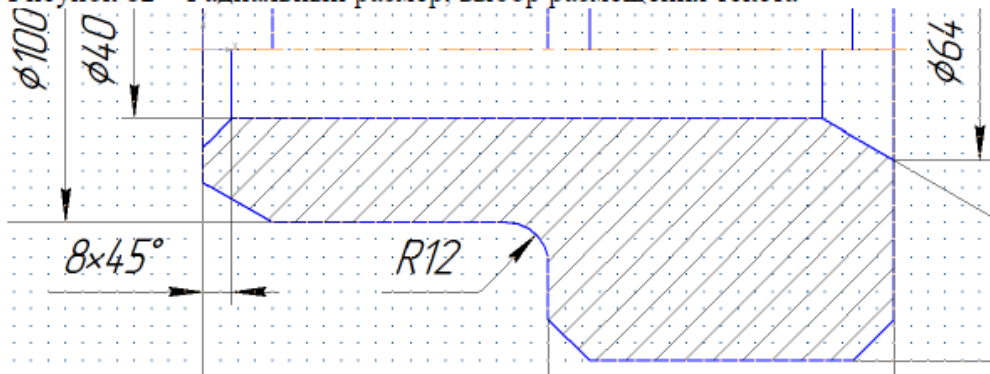



Рисунок 83 – Радиальный размер

12 Рифление прямое по ГОСТ 21474-75

Отключите *Сетку* (*Ctrl+G*), рис. 78. В компактной панели инструментов выберите

панель *Обозначения* , включите команду *Волнистая линия*, рис. 84.

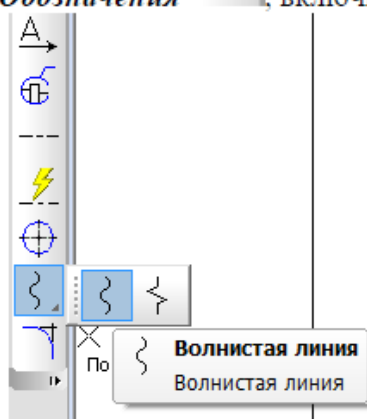


Рисунок 84 – Волнистая линия

Проведите волнистую линию, рис. 85

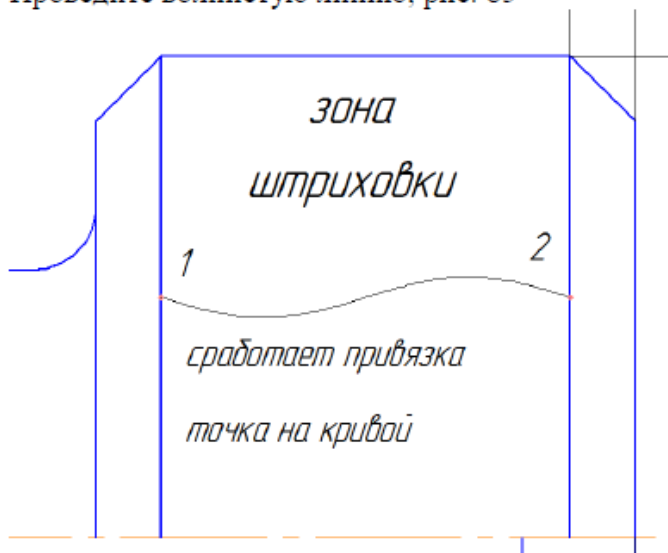



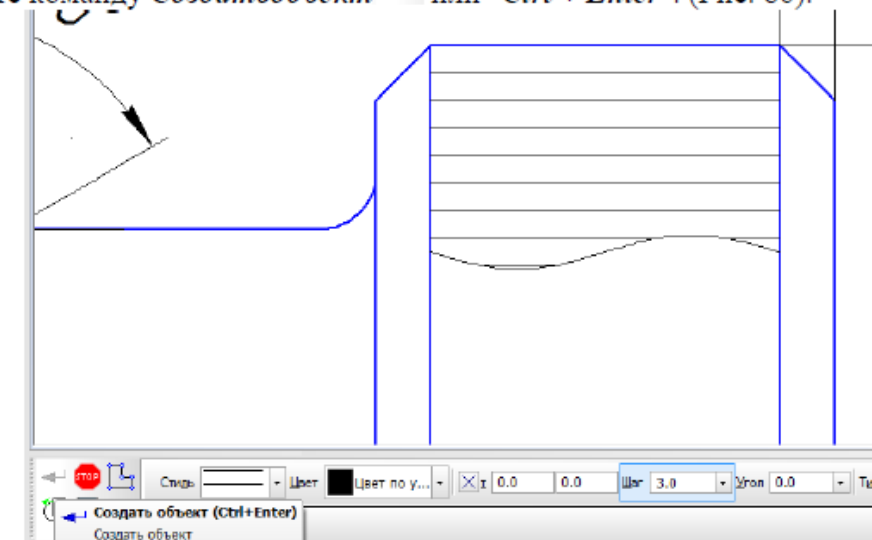



Рисунок 85 – Линия обрыва (волнистая линия)

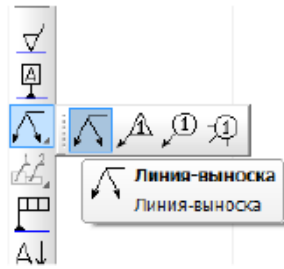
На панели *Геометрия*  вызовите команду штриховка . Щелкните один раз на *зону штриховки* рис. 85. Внизу в панели свойств поменяйте угол штриховки на  $0^\circ$  шаг 3. Нажмите команду *Создать объект*  или "*Ctrl + Enter*". (Рис. 86).



### Рисунок 86 – Рифление прямое

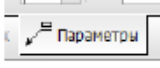
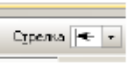


Необходимо подписать рифление на чертеже для этого в компактной панели

инструментов выберите панель **Обозначения** , включите команду **Линия-выноска**, рис. 87.

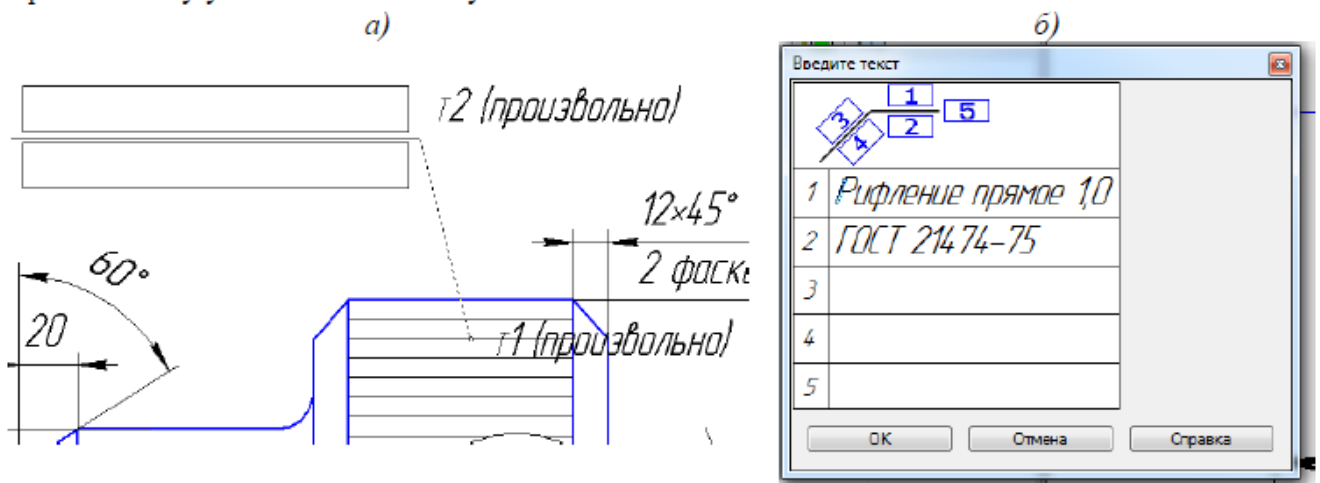


### Рисунок 87 – Линия-выноска

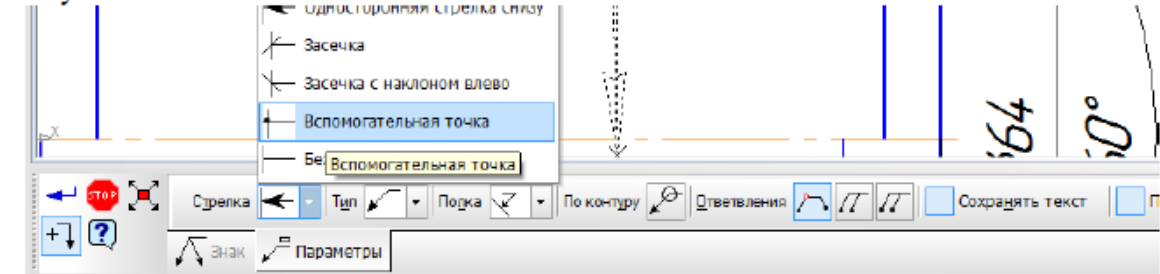
Внизу в панели свойств нажмите на **Текст**, выскочит диалоговое окно, внесите данные как показано на рис. 88, б, нажмите **ОК**.

Внизу, рис. 89 перейдите на закладку **Параметры** , поменяйте **Стрелку**  на **Вспомогательную точку** . Нажмите команду **Создать объект**  или "**Ctrl + Enter**".

Наведите курсор, произвольно выбрав т1 рис. 88, а, зафиксируйте первое положение команды линия-выноска, второе положение зафиксируйте произвольно, как на рис. 88, а. Третью точку устанавливать не нужно.



### Рисунок 88 – Линия-выноски



### Рисунок 89 – Линия-выноски

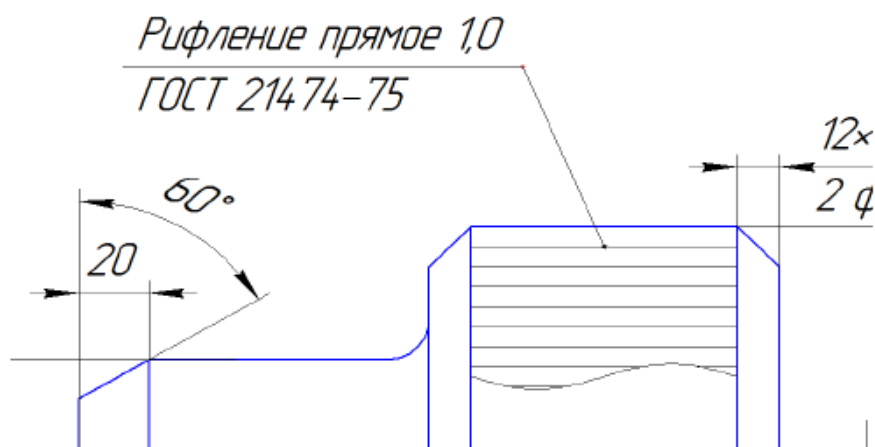


Рисунок 90 – Рифление прямое  
13 Чертеж детали

Деталь – изделие, являющееся частью машины, изготовленное из однородного по структуре и свойствам материала без применения каких-либо сборочных операций.

Чертеж (эскиз) детали – это документ, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.

Предположим что наша деталь имеет название Втулка, изготовлена из материала БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78. Необходимо заполнить основную рамку и рассчитать массу детали.

Зная плотность материала  $\rho = 7500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  и объём можно вычислить массу детали по формуле:

$$M_d = V \cdot \rho, \quad (3.1)$$

где  $V$  – объём детали;  $\rho$  – плотность материала

Для того чтобы вычислить объём детали её необходимо разбить на отдельные элементы (сфера, конус, цилиндр и др.). В задании известно, что деталь состоит из двух наружных и одного внутреннего (отверстие) цилиндра, тогда объём цилиндра можно записать по формуле:

$$V = S \cdot l = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l, \quad (3.2)$$

где  $S$  – площадь круга;  $d$  – диаметр круга;  $l$  – высота цилиндра.

Площадь круга можно вычислить в программе. Для расчетов на чертеже создайте три окружности с диаметрами:  $\varnothing 40$ ,  $\varnothing 100$ ,  $\varnothing 180$ , рис. 91.

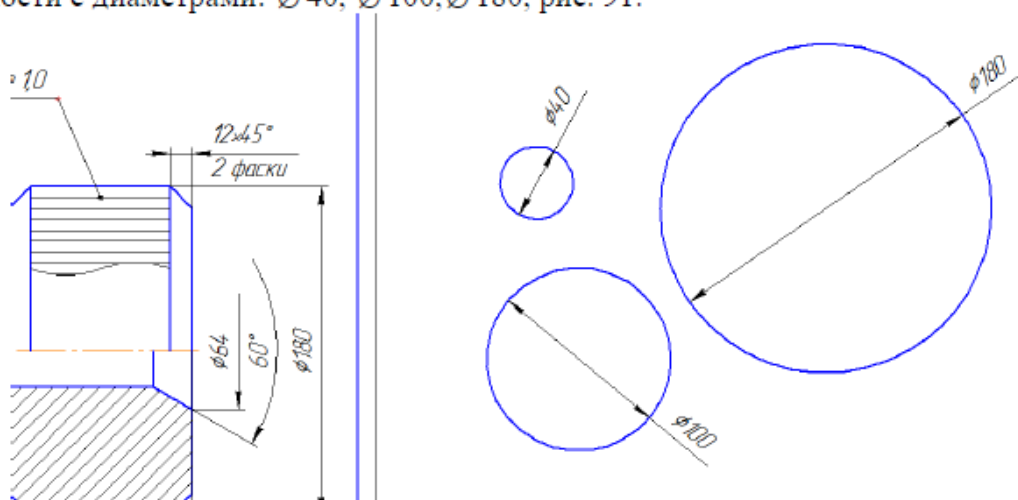




Рисунок 91 – Построение окружности

В компактной панели инструментов выберите панель *Измерения* , включите команду *Площадь*, . Наведите курсор на площадь окружности, рис. 92 и последовательно укажите все три окружности. Также появится окно с информацией.

Внизу в панели свойств можно поменять единицы измерения длины. Установить центр масс и др.

Информация необходима для расчета объема детали.

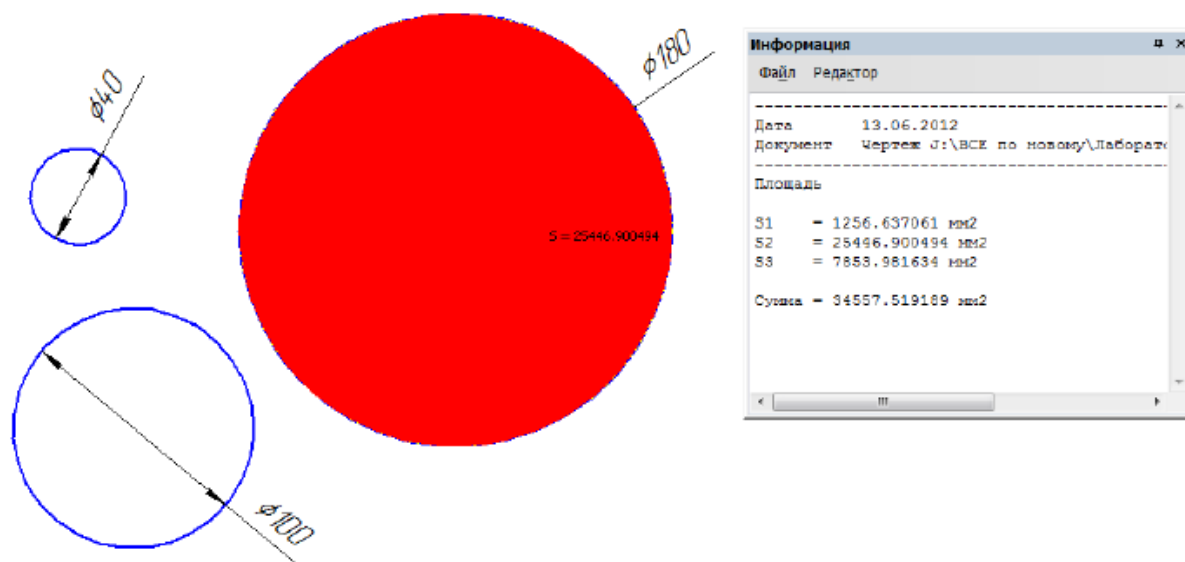


Рисунок 92 – Измерение площади круга

Заполните основную рамку, чертеж детали готов, рис. 93.

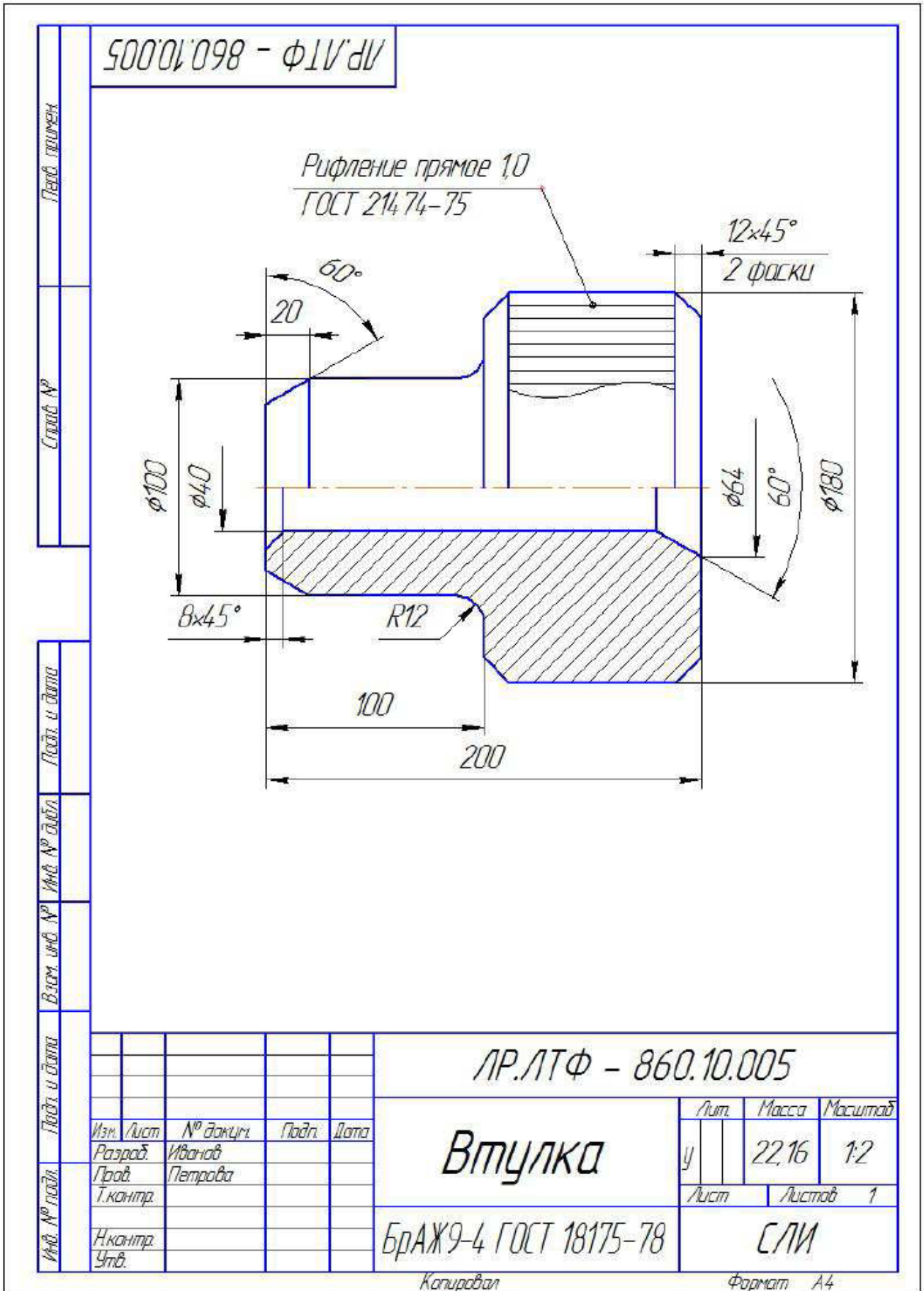


Рисунок 93 – Чертеж детали



## Лабораторная работа 4

### Название

### Чертеж детали

Контур пластины, копирование, масштаб и формат, обозначение толщины, размеры.

### Описание выполнения работы

На панели головного меню выберите закладку **Файл** → **Создать**. В появившемся на экране окна, выберите документ "**Фрагмент**" нажмите "**ОК**".

### Контур пластины

Постройте первый отрезок, если известна координата первой точки (0, 0), длина 200, угол 0°. Постройте второй отрезок, если известна координата первой точки (0, 0), длина 200, угол 300°. Постройте третий отрезок, замыкая отрезки один и два.

### Копирование

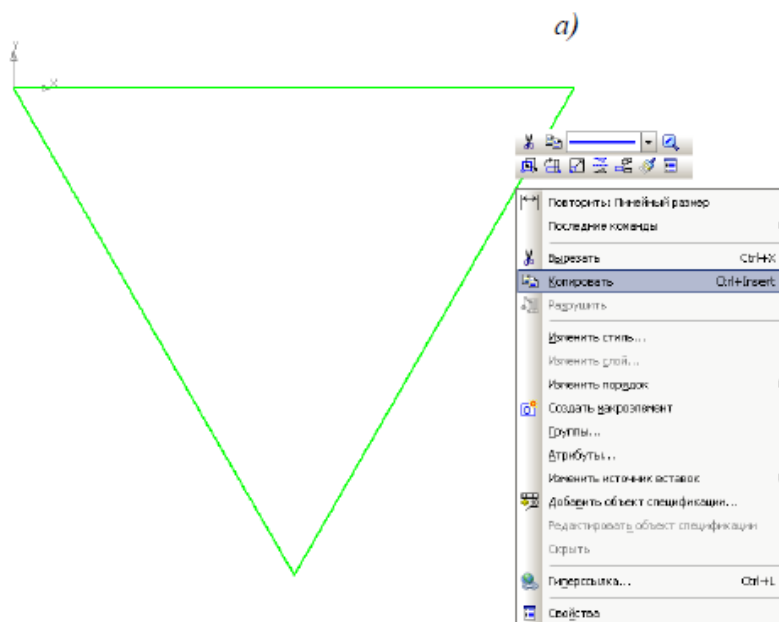
Выделите изображения пластины рамкой. Изображение выделится и станет зеленого цвета. Нажмите правую кнопку мыши на "зеленое" (контекстное меню). В появившемся окне выберите строку копировать, рис. 94, а.

После того как выбрали строку копировать, на курсоре появляется система координат, необходимо указать **точку копирования**, укажите точку копирования с помощью курсора наведя для примера на начало координат и щелкните один раз. (точку копирования выбираем произвольно). Копируемое изображение скопируется в буфер обмена, рис. 94, б.

### Масштаб и формат

Формат в соответствии со стандартом выбирают в зависимости от его заполнения 70 – 75 % его поля. Целесообразно выбрать формат А4. Тогда необходимо применить масштаб 1:2.

Для этого на панели головного меню выберите закладку **Файл** → **Создать** → **Чертеж** → **ОК**.



## Точка копирования

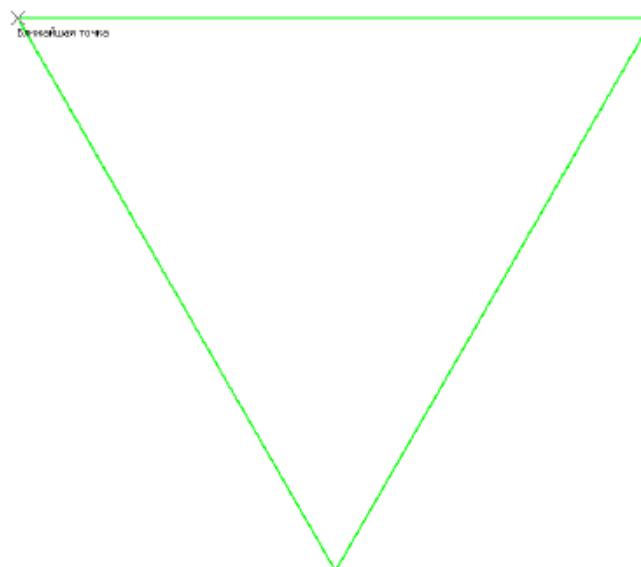




Рисунок 94 – Копирование в буфер обмена

В главном меню (вверху) **Вид** → **Дерево чертежа** или **Дерево построения** (установите галочку). В документе чертеж появится окошко с деревом построения (Рис. 5)

В компактной панели инструментов (слева вертикально) найдите панель *виды*, , (ниже) выберите команду **Создать новый вид** , рис. 4. Переместите курсор мыши примерно в центр Вашего формата и зафиксируйте (левая кнопка мыши один раз) новое положение плоскости вида с системой координат. (Рис. 95). Нажмите **Esc**.

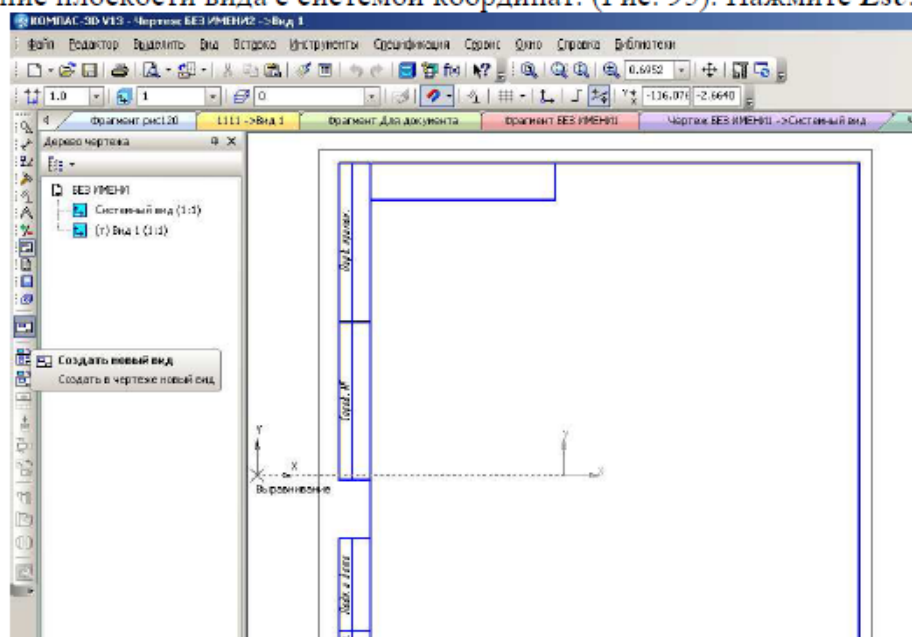


Рисунок 95 – Новый вид плоскости

Установите масштаб плоскости Вид 1 (1:1) на масштаб Вид 1 (1:2) через контекстное меню, рис. 96

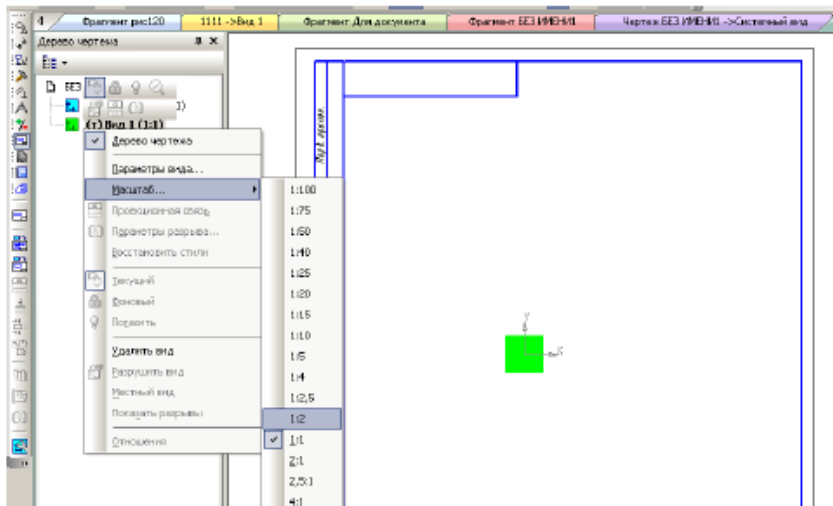


Рисунок 96 – Масштаб плоскости вида

В головном меню выберите *Редактор* → *Вставить*. Установите фантом изображения примерно в середину формата, рис. 97.

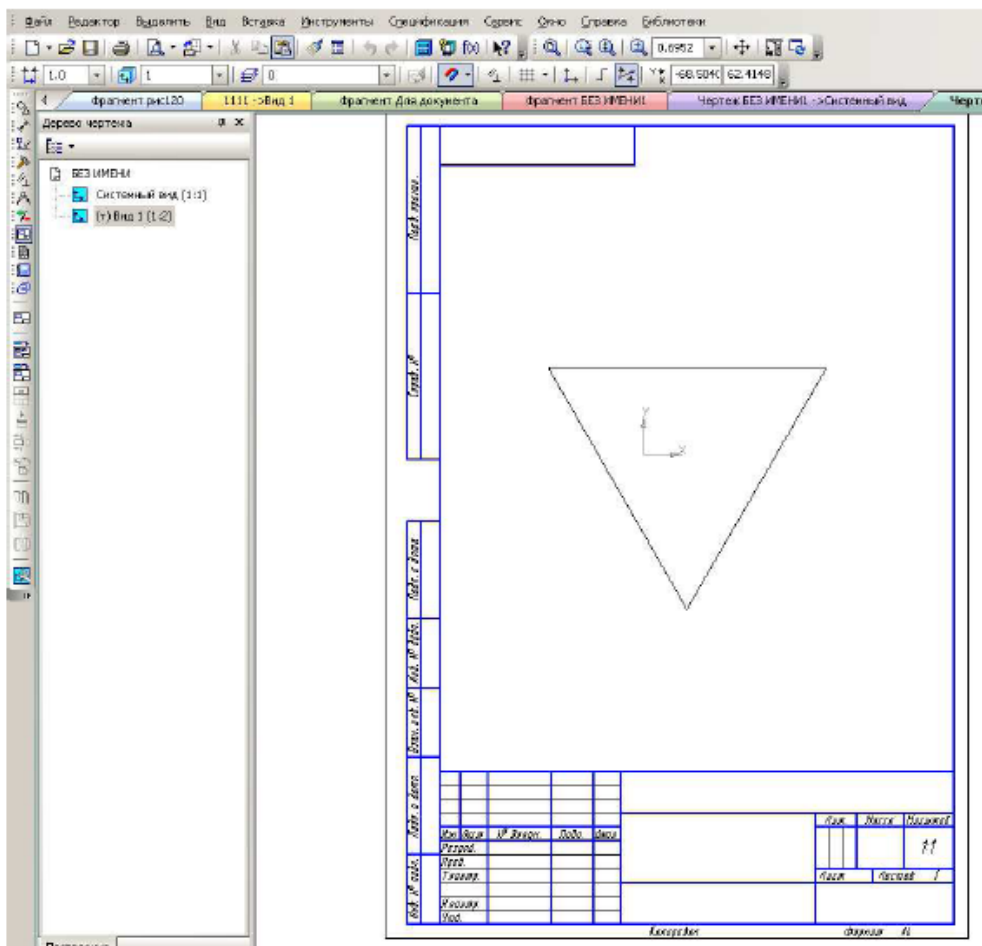

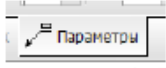



Рисунок 96 – Вставка изображения из буфера обмена  
 Обозначение толщины пластины

В компактной панели инструментов выберите панель *Обозначения* , включите команду *Линия-выноска*, рис. 87.

Внизу в панели свойств нажмите на *Текст*, выскочит диалоговое окно, внесите данные как показано на рис. 97, а, нажмите *OK*.

Внизу перейдите на закладку **Параметры** , поменяйте *Стрелку* на *Вспомогательную точку*. Нажмите команду *Создать объект*  или "Ctrl + Enter". (Рис. 89).

Наведите курсор, на площадь пластины зафиксируйте первое положение курсора, второе положение зафиксируйте произвольно, как на рис. 97, б).

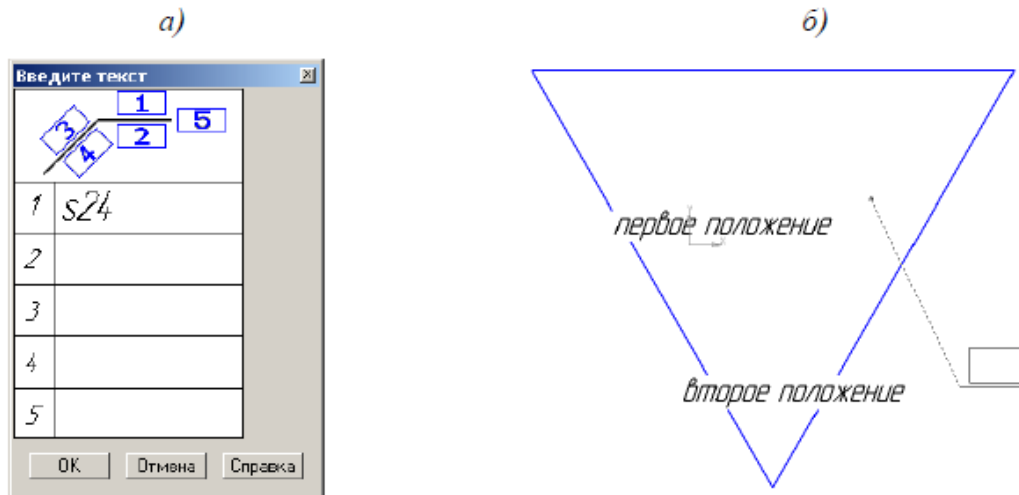


Рисунок 97 – Редактирование толщины пластины  
Размеры

Установите размеры, как это показано на рис. 98.

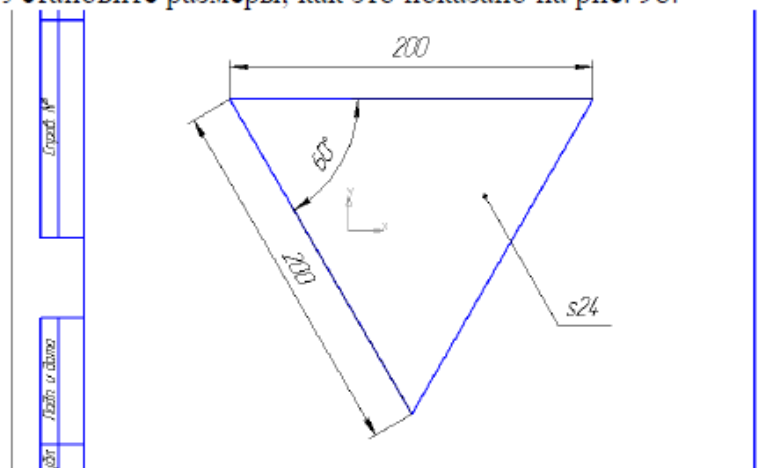


Рисунок 98 – Размеры

## Лабораторная работа 5

### Название

### Чертеж детали

Копия по окружности. Поворот. Копирование объектов. Создание модели твердотельной тела.

Выполнение чертежа детали Пластина по заданным размерам изображения рис. 99. Материал АМг2 ГОСТ 4784-97. Масштаб 1:1.

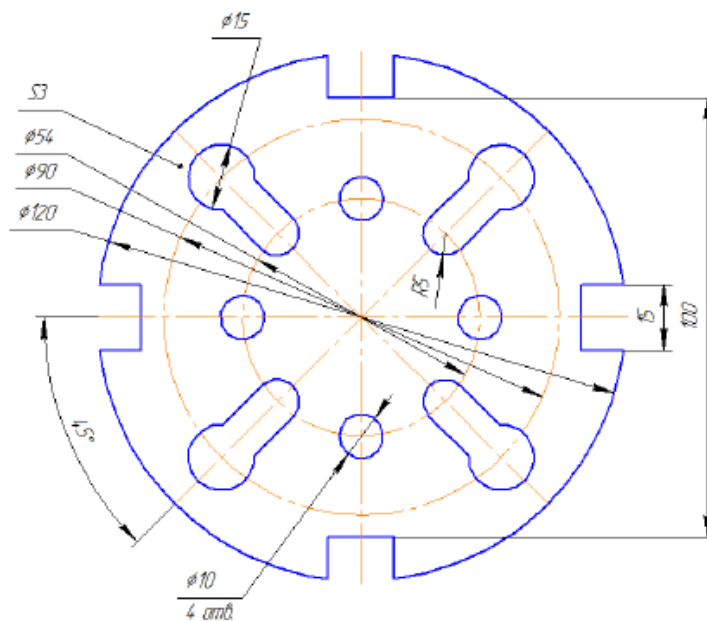


Рисунок 99 – Изображение детали (Пластина)

Описание выполнения работы

1 На панели головного меню выберете закладку **Файл** → **Создать**. В появившемся на экране окна, выберете документ "**Фрагмент**" и нажмите "**ОК**".

2 Выберете панель **Геометрия**, ниже активизируйте команду **Окружность**. Наведите курсор мыши в начало координат и зафиксируйте координату центра окружности (левая кнопка мыши). Опустите курсор вниз и введите диаметр  $\varnothing 120$  нажмите **Enter** затем **Esc**. Окружность построится.

3 Выберете панель **Обозначения**, выберете команду **Обозначение центра**, после этого подведите курсор к построенной окружности (окружность станет красного цвета) и щёлкните по ней один раз, далее внизу в панели свойств введите угол "0", нажмите **Enter**. Ортогональные осевые линии обозначения центра построятся.

По новой наведите курсор мыши на окружность и щёлкните по ней один раз, внизу введите угол "45" нажмите **Enter** затем **Esc**. (Рис. 100).

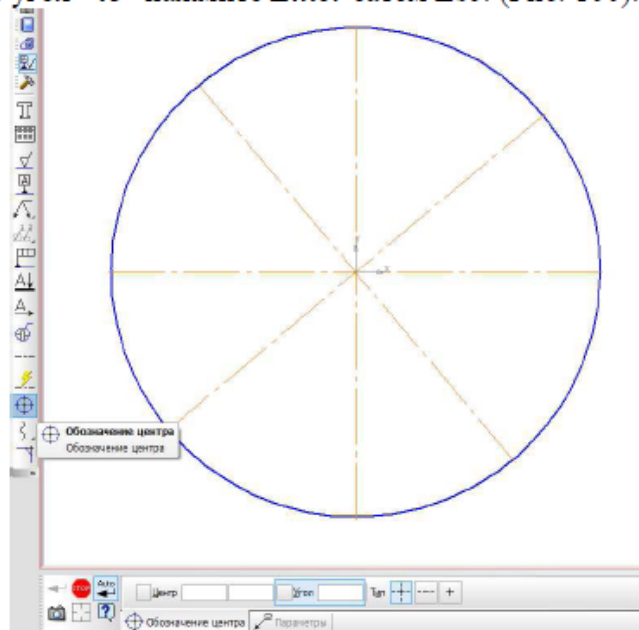


Рисунок 100 – Обозначение центра окружности

4 Выберете панель **Геометрия**, ниже активизируйте команду **Окружность**. Наведите курсор мыши в начало координат и зафиксируйте координату центра окружности

(левая кнопка мыши). Опустите курсор вниз и введите диаметр  $\varnothing 54$  нажмите *Enter*. Аналогично постройте окружность  $\varnothing 90$ . Результат построения показан на рис. 101.

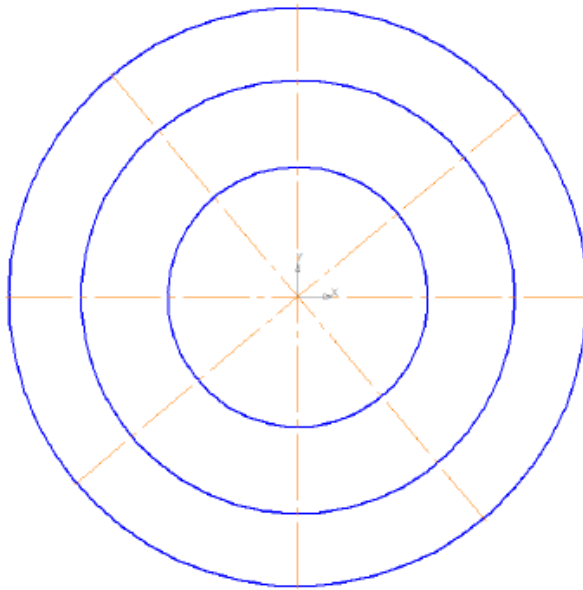
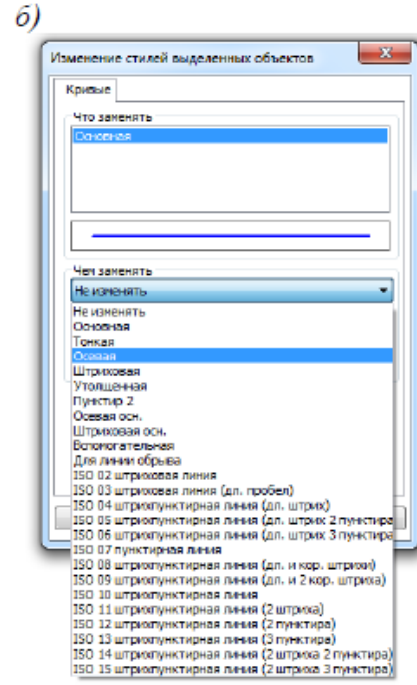
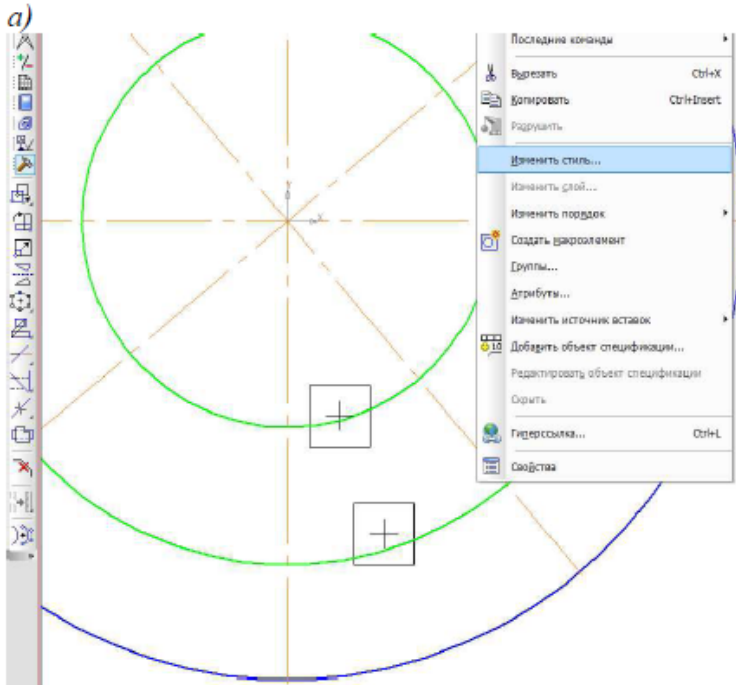


Рисунок 101 – Результат построения

5 Нажмите *Esc* (можно несколько раз). Удерживая клавишу *Ctrl* на клавиатуре, наведите курсор на окружность  $\varnothing 54$  выделите одним щелчком мыши затем  $\varnothing 90$ . Окружности выделяются и станут зеленого цвета. После этого щелкните правой кнопкой мыши на "зеленое" (контекстное меню), выберите строку *Изменить стиль*, рис. 102, а. Появится диалоговое окно, рис 102, б. В окне *Изменение стилей выделенных объектов* найдите строку "Чем заменять", и замените стиль на "осевую" линию. Другими словами Вы поменяли основную линию на осевую, результат построения, рис. 102, в.



в)

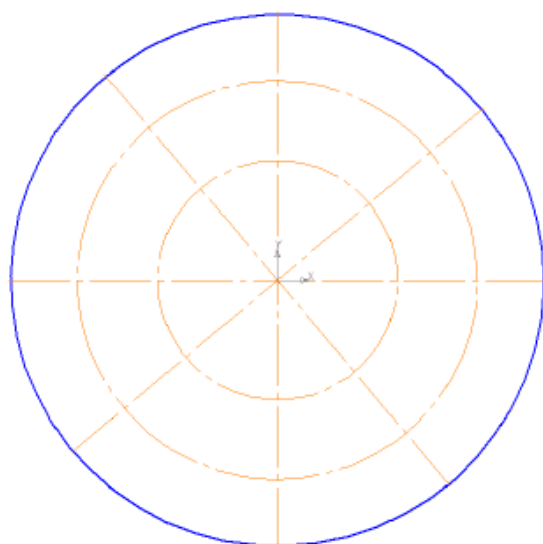


Рисунок 102 – Изменение стилей выделенных объектов  
6 Построение элемента паза.

Паз – Технологическая выемка, в которую вставляется выступ другого предмета при вступлении.

6.1 В панели *Геометрия* выберите команду *Параллельная прямая*, рис. 103. Наведите курсор мыши на вертикальную осевую линию и щелкните по ней один раз. Опустите курсор вниз и вбейте в ячейку "Расстояние" 50 мм, нажмите *Enter*. Затем наведите курсор мыши на появившейся фантом, (их будет два, один слева, другой справа) который справа и выберите его нажатием левой кнопки мыши, второй фантом выбирать не обязательно, нажмите *Esc* (команда закроется).

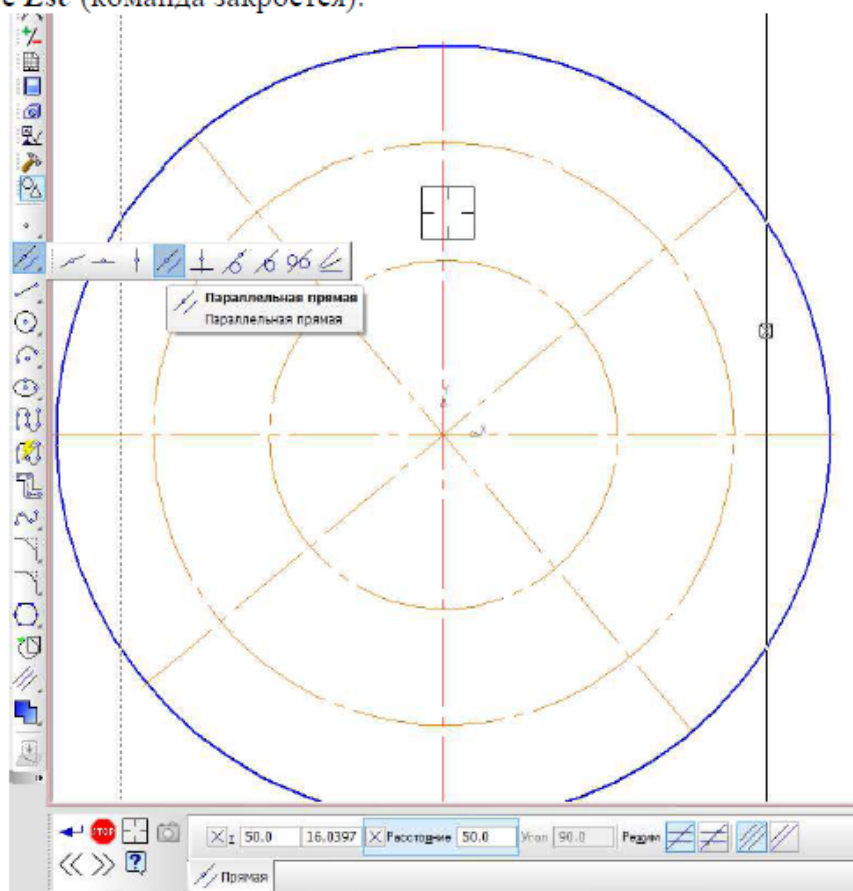


Рисунок 103 – Параллельная прямая

6.2 В панели *Геометрия* выберите команду *Окружность*. Постройте окружность  $\varnothing 15$ , центр которой находится на пересечении вспомогательной линии и осевой, горизонтально расположенной, рис. 104.

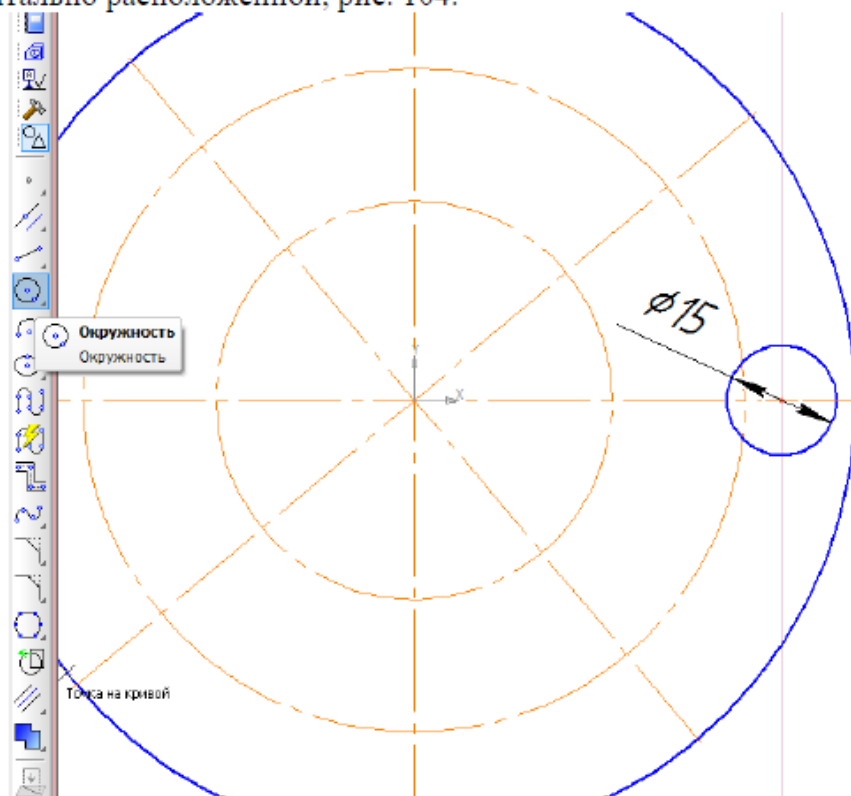


Рисунок 104 – Построение элемента паза

6.3 В панели *Геометрия* выберите команду *Отрезок*, включите *Ортогональное черчение* (F8) и постройте два горизонтальных отрезка, как это показано на рис. 105. Координата первой точки отрезка находится на пересечении вспомогательной линии с окружностью.

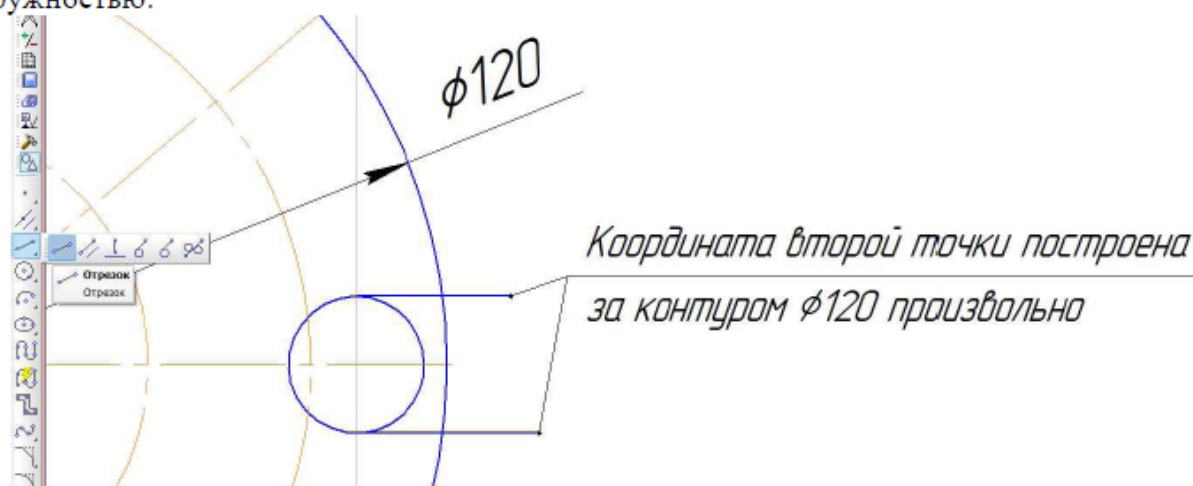


Рисунок 105 – Построение элемента паза

6.4 После построения двух отрезков на клавиатуре нажмите клавишу *Esc* (можно несколько раз). Удалите вспомогательную линию и окружность  $\varnothing 15$ , рис. 106, а).

6.5 Постройте отрезок, как это показано на рис. 106, б).

а)

б)



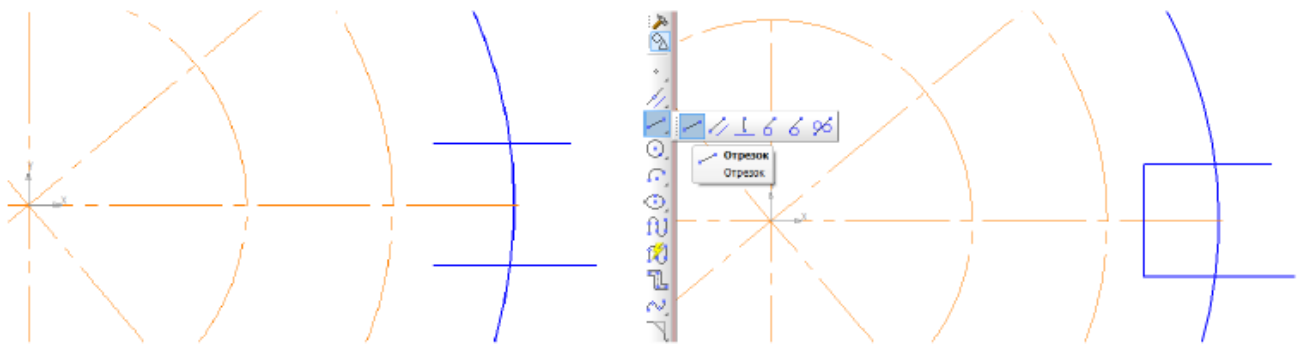





Рисунок 106 – Построение элемента паза

6.6 Усечение объектов. В компактной панели инструментов (слева) активизируйте

панель **Редактирование** , выберите команду "Усечь кривую" . Наведите курсор  как это показано на рис. 107, а и удалите ненужные части отрезков (последовательно) нажимая левую кнопку мыши, рис. 107, б, результат усечения.

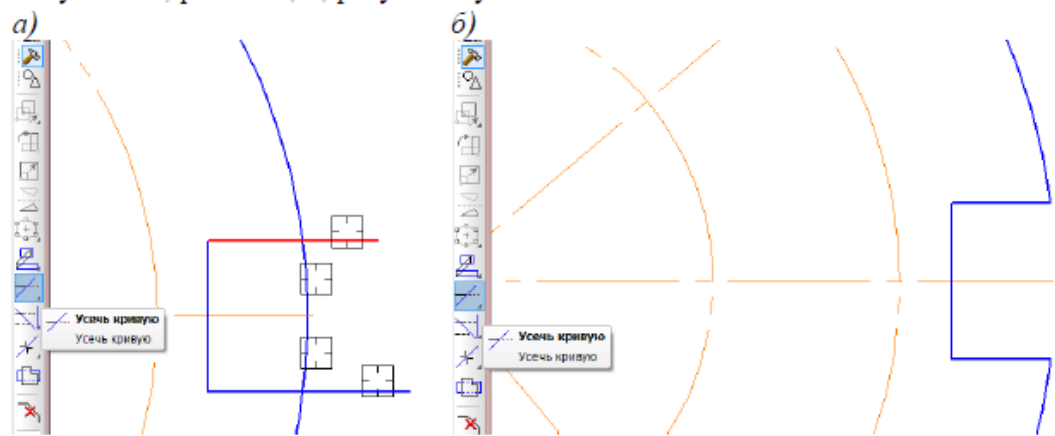




Рисунок 107 – Построение элемента паза

7 Построение элемента сложного отверстия

7.1 В панели **Геометрия**  выберите команду **Окружность** . Где ни-будь справа от изображения на чертеже постройте две концентрические окружности  $\varnothing 10$  и  $\varnothing 36$ , рис. 108.

Концентрические окружности – окружности разного диаметра с общим центром.

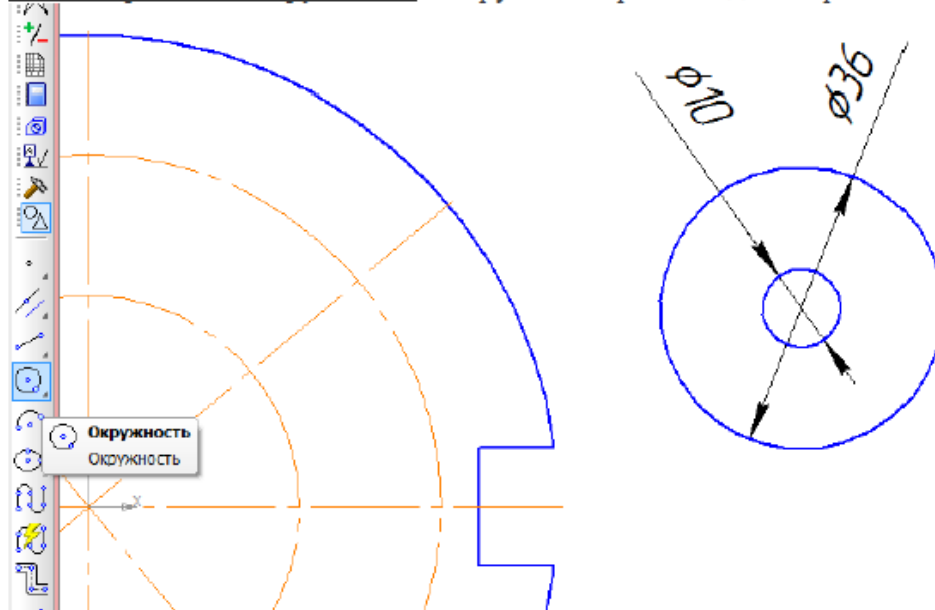


Рисунок 108 – Построение элемента сложного отверстия

Не отключая команды "окружность" постройте еще одну окружность  $\varnothing 15$ , как это показано на рис. 109.

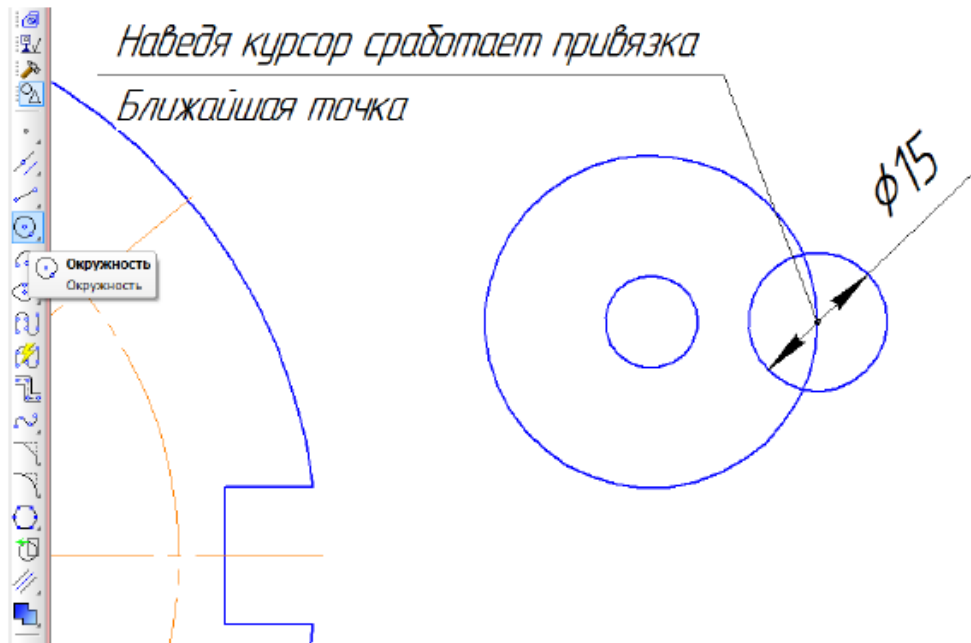


Рисунок 109 – Построение элемента сложного отверстия

7.2 Нажмите клавишу *Esc* (можно несколько раз). Удалите окружность  $\varnothing 36$  (эта окружность служила расстоянием между окружностями  $\varnothing 15$  и  $\varnothing 10$ ), рис. 110, а.

7.3 Постройте два горизонт. отрезка, как это показано на рис. 110, б. (убедитесь в включении *Ортогональное черчение* (F8)).

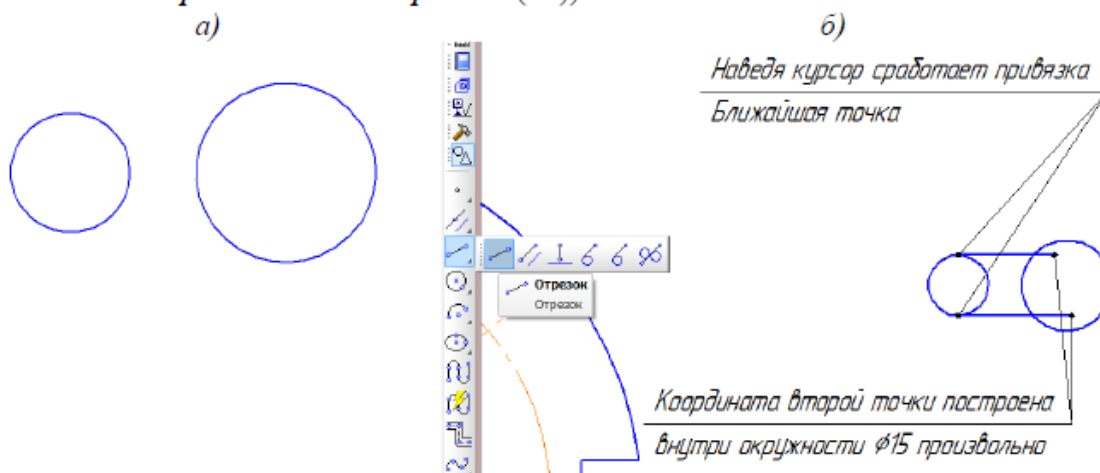





Рисунок 110 – Построение элемента сложного отверстия

7.4 Усечение объектов. В компактной панели инструментов (слева) активизируйте панель *Редактирование* , выберите команду "Усечь кривую" . Наведите курсор  как это показано на рис. 111, а и удалите ненужные части отрезков (последовательно) нажимая левую кнопку мыши, рис. 111, б, результат усечения.

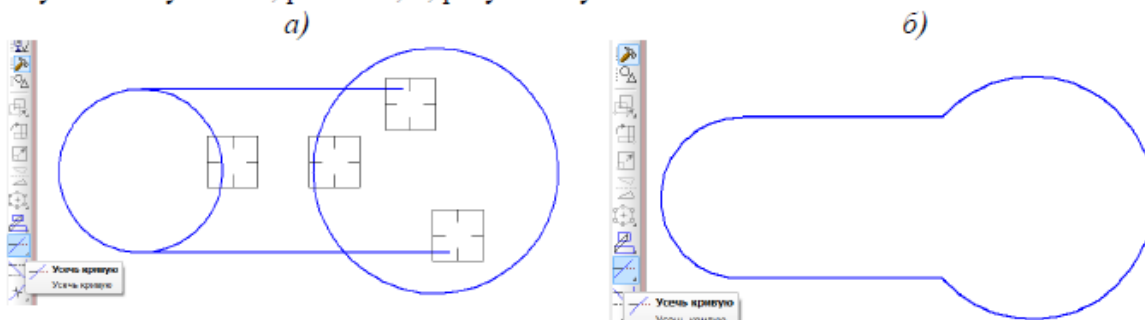
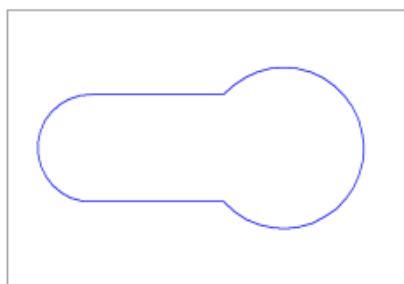


Рисунок 111 – Построение элемента сложного отверстия

7.5 Поворот. Выделите сложное отверстие рамкой, рис. 112, а





Наведя курсор срабатывает привязка  
Ближайшая точка

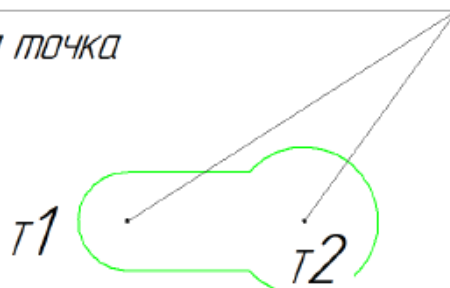




Рисунок 112 – Построение элемента сложного отверстия

В панели **Редактирование** , выберите команду **Поворот** . Наведите курсор на центр окружности  $\varnothing 10$ , сработает привязка (Ближайшая точка), щелкните один раз (левая кнопка мыши). Вторую точку выберете в центре окружности  $\varnothing 15$ , рис. 112, б. Опустите курсор вниз (панель свойств) и внесите угол поворота  $45^\circ$ , нажмите **Enter** затем **Esc**. (Рис. 113).

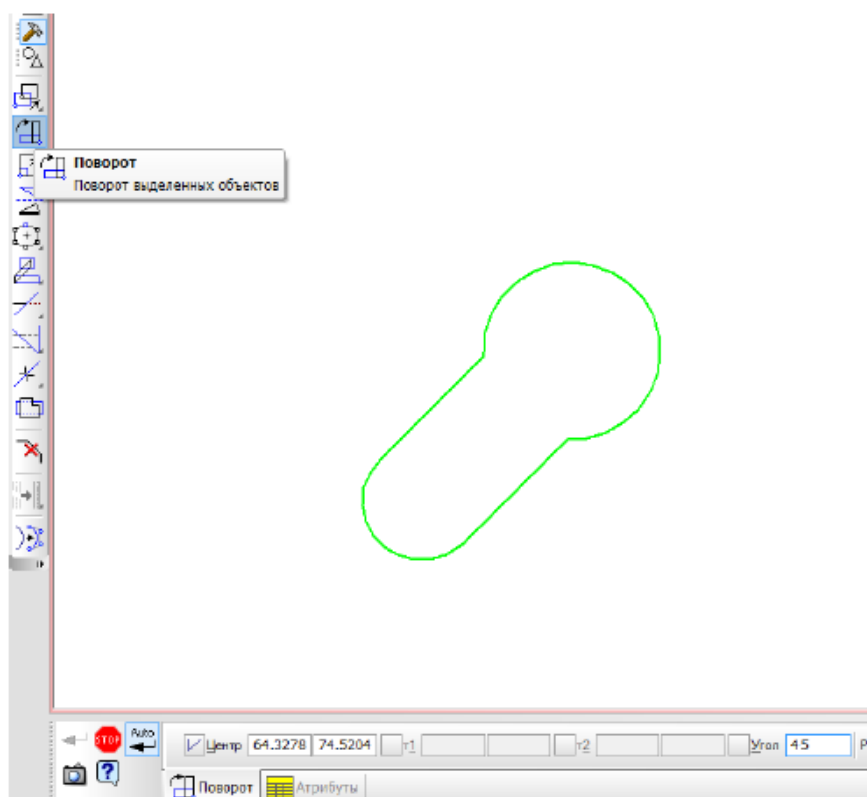


Рисунок 113 – Построение элемента сложного отверстия

7.6 После операции поворот, изображение сложного отверстия должно оставаться выделенным (зеленого цвета), если нет, тогда выделите "повернутое" изображение рамкой. Наведите курсор на "зеленое", щелкните правой кнопкой, в контекстном меню выберите копировать, рис. 114, а. Наведите курсор на центр большей окружности  $\varnothing 15$ , рис. 114, б, щелкните на привязку ближайшая точка один раз. После этого выделенное изображение скопируется в буфер обмена информации.

7.7 Зайдите в головное меню **Редактор**  $\rightarrow$  **Вставить**. Появившейся фантом установите, как показано на рис. 115. Щелкните левой кнопкой мыши один раз, привязка пересечение, нажмите **Esc**.

а)

б)

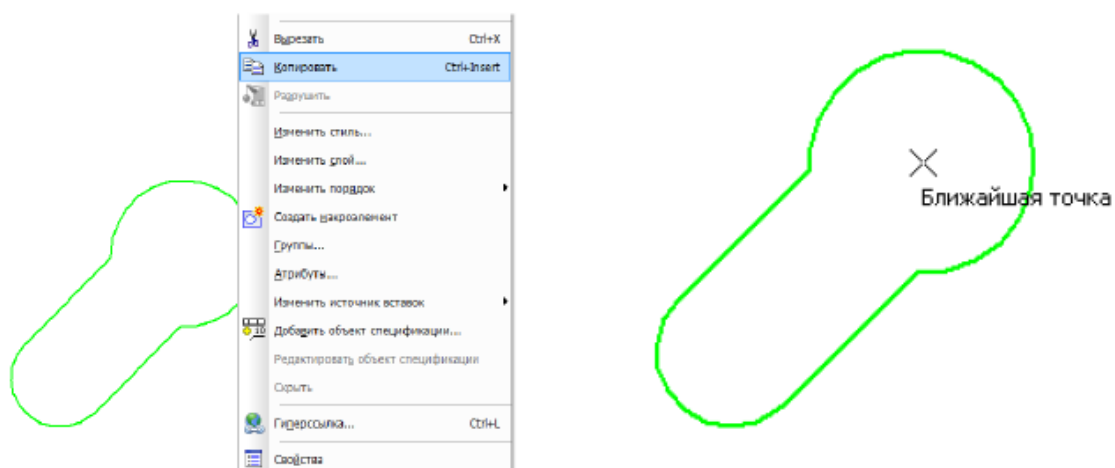


Рисунок 114 – Построение элемента сложного отверстия

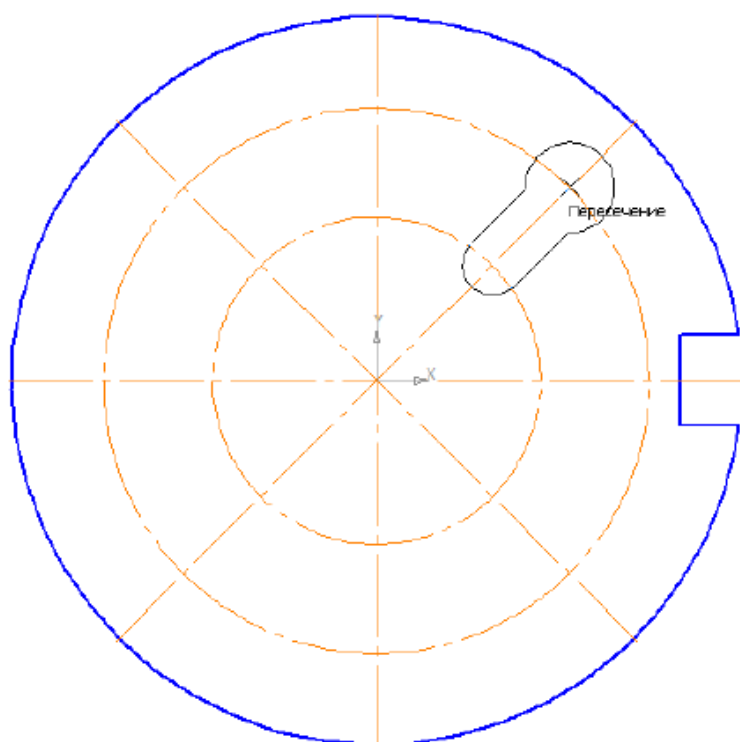


Рисунок 115 – Построение элемента сложного отверстия

#### 8 Построение окружности $\varnothing 10$

В панели **Геометрия** выберите команду **Окружность**. Постройте окружность как показано на рис. 116. Привязка ближайшая точка

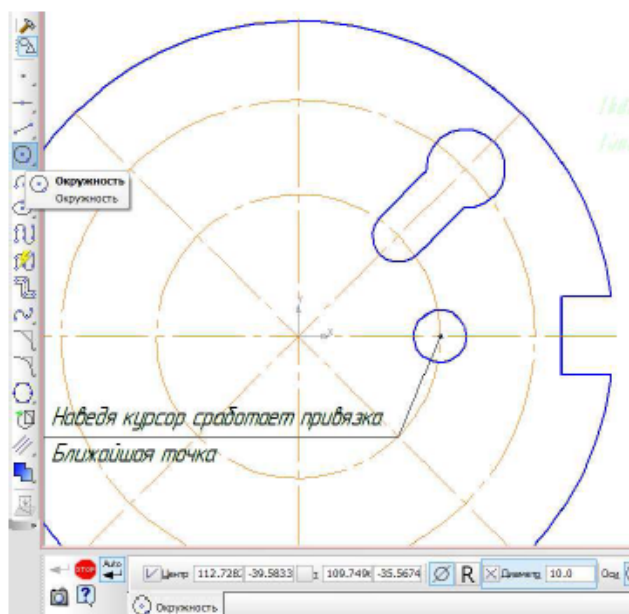




Рисунок 116 – Построение окружности  $\varnothing 10$

9 Копия по окружности

9.1 Выделите элементы изображения рамкой, рис. 117, а. (слева на право).

9.2 В панели *Редактирование* , выберите команду *Копия по окружности* , рис 117, б.

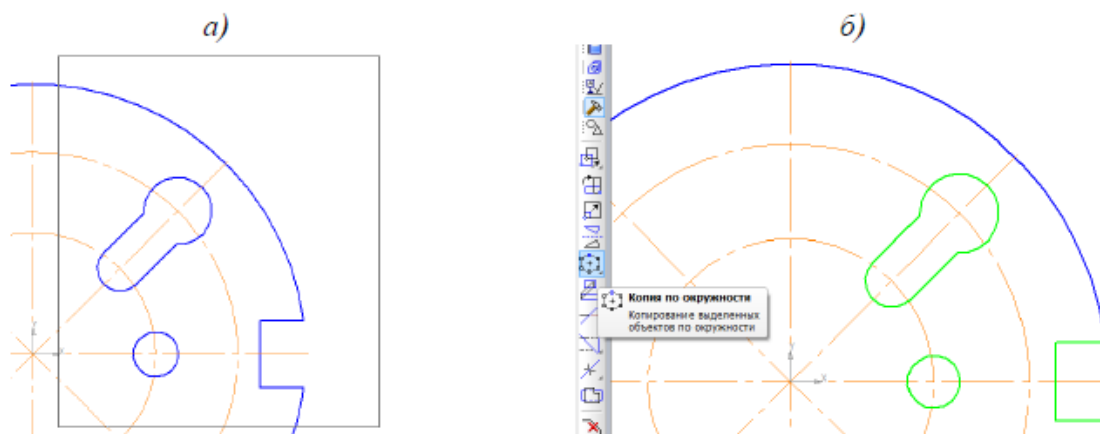



Рисунок 117 – Копия по окружности

Наведите курсор в начало координат (0, 0) и щелкните левой кнопкой мыши привязка *Ближайшая точка* (задаётся точка копирования). Внизу в панели свойств поменяете *Количество копий* 4, шаг  $90^\circ$  или поменяете *Режим* вместо шага  $90^\circ$  на *Вдоль всей окружности* (шаг вычисляется автоматически). (Рис. 118). После этого нажмите команду создать объект  (в левом нижнем углу).

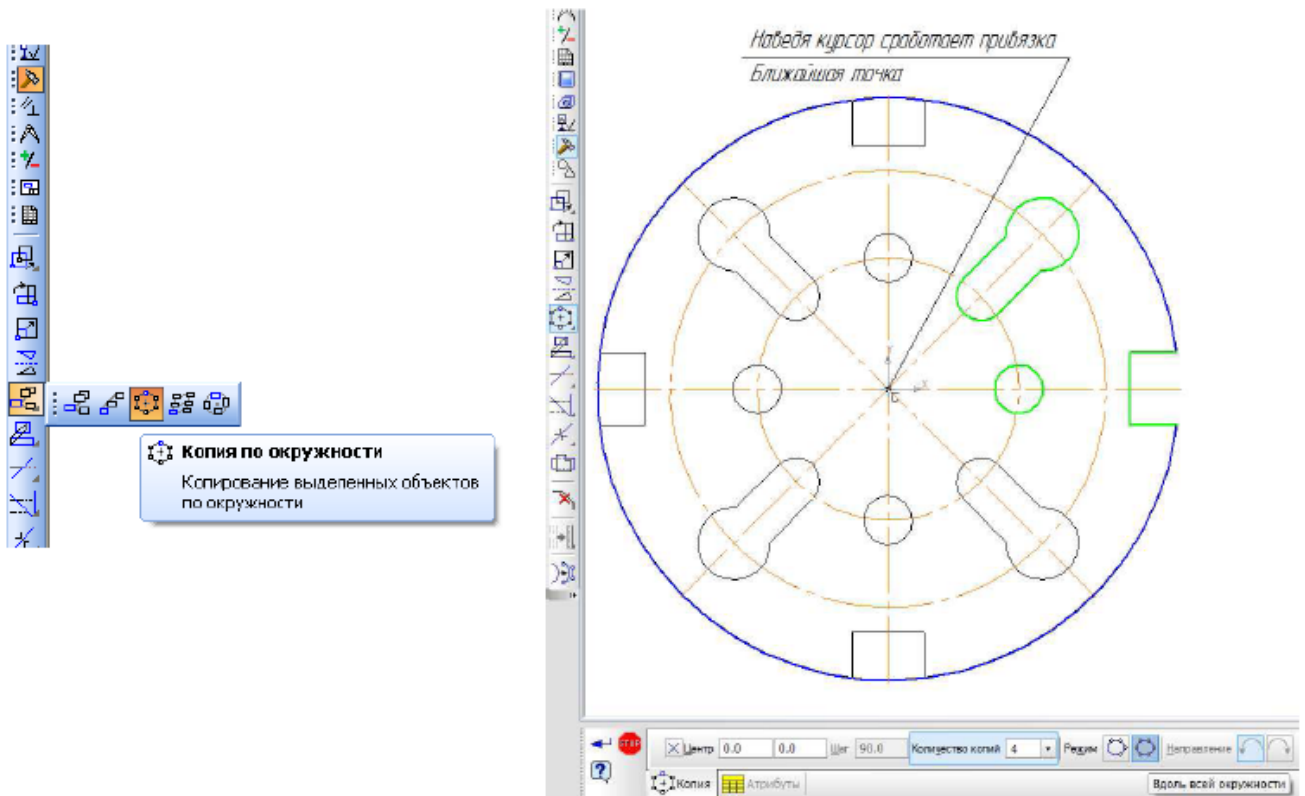





Рисунок 118 – Копия по окружности

9.3 В компактной панели инструментов (слева) активизируйте панель **Редактирование** , выберете команду "Усечь кривую" . Наведите курсор  как это показано на рис. 119, а и удалите ненужные части объектов (последовательно) нажимая левую кнопку мыши, рис. 119, б, результат усечения.

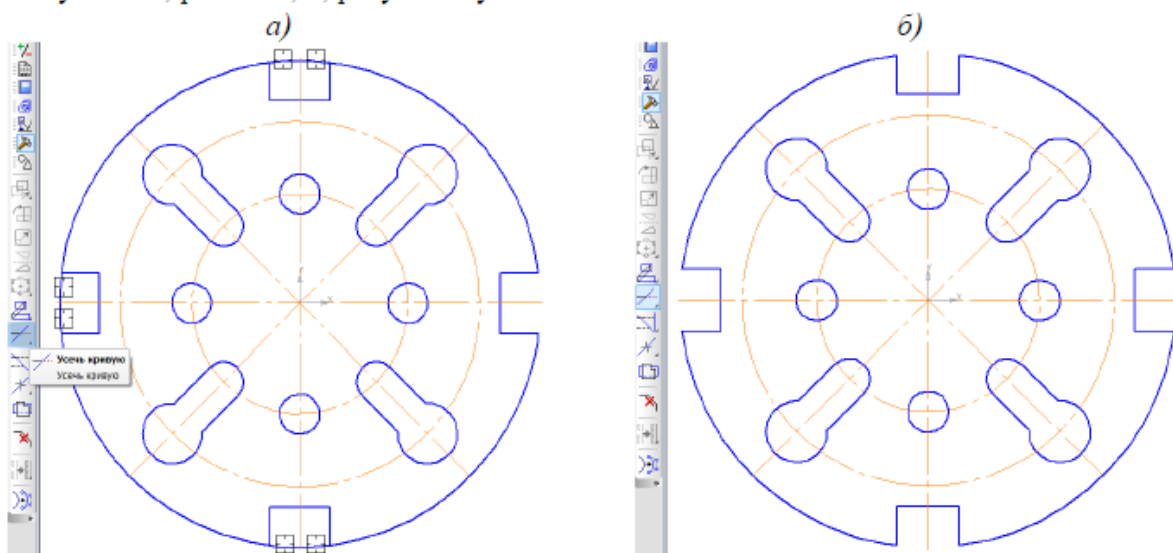


Рисунок 119 – Копия по окружности

## 10 Создание модели твердотельного тела

10.1 Нажмите **Esc**. Выделите изображение рамкой, рис. 120, а. Щелкните правой кнопкой на "зеленое", в контекстном меню выберете строку *копировать*, после этого на курсоре появится система координат, наведите курсор в начало координат и щелкните левой кнопкой мыши один раз, изображение скопируется в буфер обмена, рис. 120, б.

а)

б)

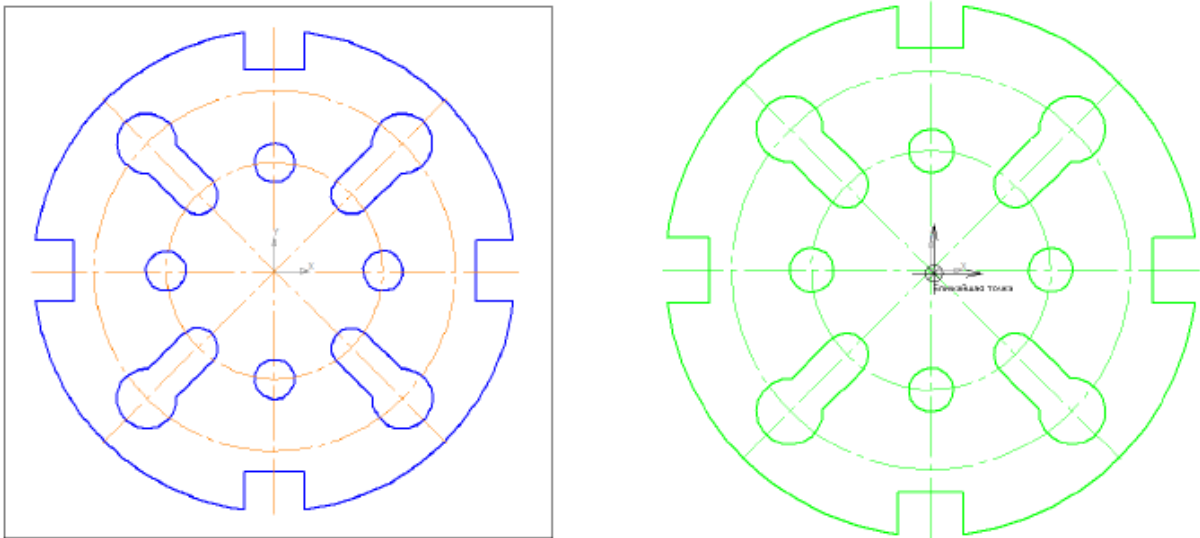



Рисунок 120 – Копирование выделенного изображения в буфер обмена информацией

10.2 Откройте новый документ **Файл** → **Создать** → **Деталь**. Перед вами откроется бесконечное пространство с точкой отчета и взаимно пересекающиеся ортогональные конструктивные плоскости, рис. 121.

Найдите команду **Ориентация**  (рис. 121), щелкните на "треугольник" (что означает список), в списке выберите вид **Спереди**. Ваши плоскости перейдут на нормальное отображение вида спереди.

Плоскость **синего** (XY) цвета является фронтальной плоскостью уровня.

Плоскость **зеленого** (ZX) цвета является горизонтальной плоскостью уровня.

Плоскость **красного** (ZY) цвета является профильной плоскостью уровня.

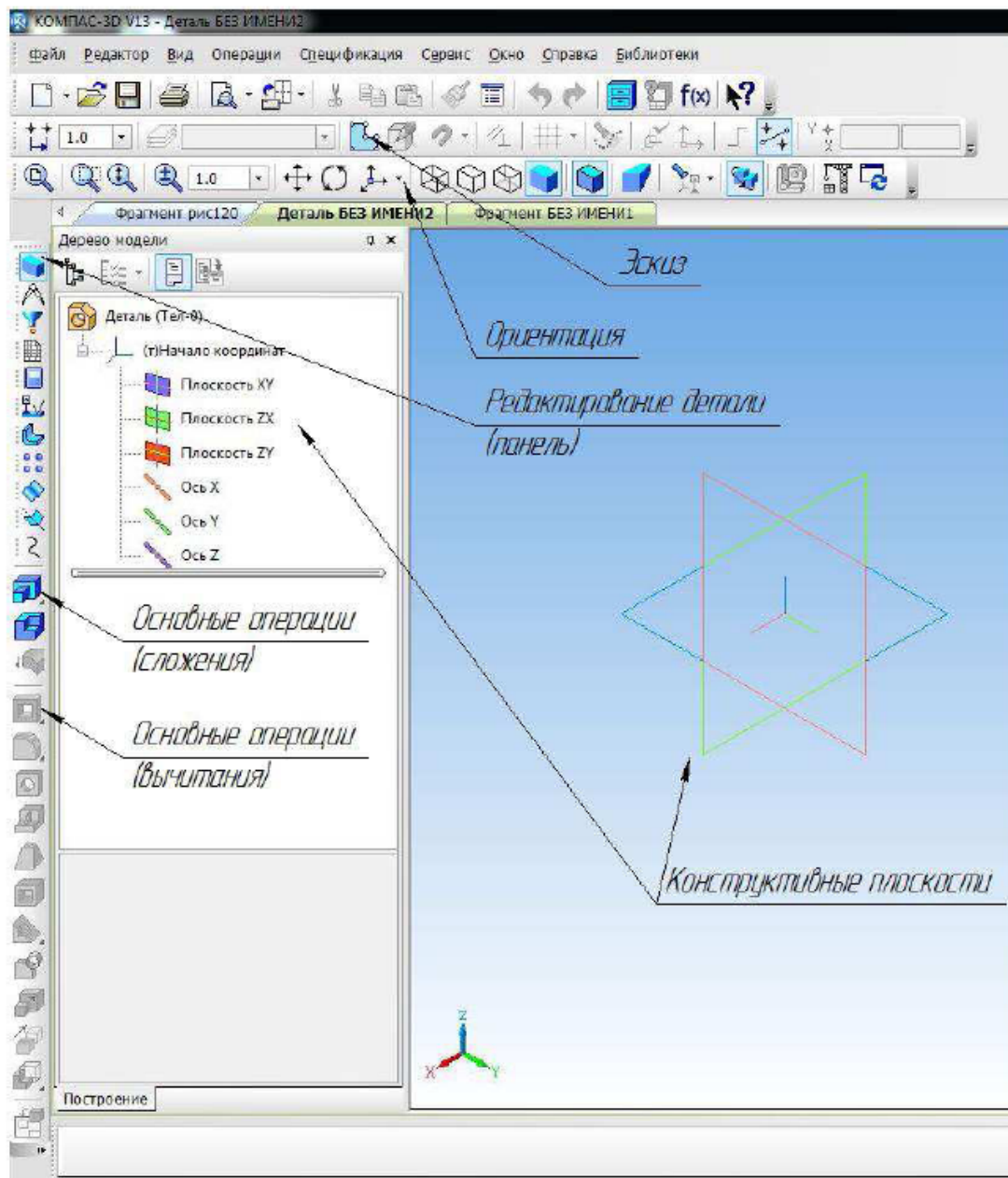


Рисунок 121 – Краткий интерфейс документа "Деталь"

10.3 В дереве модели выберите правой кнопкой мыши плоскость XY (синего цвета), в контекстном меню выберите строку эскиз, рис. 122.

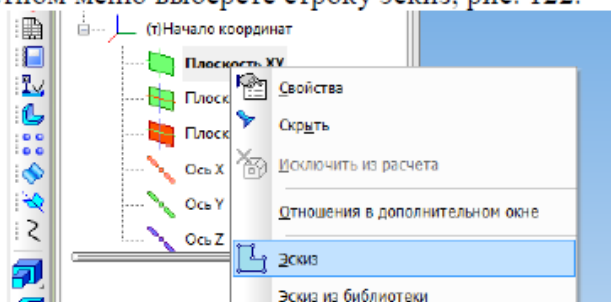


Рисунок 122 – Создание эскиза в конструктивной плоскости

10.4 Найдите вверху закладку *Редактор* → *Вставить*. Наведите курсор в начало координат и нажмите левую кнопку мыши один раз, после этого нажмите *Esc* (отмена). Изображение скопируется в конструктивную плоскость, рис. 123. Нажмите клавишу F9.



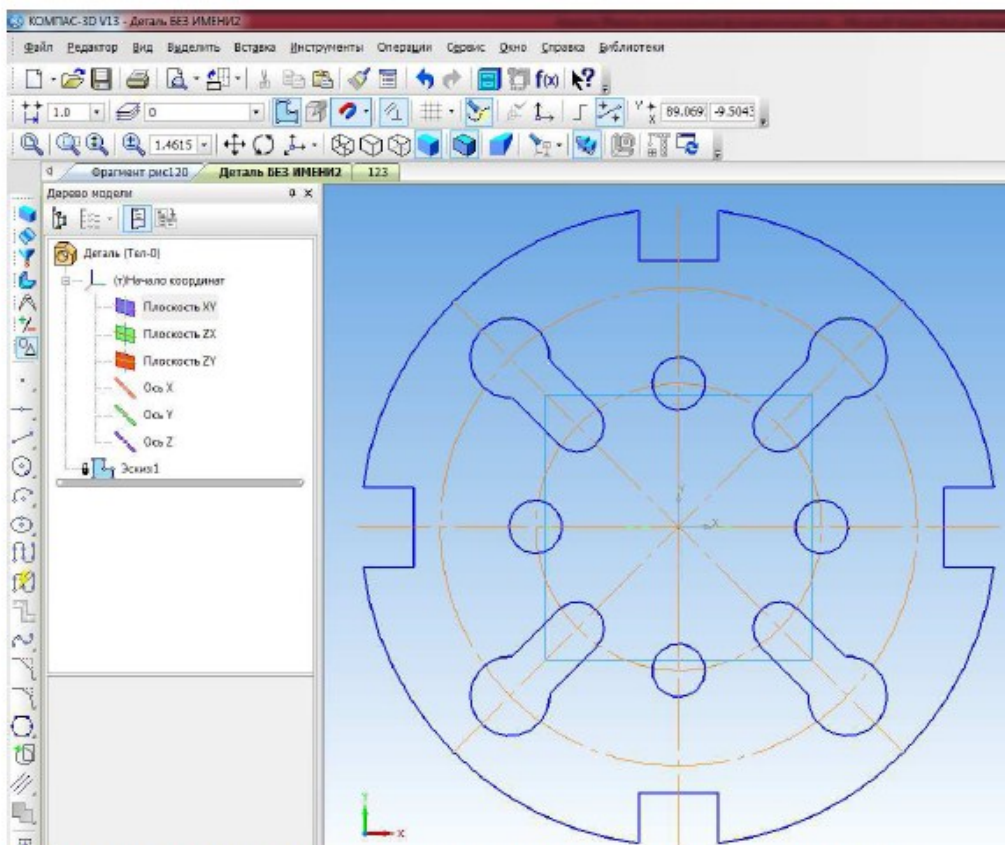



Рисунок 123 – Копирование объекта в конструктивную плоскость

10.5 Управление. Попробуйте уменьшить текущий масштаб с помощью колесика мыши на 30-50%, дальше попробуйте повернуть конструктивную плоскость с изображением, нажав на колесико мыши, удерживая кнопку, подвиньте мышку в сторону.

Следующий момент перетаскивание всей системы в сторону. Для этого нажмете и удерживайте на клавиатуре клавишу *Shift*, затем нажмете и удерживайте колесико мыши, подвиньте мышку в сторону. Для того чтобы вернуть изображение в нормальное состояние, нажмете на синий фон пространства правой кнопкой мыши, в контекстном меню выберете строку *Нормально к ...*

10.6 Выберите панель слева *Редактирование детали*  ниже активируйте команду

*Операция выдавливания* , рис. 124.

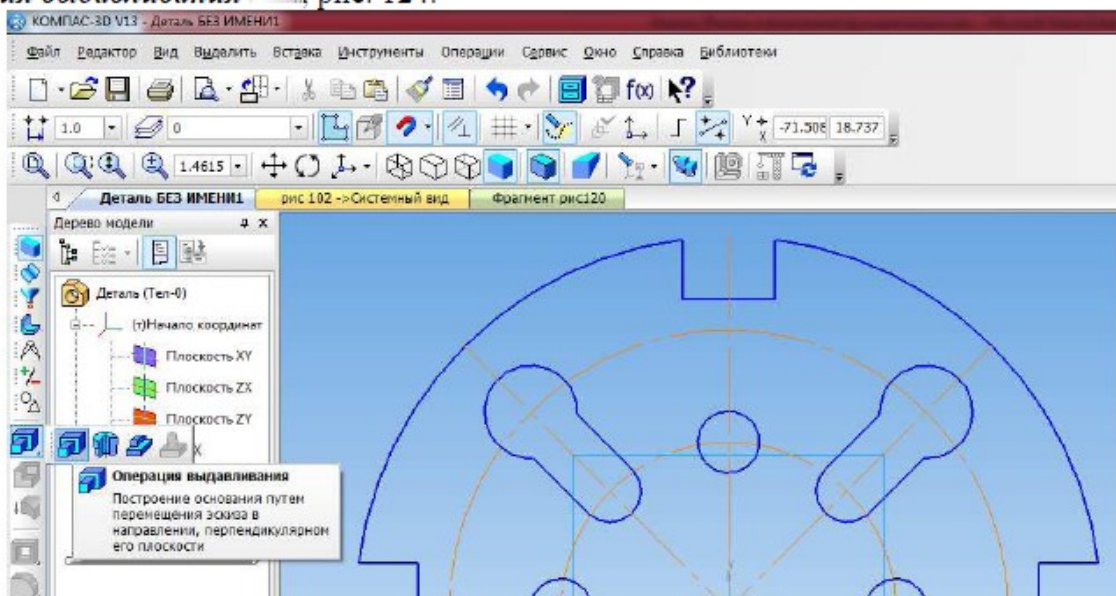



Рисунок 124 – Операция выдавливания

Внизу в панели свойств ведите "Расстояние 1" 3 мм, нажмите создать объект  или **Ctrl+Enter**, рис. 125.

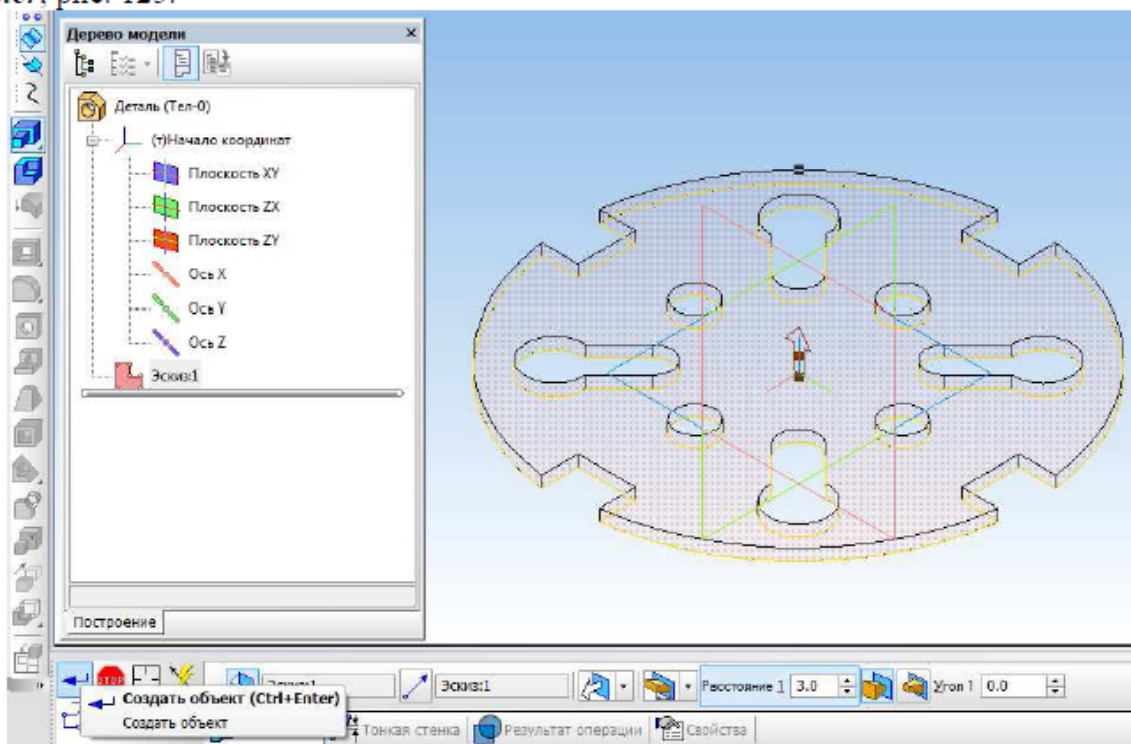


Рисунок 125 – Операция выдавливания

10.7 Наведите курсор мыши на панель "дерево детали", щелкните контекстное меню названия детали, рис. 126, а. Внизу в панели свойств откройте *Список свойств* в ячейку *Обозначения* внесите данные согласно рис.17 пункты от 1 до 6. В ячейку *Наименование* внесите Пластина, рис. 126, б.

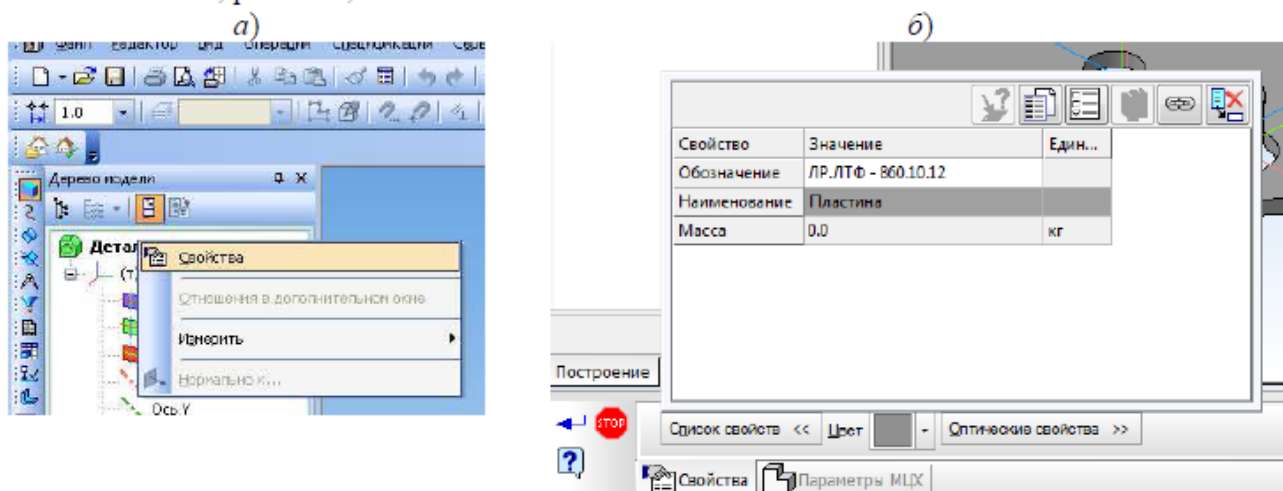



Рисунок 126 – Свойства детали Пластина

Поменяйте внизу закладку *Параметры МЦХ* (масса-центровочные характеристики), рис. 127. Откройте окошко *Материал*. В открытом окошке выберите значок *Выбрать материал из списка* .

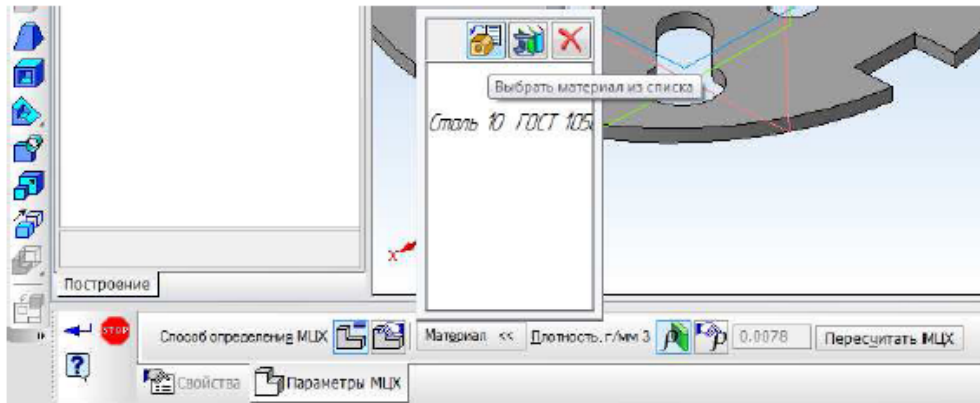


Рисунок 127 – МЦХ Пластины

В появившемся диалоговом окне *Плотность материалов*, выберите материал АМг2 ГОСТ 4784-97, рис. 128.

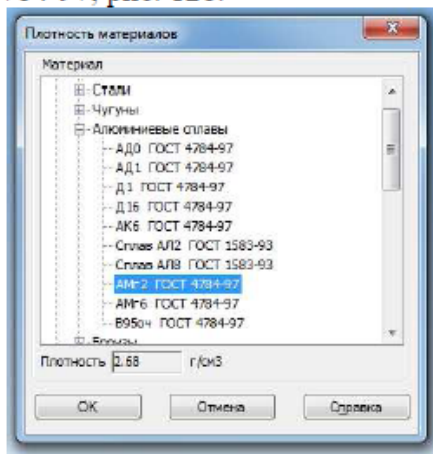





Рисунок 128 – Выбор материала

Нажмите **ОК**, затем нажмите создать объект  или **Ctrl+Enter**. Панель свойств закроется.

Создайте новую папку на рабочем столе и сохраните в эту папку документ *Деталь* под названием файла Пластина.

10.8 Откройте новый документ *Чертеж* (*Файл* → *Создать*). В появившемся документе слева найдите панель *Виды* , выберите команду *Произвольный вид* , рис. 129.

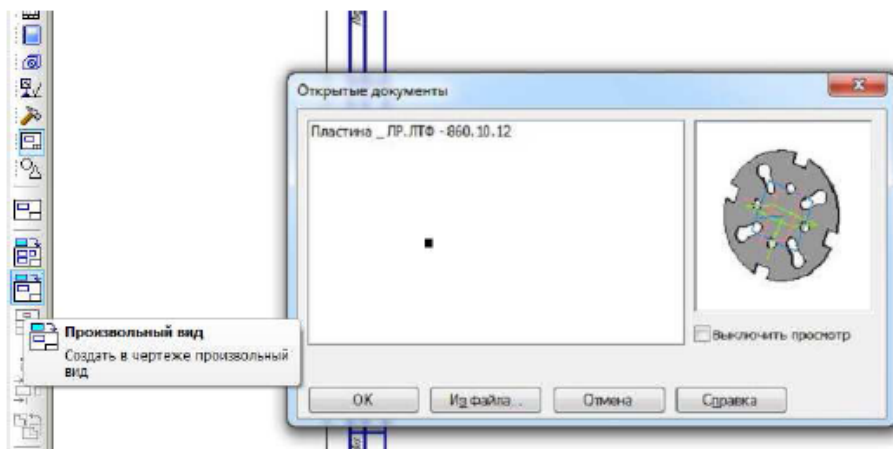


Рисунок 129 – Панель виды

В списке выберите деталь Пластина, нажмите **ОК**. Наведите курсор мыши примерно в середину формата и установите фантом левой кнопкой мыши, рис. 130.

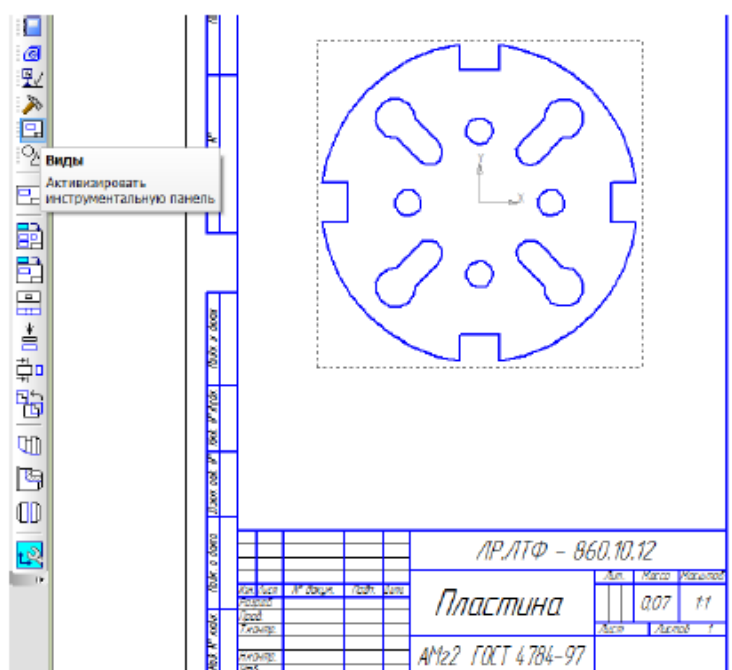


Рисунок 130 – Ассоциативный вид Пластины

10.9 Зайдите в главное меню *Сервис* → *Параметры* → *Размеры* → *Надпись*. В надписях поменяйте шрифт размерных чисел с 5 мм на 3,5 мм, нажмите **ОК**. Установите все размеры, и обозначения (осевые линии – разметка, обозначение центра, симметрия; толщина пластины) как это показано на рис. 99. Дополните основную рамку. Результат построения, рис. 131.

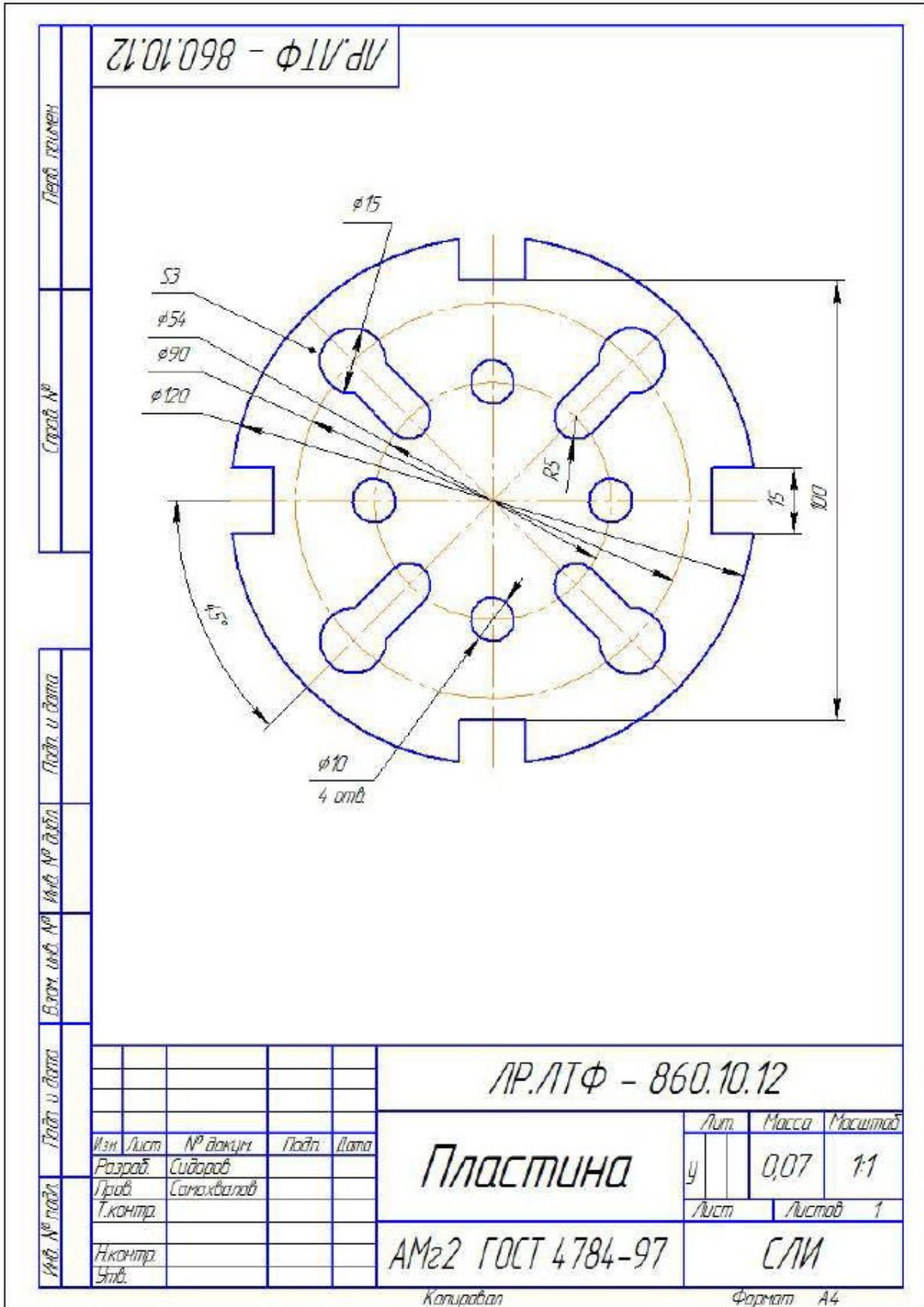


Рисунок 131 – Результат построения чертежа Пластины

Лабораторная работа 6

**Элементы сопряжения**

Сопряжение – это плавный переход от одной линии в другую

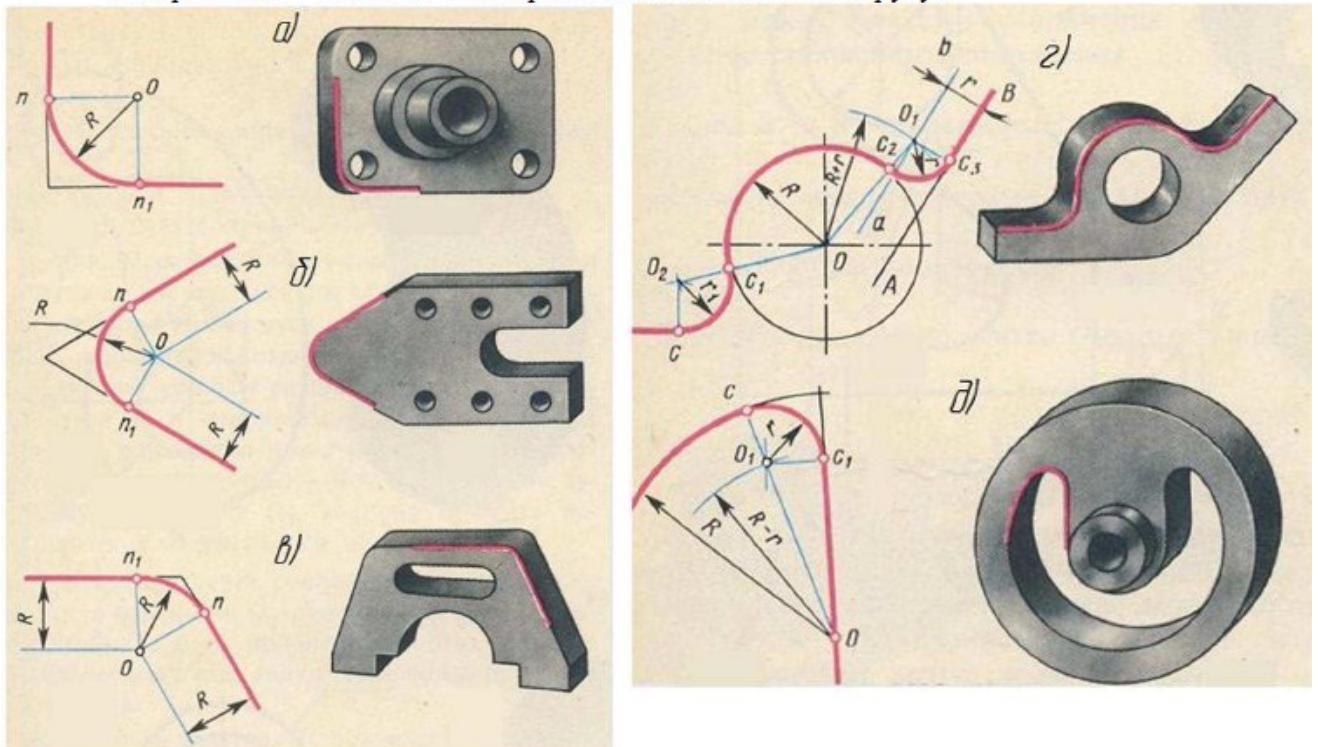


Рисунок 132 – Сопряжения двух сторон прямого, острого и тупого углов с дугой: а – Прямой угол; б – Острый угол; в – Тупой угол; г, д – Скругление "r" прямой к дуге "R"

Для построения сопряжений на рис. 132 достаточно выбрать команду **Скругление** в панели **Геометрия**. Один из примеров построения показан на рис. 41, остальные выполняются аналогично. Сопряжение на рисунке показано решением с помощью циркуля на бумаге. Точки сопряжения, построенные с помощью компьютера, определяются автоматически, центры дуг находить не обязательно. Достаточно построить две кривые, к которым выполняется сопряжение.

Откройте новый документ **Файл → Создать → Фрагмент**. Постройте две окружности с радиусами  $R_1 = 25$  и  $R_2 = 45$  расстояниями между центрами  $l_1 = 45$  и  $l_2 = 85$ , рис. 133. Построение смотри на рис. 134.

Радиус внешнего  $R = 40$ , радиус внутреннего  $R = 100$  сопряжений.

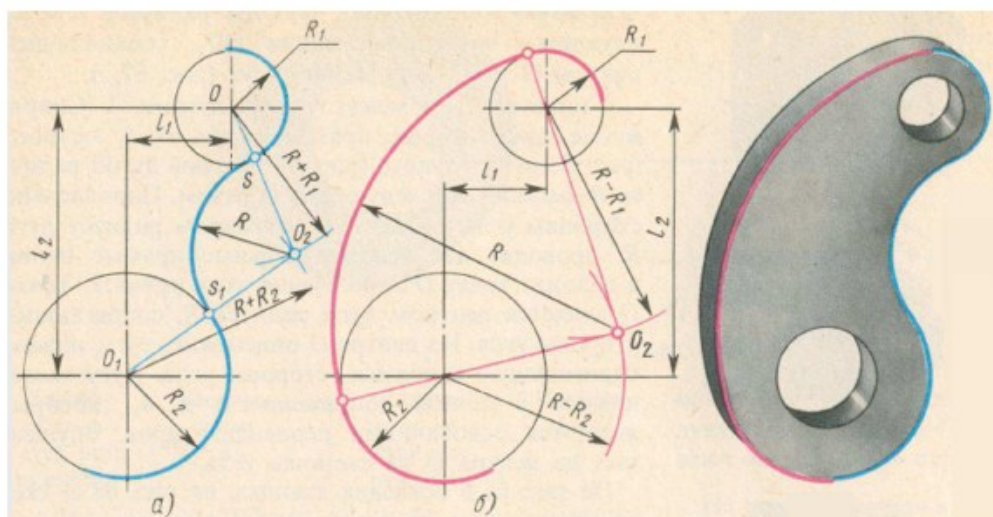


Рисунок 133 – Сопряжение: *a* – Внешнее; *б* – Внутреннее

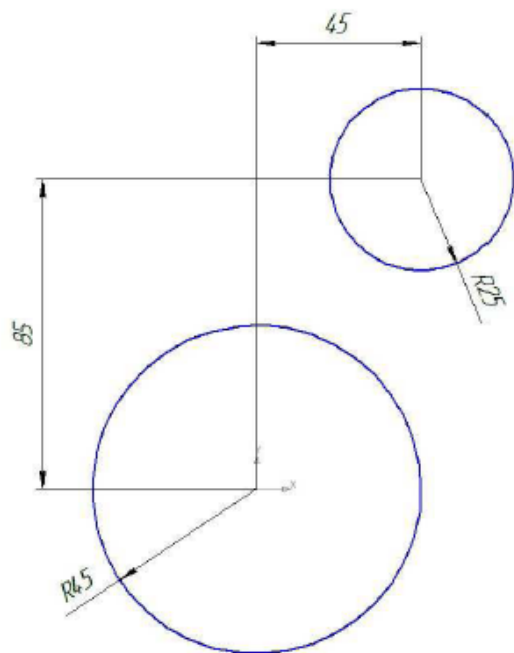


Рисунок 134 – Элементы сопряжения

Для построения внешнего сопряжения  $R$  в панели *Геометрия* выберите команду *Окружность, касательная к 2 кривым*, рис. 135.

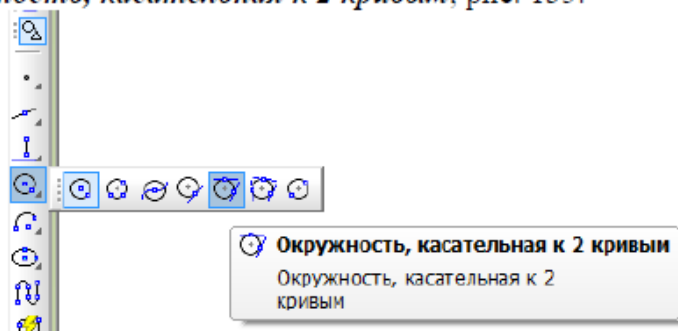
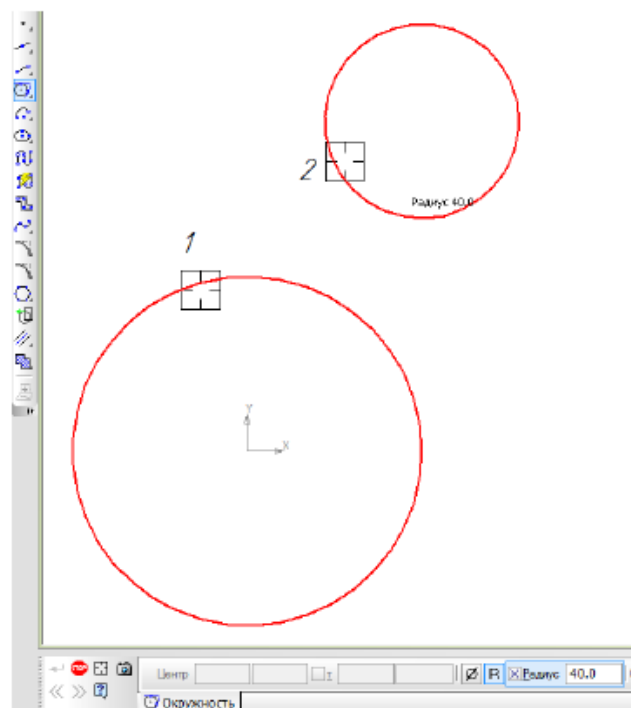


Рисунок 135 – Окружность, касательная к 2 кривым

Внизу в панели свойств, введите радиус сопряжения  $R = 40$ , нажмите *Enter*. Укажите курсором сначала одну окружность затем другую (рис. 136, *a*), окружности выделятся красным цветом. После этого появятся фантомы, выберите нужный фантом, щелкнув по нему один раз, рис. 136, *б*. Нажмите *Esc*.

*a*



6

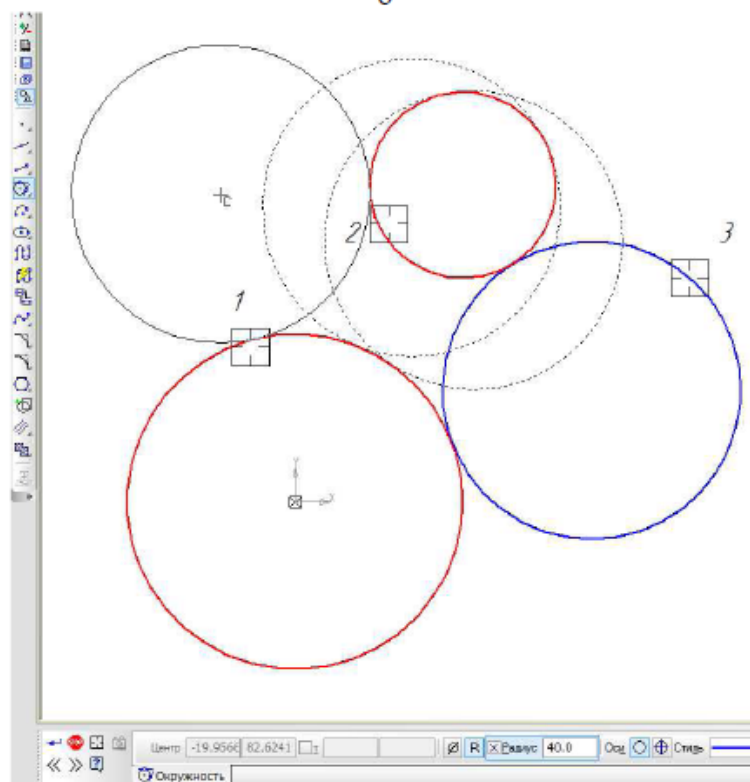




Рисунок 136 – Построение сопряжения

Выберете команду *Усечь кривую*  , панель *Редактирование*  . Удалите ненужную часть окружности рис. 137



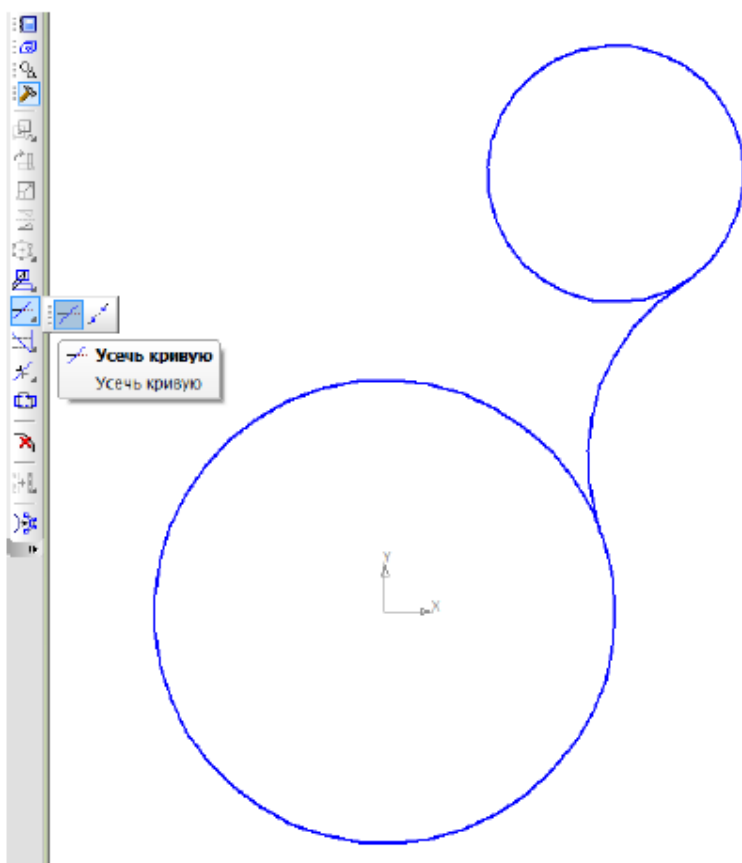


Рисунок 137 – Внешнее сопряжение

Аналогично постройте внутреннее сопряжение  $R = 100$ , рис. 138.

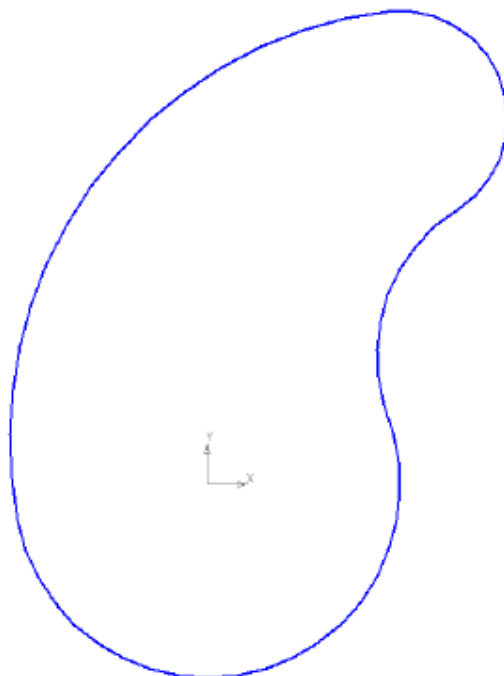


Рисунок 138 – Сопряжение внешнее и внутреннее

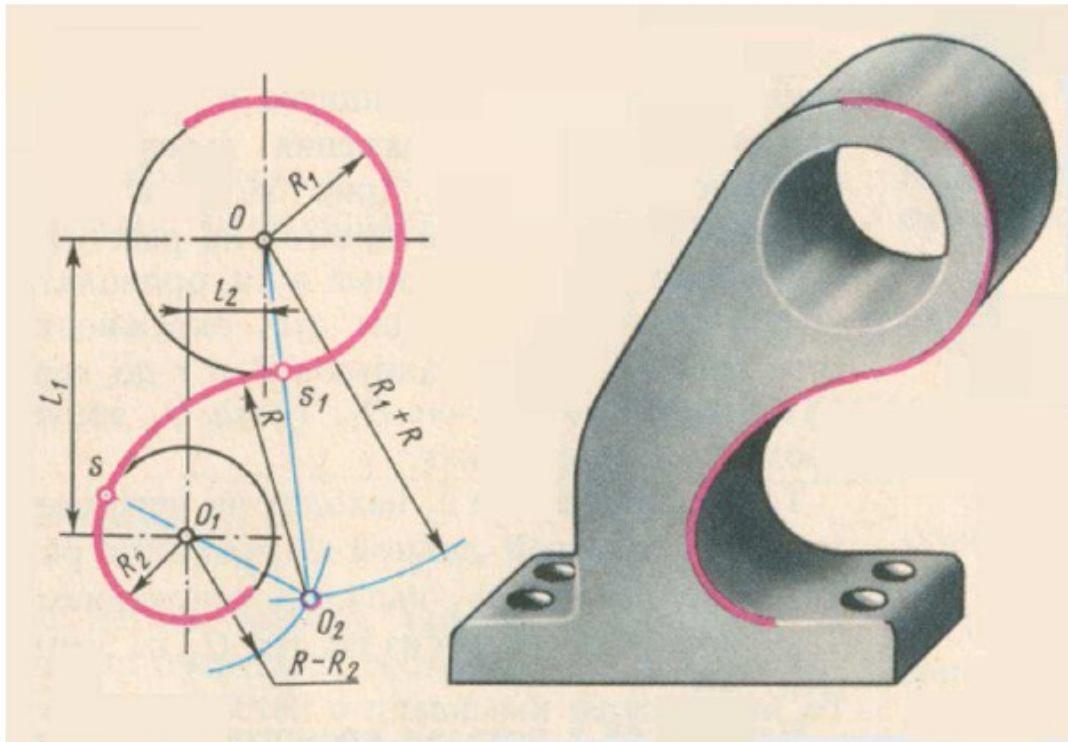


Рисунок 139 – Смешанное сопряжение

Для построения смешанного сопряжения достаточно выбрать команду **Окружность, касательная к 2 кривым** ввести радиус скругления и выбрать нужный фантом сопряжения, как это показано на рис. 136, б.

Касательная к окружности, рис. 140

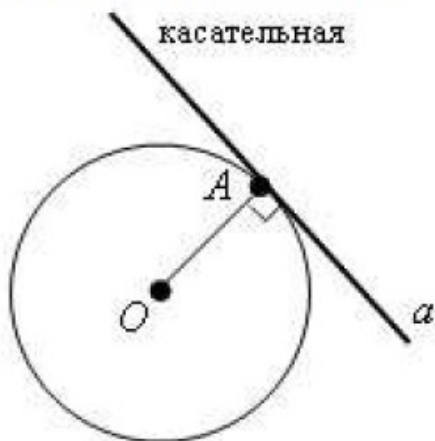


Рисунок 140 – Касательная к окружности

Откройте новый документ **Фрагмент**. Постройте окружность радиусом  $R = 35$ . В панели **Геометрия** выберите команду **Точка** и укажите точку на окружности, как это показана на рис. 141. Нажмите **Esc**.

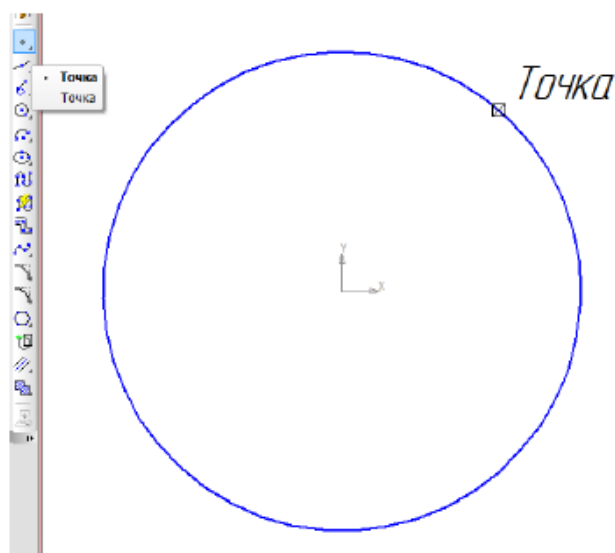

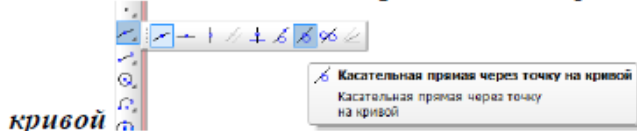


Рисунок 141 – Построение касательной к окружности

В панели *Геометрия*  выберите команду *Касательная прямая через точку на*



1 – Наведите курсор к окружности (окружность станет красного цвета), укажите её (левая кнопка мыши);

2 – появившейся фантом зафиксируйте в построенной точке (левая кнопка мыши), рис. 142. Нажмите *Создать объект* или *Ctrl + Enter*. Нажмите *Esc*.

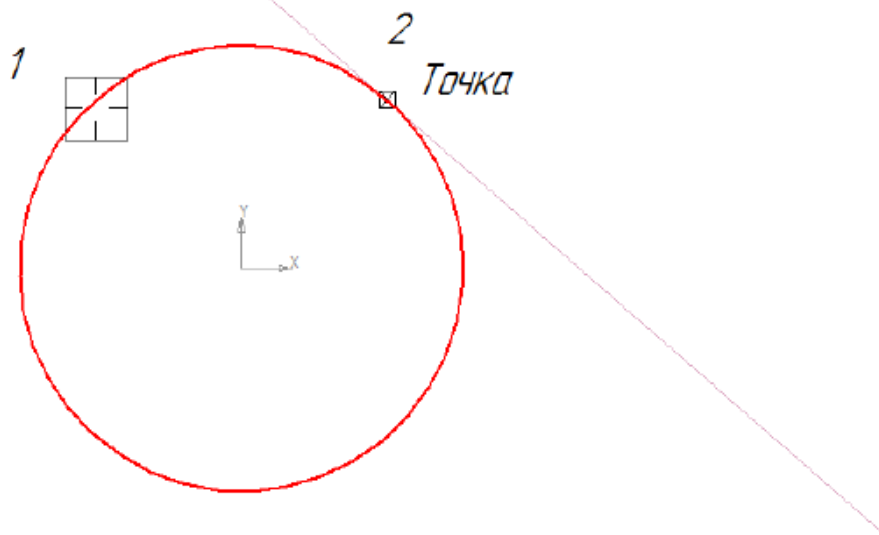


Рисунок 142 – Построение касательной к окружности

Если Вам необходим отрезок, а не вспомогательная прямая, достаточно включить команду отрезок и просто обвести нужный участок на прямой, затем вспомогательную прямую можно удалить, рис. 143.

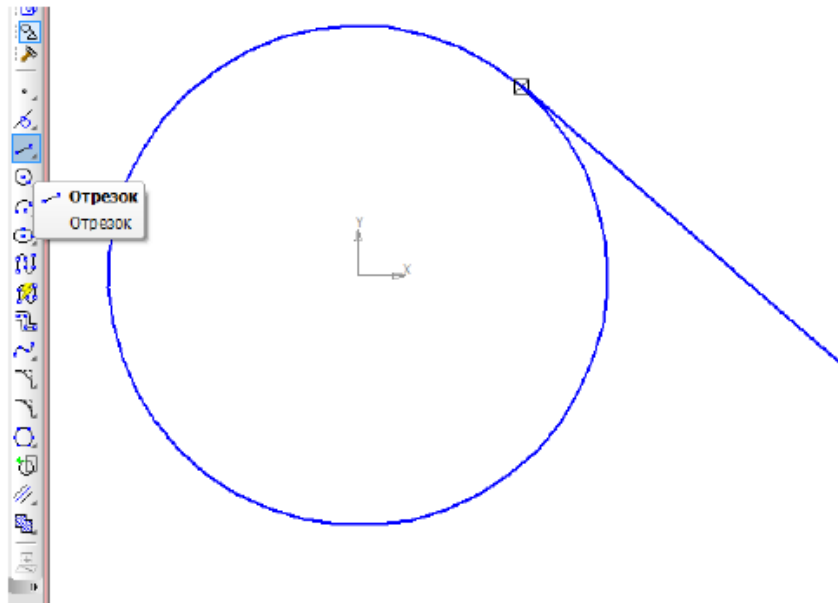


Рисунок 143 – Построение касательной (отрезок) к окружности

Известен угол касательной  $37^\circ$  к кривой. Необходимо выбрать команду *Касательная пряма через точку на кривой* и внизу в панели свойств ввести угол  $37^\circ$ , затем курсором указать кривую, появится фантом касательных и выбрать нужную касательную к кривой, рис. 144.

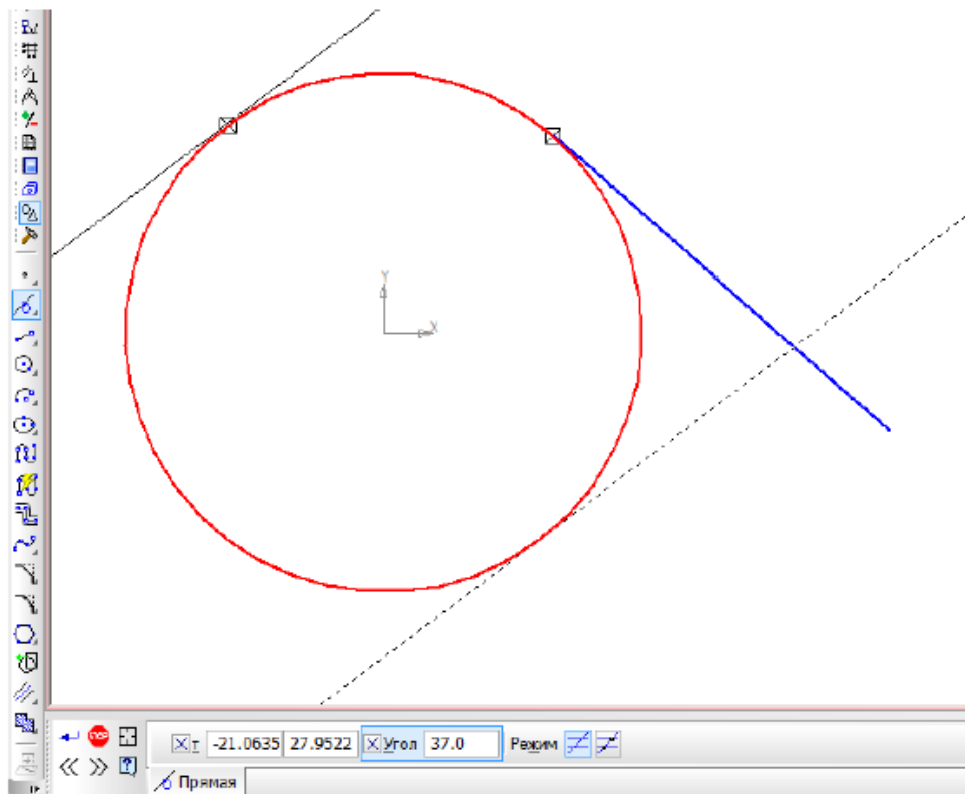


Рисунок 144 – Построение касательной, зная угол

Построение касательной к окружности через внешнею точку, рис. 145.

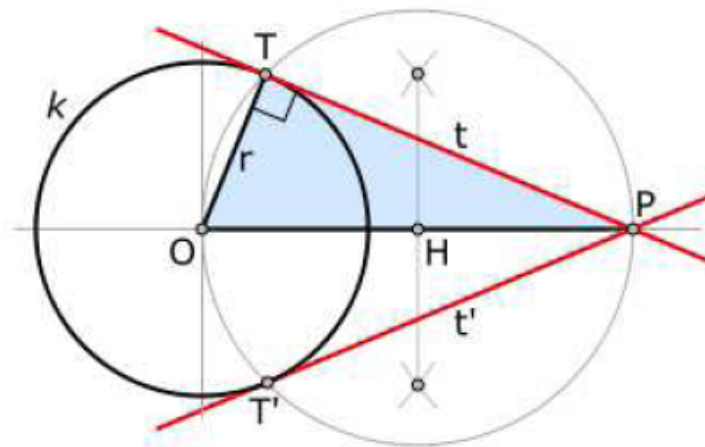


Рисунок 145 – Построение касательной через внешнюю точку

Откройте новый документ **Фрагмент**. Постройте окружность радиусом  $R = 25$ . В панели **Геометрия** выберите команду **Точка** и укажите точку, как это показано на рис. 146. Нажмите **Esc**.

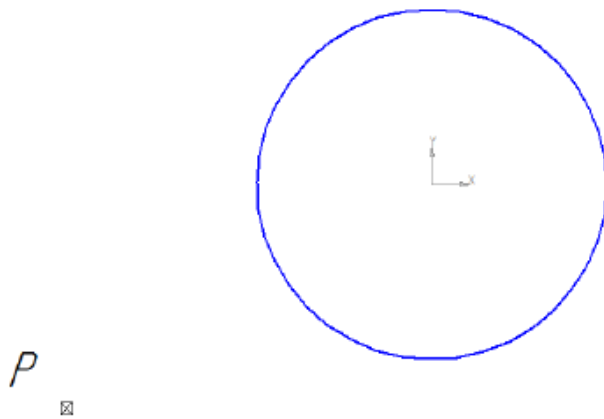
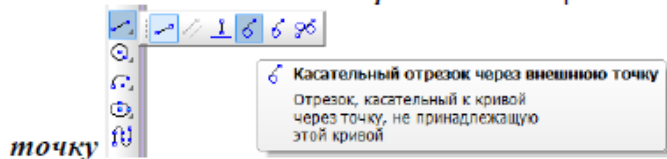


Рисунок 146 – Построение касательной через внешнюю точку

В панели **Геометрия** выберите команду **Касательный отрезок через внешнюю точку**



Наведите курсор на окружность (щелкните один раз), наведите курсор на заранее построенную точку (щелкните один раз). В появившемся фантоме выберите нужный отрезок и зафиксируйте положение, нажав команду **Создать объект** или **Ctrl + Enter**. Нажмите **Esc**. (Рис. 147).

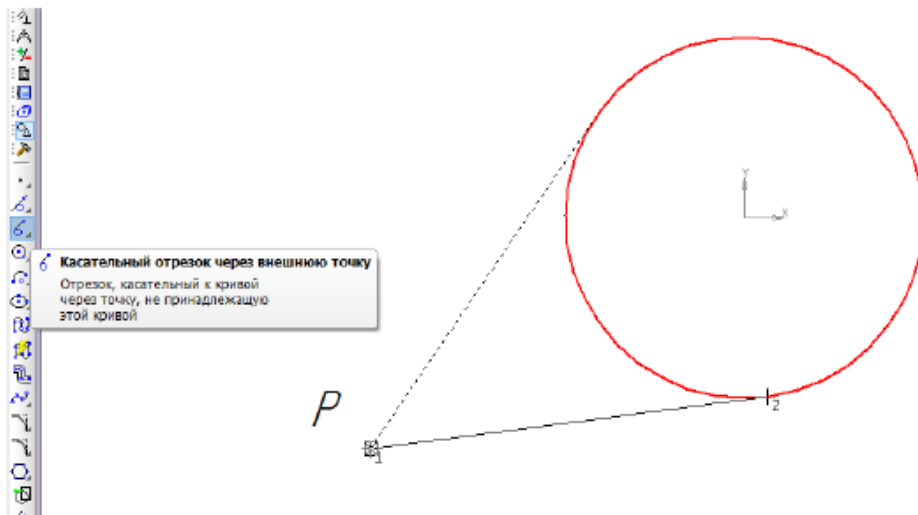


Рисунок 147– Касательный отрезок через внешнюю точку  
Касательные к двум окружностям, рис. 148

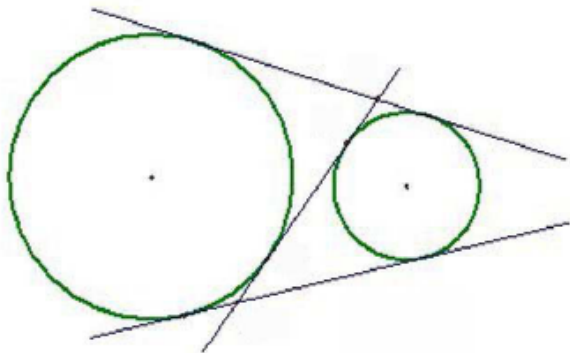


Рисунок 148 – Касательные к двум окружностям  
Самостоятельно постройте две окружности.

Для построения отрезка касательного к двум кривым, в компактной панели нажимаем команду **"Отрезок, касательный к двум кривым"**.

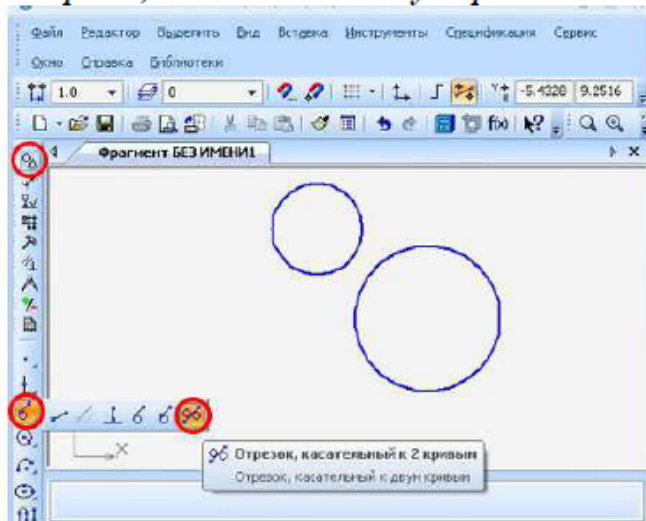


Рисунок 149 – Касательные к двум окружностям

Указываем обе кривые, касательно к которым, должен пройти отрезок. На экране появятся фантомы всех возможных вариантов отрезков. Выбираем тот, который нам нужен (при необходимости указываем несколько или все), фиксируем нажатием кнопки **"Создать объект"** или **Ctrl + Enter**.

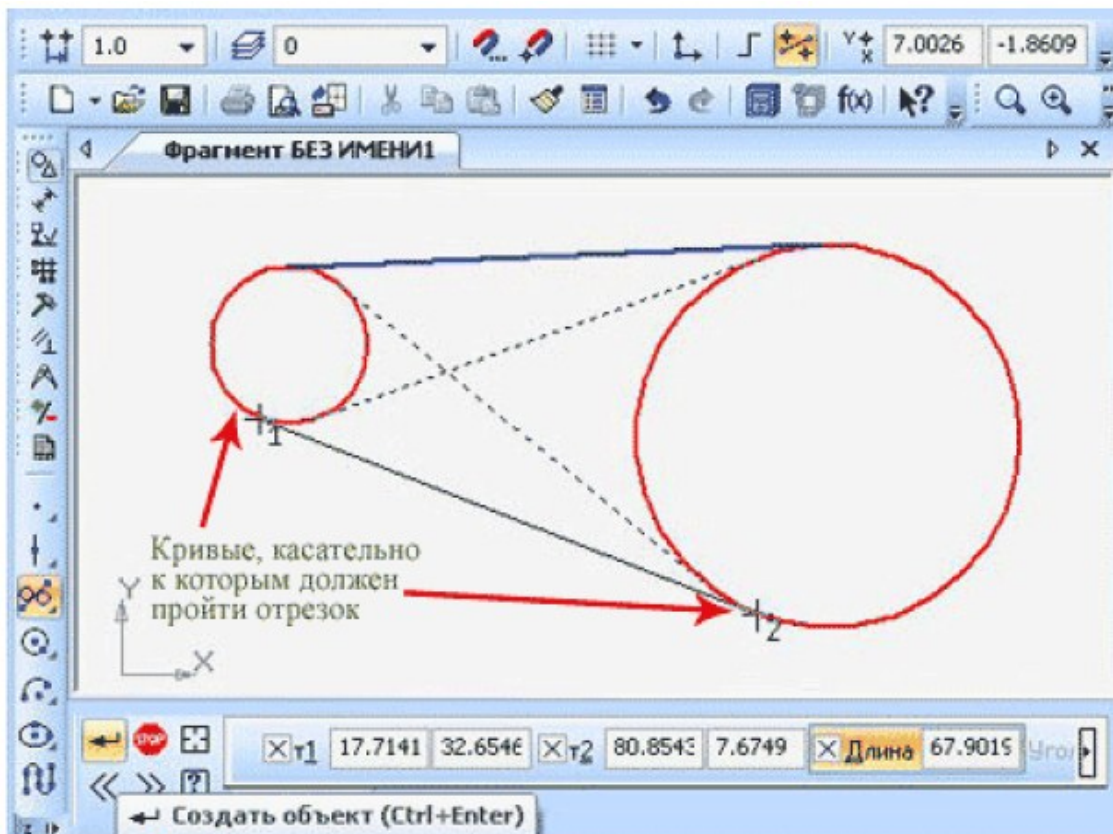


Рисунок 150 – Касательные к двум окружностям

Контрольные задания

**Задание 1**

- Выполните чертеж Пластины, рис. 151, по заданным размерам варианта, табл. 1.
  - Рассчитать массу пластины, Материал пластины БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78;
- Заполнить основную надпись. Формат А4.

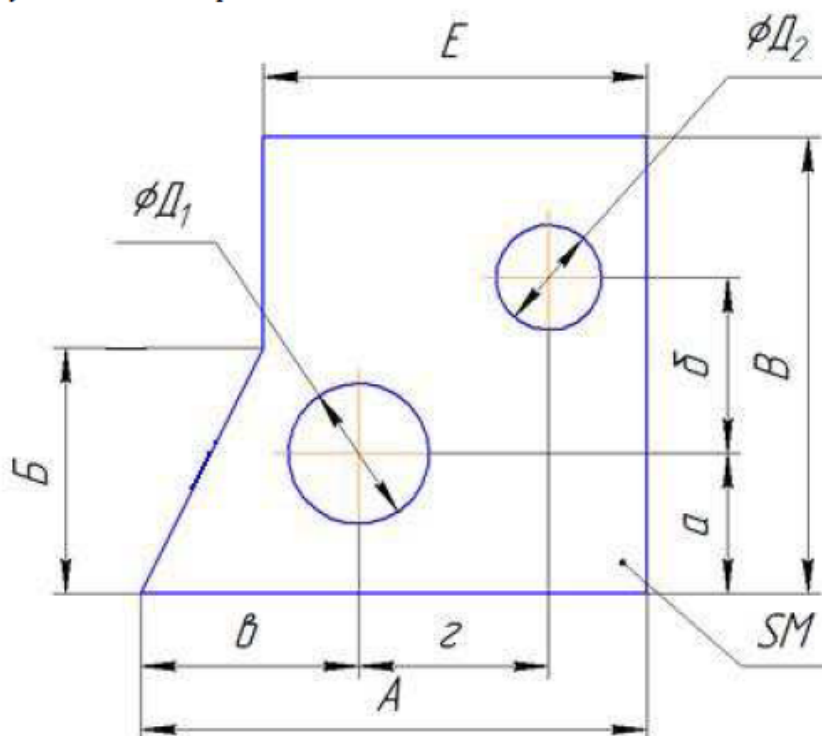


Рисунок 151 – Пластина

Таблица 1 – Варианты к заданию

№ вар	A	Б	B	E	M	а	б	в	г	Δ <sub>1</sub>	Δ <sub>2</sub>
1	230	130	260	190	20	44	50	62	70	50	36
2	145	110	250	100	10	35	40	50	80	30	20
3	200	110	240	170	20	44	50	62	90	50	36
4	160	140	250	130	10	40	40	50	50	30	20
5	170	140	250	130	10	40	40	50	40	30	20
6	162	141	252	131	15	40	45	50	45	40	20
7	165	145	250	135	8	40	45	50	45	30	20
8	140	111	250	100	10	35	40	50	70	30	30
9	200	112	240	170	20	44	50	62	80	50	36
10	160	140	250	130	10	40	40	52	90	30	32
11	170	140	250	130	10	40	40	47	50	30	33
12	162	144	252	131	15	40	45	50	40	30	34
13	140	111	250	100	10	35	40	45	45	30	35
14	163	141	248	131	14	40	45	50	45	40	20
15	182	145	249	135	9	40	45	50	70	30	20
16	177	141	252	131	17	40	45	50	80	40	20
17	170	145	250	135	5	40	45	50	90	30	20
18	165	145	250	140	8	40	45	50	50	30	35
19	162	141	248	131	14	40	45	50	40	40	20
20	180	145	249	135	9	40	45	50	45	30	20



21	175	141	252	131	17	40	45	50	45	40	20
22	170	145	250	135	5	40	45	50	70	30	35
23	162	141	252	131	19	40	45	50	80	30	20
24	165	145	240	135	12	40	45	50	90	30	20
25	162	141	248	131	14	40	45	50	50	30	20
26	180	145	249	135	9	40	45	50	40	40	20
27	175	141	252	131	17	40	45	50	45	30	20
28	170	145	250	135	5	40	45	50	45	30	20
29	162	141	252	131	19	40	45	50	70	30	35
30	165	145	240	135	12	40	45	50	80	30	20

### Задание 2

- Выполните чертеж Детали, рис. 152. по заданным размерам варианта, табл. 2.
- Рассчитать массу Детали (фаски и скругление можно не учитывать) Материал БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78; Заполнить основную надпись. Масштаб выполнения 1:1.

Таблица 2 – Варианты к заданию

№ вар	a	b	№ вар	a	b
1	100	70	16	92	70
2	99	71	17	93	71
3	98	72	18	94	73
4	97	73	19	91	75
5	96	74	20	97	77
6	95	75	21	88	78
7	94	76	22	98	79
8	93	75	23	100	72
9	92	76	24	95	72
10	91	77	25	97	73
11	90	78	26	96	74
12	90	79	27	95	75
13	90	80	28	94	76
14	89	80	29	93	75
15	87	81	30	98	74

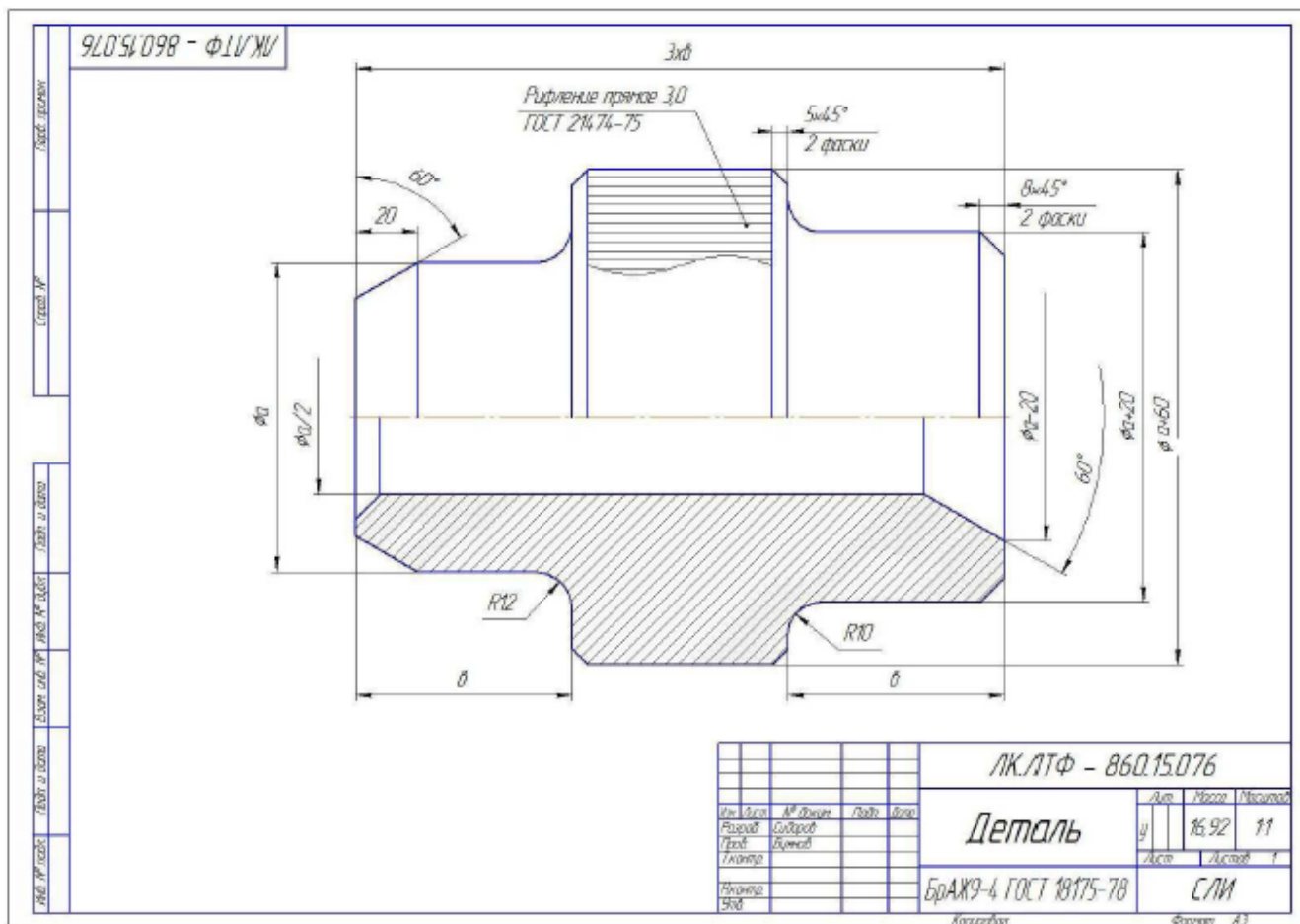


Рисунок 152 – Деталь

**Задание 3**

- Выполните чертёж Пластины, рис. 153, по заданным размерам варианта, табл. 3.
- Рассчитать массу Пластины. Материал АМг2 ГОСТ 4784-97; Заполнить основную надпись. Масштаб выполнения 1:1.

Таблица 3 – Варианты к заданию

№ вар	a	b	t	№ вар	a	b	t
1	210	20	5	16	202	11	8
2	160	14	12	17	167	10	7
3	170	15	10	18	177	20	4
4	180	16	8	19	187	14	5
5	190	17	7	20	197	15	13
6	200	18	4	21	207	16	15
7	205	19	5	22	203	17	9
8	165	15	13	23	202	18	6
9	175	16	15	24	184	19	10
10	185	17	9	25	194	15	11
11	195	18	6	26	198	16	12
12	162	10	11	27	179	17	14
13	172	11	2	28	188	18	15
14	182	12	3	29	206	12	3
15	192	13	14	30	193	14	2

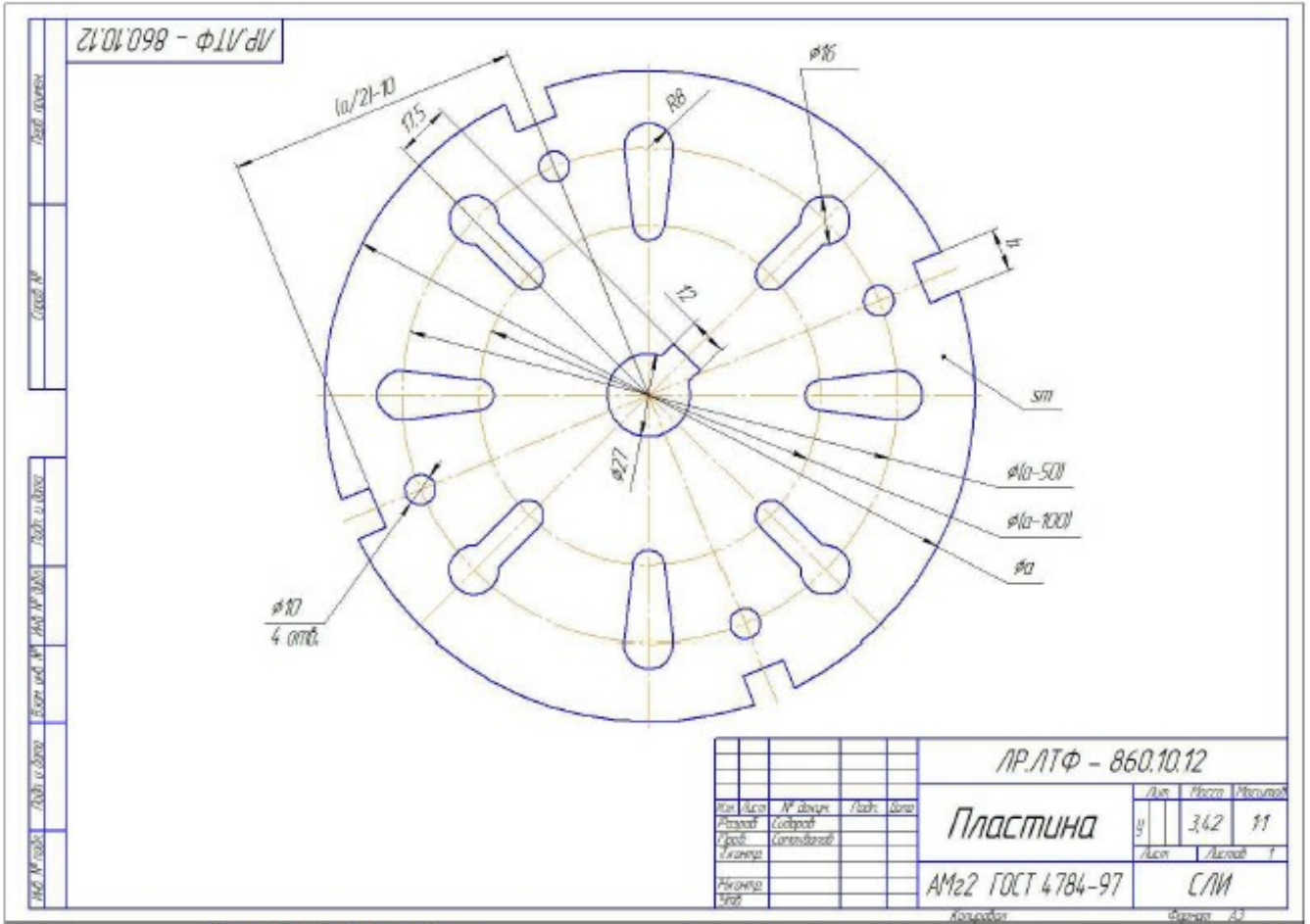


Рисунок 153 – Пластина

### Задание 4

– Выполните видимый контур Пластины, рис. 154 по заданным размерам варианта, табл. 4.

– Рассчитать массу Пластины. Толщина пластины - 15 мм; материал - Сталь 08 ГОСТ 1050-88

– Масштаб изображения 1:1. Проставьте размеры. Заполните основную надпись.

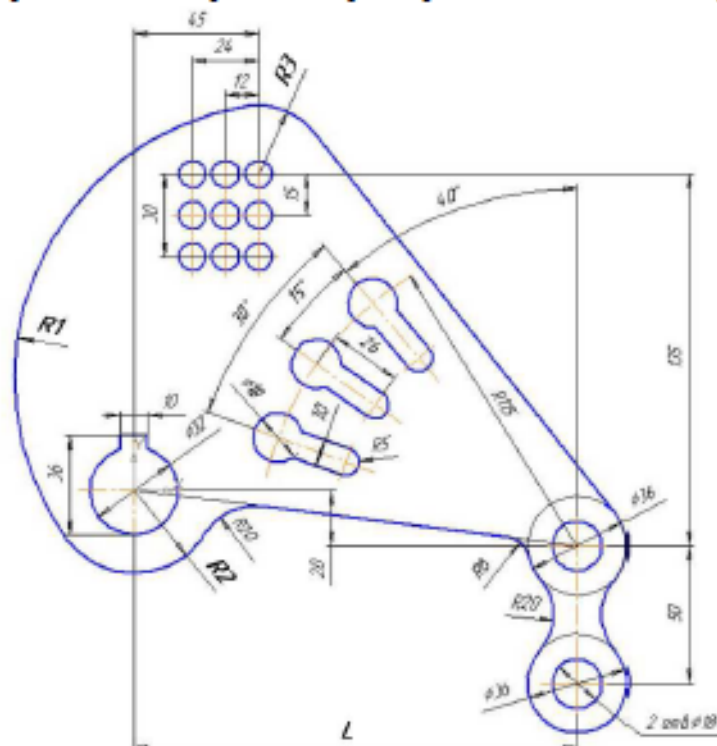


РИС.4

Таблица 4 – Варианты к заданию

№ вар.	L	R1	R2	R3	№ вар.	L	R1	R2	R3
1	160	100	30	25	14	180	115	40	45
2	157	102	25	20	15	165	105	34	35
3	165	105	30	30	16	177	110	30	25
4	170	110	40	35	17	164	107	25	40
5	167	105	30	25	18	155	100	30	45
6	175	102	38	40	19	180	102	40	36
7	180	105	40	45	20	172	105	30	34
8	165	110	34	36	21	160	110	27	30
9	177	105	30	34	22	157	105	24	25
10	164	102	25	30	23	165	102	32	20
11	155	115	30	35	24	170	115	38	30
12	180	120	40	40	25	167	108	35	35
13	174	117	42	30	26	158	100	24	25

### Задание 5

#### Рабочий чертеж детали

1. Выполнить пространственную модель детали, использовать библиотеку КОМПАС 3D для стандартных элементов (частей) детали (например, библиотека КОМПАС: "Машиностроение" - канавки для выхода резьбы, проточки, шпоночные пазы и др.).
2. Выполните ассоциативный чертеж (тема: "Виды, разрезы, сечения, выносные элементы") детали по пространственной модели. Формат и масштаб изображений подобрать самостоятельно.
3. Указать технические требования и неуказанную шероховатость на чертеже.
4. Нанести обозначения на чертеже (указанную шероховатость, предельные отклонения формы и расположения).
5. Расставить размеры, а так же размеры с указанными предельными отклонениями.
6. Оформление (заполнение основной рамки).
7. Защита своей работы (электронный вариант - "Деталь" и "Чертеж").

### Задание 6

#### Сборка Плита

##### Порядок выполнения:

1. Выполните модели деталей: «Основание», «Плита», «Крышка», "Втулка" и сохраните модели под именами:

Наименование моделей деталей	Обозначение чертежей (Шифр)
Основание	.....001.01
Плита	.....001.02
Крышка	.....001.04
Втулка	.....001.03

....001.00.СБ – обозначение сборочной модели.

2. Подключение "виртуальной" спецификации к каждой детали.
3. Выполнить ассоциативные рабочие чертежи каждой детали «Основание», «Плита», «Крышка», "Втулка". Формат и масштаб изображений выбрать самостоятельно.
4. Выполнить сборку Плиты в документе "Сборка".
5. Выполнить сборочный чертеж (ассоциативный) Плиты
6. Создание спецификации в автоматическом режиме
7. Сдача работы.

№ вар	Значение размера, мм					Материал	
	A	B	C	D	E	<i>Основание</i>	<i>Плита</i>
1	24	18	70	140	5	Чугун	Чугун
2	25	20	65	150	6	Алюминиевый сплав	Латунь
3	30	16	75	130	4	Сталь	Чугун
4	40	25	80	127	3	Чугун	Алюминиевый сплав
5	25	14	85	140	5	Алюминиевый сплав	Латунь
6	50	18	90	145	4	Сталь	Чугун
7	55	30	72	135	6	Латунь	Чугун
8	45	22	82	134	2	Алюминиевый сплав	Латунь
9	32	24	68	148	4	Чугун	Алюминиевый сплав
10	26	28	78	138	5	Алюминиевый сплав	Латунь
11	38	16	66	136	3	Сталь	Чугун

12	44	32	76	146	6	Латунь	Чугун
13	52	26	86	152	4	Чугун	Алюминиевый сплав
14	30	18	64	145	3	Алюминиевый сплав	Латунь
15	28	20	74	140	5	Сталь	Чугун
16	34	25	84	150	4	Чугун	Алюминиевый сплав
17	45	20	90	130	5	Алюминиевый сплав	Латунь
18	36	18	65	148	3	Сталь	Чугун
19	40	22	70	138	2	Чугун	Алюминиевый сплав
20	58	12	80	150	5	Алюминиевый сплав	Латунь
21	24	18	70	140	5	Чугун	Чугун
22	25	20	65	150	6	Алюминиевый сплав	Латунь
23	30	16	75	130	4	Сталь	Чугун
24	40	25	80	127	3	Чугун	Алюминиевый сплав
25	25	14	85	140	5	Алюминиевый сплав	Латунь

№вар	Диаметр стержня, мм			Стандарт винта, ГОСТ
	Болт	Шпилька	Винт	
1	10	12	3	1491-80
2	12	10	4	11644-80
3	14	12	3	11738-78
4	16	10	2	17473-80
5	12	12	3	1491-80
6	12	14	3	11644-80
7	16	10	4	11738-78
8	14	12	3	17473-80
9	12	10	2	1491-80
10	10	14	3	11644-80
11	12	12	4	11738-78
12	10	10	5	17473-80
13	12	12	2	1491-80
14	10	10	3	11644-80
15	12	12	4	11738-78
16	12	14	3	17473-80
17	10	10	2	1491-80
18	12	12	3	11644-80
19	10	10	5	11738-78
20	12	14	3	17473-80
21	12	10	4	11644-80
22	14	12	3	11738-78
23	16	10	2	17473-80
24	12	12	3	1491-80
25	10	14	3	11644-80

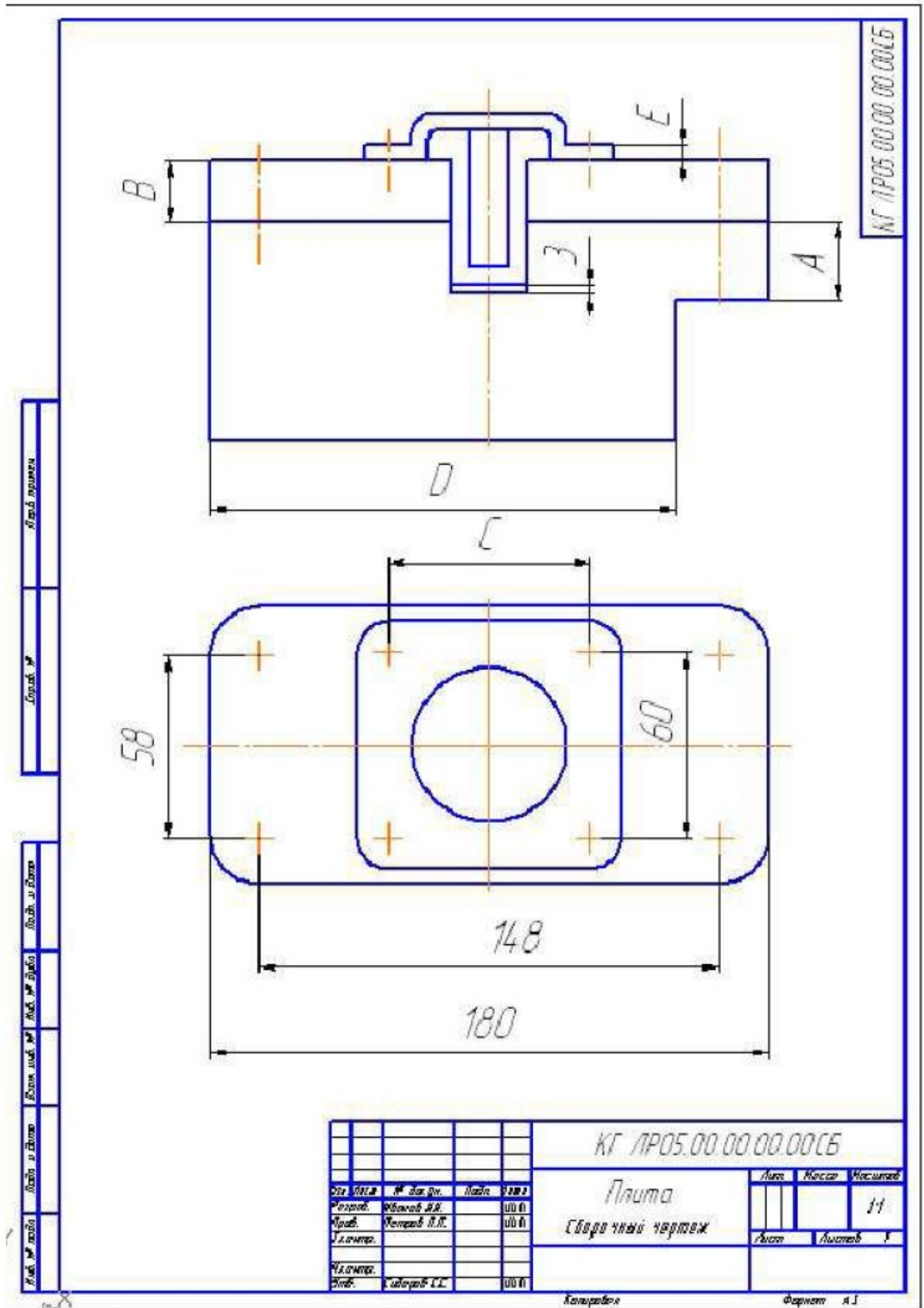


Рисунок – Плита (сборочный чертеж)

## Контрольные вопросы

1. Назначение системы КОМПАС 3D, AutoCAD.
2. Обслуживающие и проектирующие подсистемы КОМПАС 3D, AutoCAD.
3. Способы ввода и редактирования геометрических примитивов.
4. Способы создания слоев и видов.
5. Назначение привязок.
6. Назначение геометрического калькулятора.
7. Назначение спецификации. Объекты спецификации.
8. Устройство конструкторской библиотеки.
9. Параметры стандартизованных объектов и способы их редактирования.
10. Являются ли элементы прикладных библиотек параметрическими?
11. Устройство библиотеки электрических элементов.
12. Какие типы передач можно проектировать в системе КОМПАС 3D.
13. Перечислить уровни проектирования. Для чего необходимо разбивать процесс проектирования на уровни.
14. Математические модели на микро - и макро уровнях.
15. Назначение эквивалентных схем.
16. Какие типы моделей существуют?
17. Способы задания моделей в САПР.
18. Параметризация в 3D моделировании.
19. Оценка МЦХ детали по ее модели.
20. Работа с видами. Назвать особенности.
21. Информационное, методическое, организационное, лингвистическое, математическое и техническое программное обеспечение САПР.
22. Основные понятия и определения; геометрические преобразования в машинной графике.
23. Единая матрица преобразований; система автоматизированного проектирования.
24. Чем отличается разрез от сечения?
25. Сколько типов документов включает в себя программа?
26. Назовите все геометрические свойства построения отрезка?
27. Где располагается команда создать объект?
28. Что называется деталью?
29. Что называется чертежом детали?
30. Что такое масштаб изображения на чертеже?
31. В каких случаях необходимо отключить команду округления?
32. С помощью какой команды можно изменить структуру (оформление) документа чертеж?
33. С помощью какой панели устанавливаются размеры?
34. Как выполнить обозначение толщины детали на чертеже?
35. Какие размеры устанавливаются на чертежах и что они характеризуют?
36. Для чего нужны стили линий?
37. Сколько линий чертежа включает в себя стандарт и какие?
38. Назовите все свойства выделения объектов на изображении?
39. Как удалить объект(ы)?
40. Как копировать объект(ы)?
41. С помощью какой команды можно зеркально отобразить изображение?
42. Для чего нужна панель расширенных команд?
43. Основная надпись, как её заполняют?
44. Что называется дополнительным форматом?
45. Построение параллельного, перпендикулярного отрезка?



46. Что такое формат?
47. Последующие листы, как их установить в программе?
48. Свойства построения окружности?
49. Сетка, для чего она нужна и как её включить в программе?
50. Что такое концентрические окружности?
51. Что такое сложное отверстие?
52. Какие бывают отверстия не учитывая их форму?
53. Что такое паз?
54. Как внести изображение в буфер обмена информацией?
55. По каким признакам можно распознать панель расширенных команд в программе КОМПАС 3D?
56. Что означает команда ориентация в документе деталь и сборка?
57. Как с помощью мышки можно перетащить систему в сторону находясь в документе деталь или сборка?
58. Что такое МЦХ детали?
59. Что такое вид в инженерной графике?
60. Что такое ассоциативный вид?
61. Чему равна высота шрифта размерных знаков на чертежах?
62. Куда записывается масса детали?
63. Что такое сопряжение?
64. В чём отличие между внешним и внутренним сопряжением?
65. Что такое разрез?

#### Заключение

Потребности современного производства диктуют необходимость глобального использования информационных компьютерных технологий на всех этапах жизненного цикла изделия: от предпроектных исследований до утилизации изделия.

В рамках жизненного цикла промышленных изделий САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

Основная цель создания САПР –повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращения трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращения сроков проектирования;
- сокращения себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышения качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращения затрат на натурное моделирование и испытания.

Достижение этих целей обеспечивается путем:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

### 3.МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа представляет собой особую, высшую степень учебной деятельности. Она обусловлена индивидуальными психологическими различиями обучающегося и личностными особенностями и требует высокого уровня самосознания, рефлексивности. Самостоятельная работа может осуществляться как во внеаудиторное время (дома, в лаборатории), так и на аудиторных занятиях в письменной или устной форме.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам. Организуется, обеспечивается и контролируется данный вид деятельности студентов соответствующими кафедрами.

Самостоятельная работа предназначена не только для овладения дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т. д. Значимость самостоятельной работы выходит далеко за рамки отдельного предмета, в связи с чем выпускающие кафедры должны разрабатывать стратегию формирования системы умений и навыков самостоятельной работы. При этом следует исходить из уровня самостоятельности абитуриентов и требований к уровню самостоятельности выпускников, с тем, чтобы за весь период обучения достаточный уровень был достигнут.

При проведении самостоятельной работы, связанной с проработкой теоретического материала, студентам предлагается законспектировать рассматриваемый вопрос, в случае необходимости задать возникшие вопросы на практическом занятии или на консультации.

При изучении дисциплины практикуются следующие виды и формы самостоятельной работы студентов:

- подготовка к устному опросу по темам лабораторных работ;
- выполнение индивидуальных заданий по темам практических работ;
- подготовка к экзамену.

Самостоятельная работа тесно связана с контролем (контроль также рассматривается как завершающий этап выполнения самостоятельной работы), при выборе вида и формы самостоятельной работы следует учитывать форму контроля.

Формы контроля при изучении дисциплины:

- устный опрос;
- проверка выполнения индивидуальных заданий по темам практических работ.

Самостоятельная работа проводится в виде подготовительных упражнений для усвоения нового, упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

- готовность студентов к самостоятельному труду;
- наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
- консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и т.д.

Рекомендации по организации аудиторной самостоятельной работой

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Основными видами аудиторной самостоятельной работы являются:

- выполнение лабораторных работ по инструкциям;
- работа с литературой и другими источниками информации, в том числе электронными;

само- и взаимопроверка выполненных заданий;

Выполнение лабораторных работ осуществляется на лабораторных занятиях в соответствии с графиком учебного процесса. Работа с литературой, другими источниками информации, в т.ч. электронными может реализовываться на лекционных и практических занятиях. Данные источники информации могут быть представлены на бумажном и/или электронном носителях, в том числе, в сети Internet. Преподаватель формулирует цель работы с данным источником информации, определяет время на проработку документа и форму отчетности.

Само- и взаимопроверка выполненных заданий чаще используется на лекционном, практическом занятии и имеет своей целью приобретение таких навыков как наблюдение, анализ ответов сокурсников, сверка собственных результатов с эталонами.

Рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к уровню подготовленности обучающегося. Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультацию с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня литературы. В процессе консультации преподаватель предупреждает о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня подготовленности обучающихся.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернет-ресурсов и др.;

для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц, глоссария для систематизации учебного материала; изучение словарей, справочников; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии, заданий в тестовой форме и др.;

для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; составление схем; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности и др.

Для обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине преподавателем разрабатывается перечень заданий для самостоятельной работы, который необходим для эффективного управления данным видом учебной деятельности обучающихся.

Преподаватель осуществляет управление самостоятельной работой, регулирует ее объем на одно учебное занятие и осуществляет контроль выполнения всеми обучающимися группы. Для удобства преподаватель может вести ведомость учета выполнения самостоятельной работы, что позволяет отслеживать выполнение минимума заданий, необходимых для допуска к итоговой аттестации по дисциплине.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Обучающийся самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеа-

удиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий.

Ежедневно обучающийся должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов.

При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проводиться в письменной, устной или смешанной форме с представлением продукта деятельности обучающегося. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы могут быть использованы зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.

Методические рекомендации по изучению теоретических основ дисциплин

Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время.

Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- знакомство с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля (тесты, опрос по темам лабораторных работ);
- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены.

Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

При ответе на экзамене и зачете необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс по дисциплине для студ. спец. 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 150405 «Машины и оборудование лесного комплекса», 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования» (по отраслям), 250403 «Технология деревообработки», 110301 «Механизация сельского хозяйства», 250201 «Лесное хозяйство», 280201 «Охрана окружающей среды», 240406 «Технология химической переработки древесины», 270102 «Промышленное и гражданское строительство», 250401 «Лесоинженерное дело», 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» и направлений бакалавриата 220200 «Автоматизация и управление», 280200 «Защита окружающей среды» всех форм обучения: самост. учебн. электрон. изд. / Сыкт. лесн. ин-т ; сост. С. В. Лисицкий.- Электрон. дан. – Сыктывкар : СЛИ, 2012. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. – Загл. с экрана.
2. Интегрированные системы проектирования и управления. SCADA-системы [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Елизаров [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 160 с. — 978-5-8265-1469-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63849.html>
3. Малышевская Л.Г. Основы моделирования в среде автоматизированной системы проектирования «КОМПАС 3D» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Г. Малышевская. — Электрон. текстовые данные. — Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. — 72 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66916.html>
4. Джагаров Ю.А. Основы автоматизированного проектирования в среде AutoCAD. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Джагаров. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2015. — 109 с. — 978-5-7795-0759-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68802.html>
5. Системы автоматизированного проектирования. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Беляев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2016. — 175 с. — 978-5-7267-0887-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72747.html>
6. Волкова Т.В. Основы проектирования компонентов автоматизированных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.В. Волкова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 226 с. — 978-5-7410-1560-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69921.html>
7. Кудинов, А.А. Проектирование автоматизированных систем : учеб. пособие/А.А. Кудинов.-Амурский гос. ун-т , Благовещенск, 2010 . – 80 с.
8. Кудинов, А. А. Проектирование автоматизированных систем [Электронный ресурс] : указ. к практ. занятиям по объектно-ориентиров. методам проектирования: учеб. пособие / А. А. Кудинов ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2010. - 81 с. - Режим доступа: [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/6935.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6935.pdf)