

Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

А.В. Блинов, Ю.В. Божко, В.М. Коробов, К.И. Молодцов,
В.В. Щербаков

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**по выполнению индивидуальных заданий первой части
курса "Инженерная графика" по теме "Многогранники и
кривые поверхности" с использованием трехмерного мо-
делирования в системе T-FLEX CAD**

Москва 2014

УДК 744(075)
ББК 30.119я7
У91

Учебное пособие по выполнению индивидуальных заданий первой части курса "Инженерная графика" по теме "Многогранники и кривые поверхности" с использованием трехмерного моделирования в системе T-FLEX CAD для студентов технических специальностей очной и заочной форм обучения / А.В. Блинов, Ю.В. Божко, В.М. Коробов, К.И. Молодцов, В.В. Щербатов. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. 56 с.

Данная работа написана на основе курса, читаемого в НИЯУ МИФИ для студентов технических специальностей.

В учебном пособии даны рекомендации и примеры выполнения работ по теме "Многогранники и кривые поверхности" как традиционным способом методами начертательной геометрии, так и с использованием трехмерного моделирования в системе T-FLEX CAD.

Рецензент кандидат технических наук, доцент А.В. Берестов

Рекомендовано НТС кафедры «Инженерная графика»

ISBN 978-5-7262-1905-9

© *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2014*

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ	5
ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	6
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	10
Задание 1. Построение проекций линии пересечения двух многогранников.	10
Задание 2. Построение проекций сквозного отверстия в шаре.....	18
Задание 3. Построение проекций "линии среза" поверхности вращения плоскостями.....	23
Задание 4. Построение проекций линии взаимного пересечения двух кривых поверхностей.....	29
Задание 5. Построение развертки пирамиды	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	39
ПРИЛОЖЕНИЯ	40
П1. СТАНДАРТЫ ЕСКД	40
П2. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА	43
П3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ	50
ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ - ИСТОЧНИКИ	54

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования инженер должен обладать знаниями и умениями, позволяющими применять современные информационные технологии, математические методы и программное обеспечение для решения задач проектно-конструкторской и управленческой деятельности.

Сегодня недостаточно хорошо чертить и изображать свои идеи в виде чертежей. Востребованы специалисты, владеющие современными САД-системами, умеющие создавать твердотельные и поверхностные модели проектов. Такие специалисты смогут быстро представить свои разработки на передовом мировом уровне.

Курс "Инженерная графика" читается на кафедре инженерной графики НИЯУ МИФИ двумя частями в течение двух семестров

Предлагаемая работа написана на основании программы первой части курса "Инженерная графика", которая включает основы начертательной геометрии, многогранники и кривые поверхности, правила выполнения видов, разрезов, сечений, аксонометрические проекции, виды соединения деталей с акцентом на резьбовые соединения.

Освоение материала осуществляется традиционными методами решения задач и выполнения чертежей с параллельным изучением основ трехмерного моделирования. С этой целью кафедра использует доступную систему среднего уровня T-FLEX CAD, которая обладает всеми необходимыми средствами для 3D-моделирования и содержит полный набор средств создания конструкторской документации в соответствии с современными требованиями стандартов ЕСКД (см. приложение 1).

В работе сделан упор на практическую сторону работы, то есть на способы решения задач методами начертательной геометрии, овладение основами геометрического моделирования и применение их для решения тех же задач. Для освоения теоретических основ приведен список рекомендованной литературы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

При изучении темы "Многогранники и кривые поверхности" студенты осваивают основы образования чертежа, включая центральное и параллельное проецирование, прямоугольное проецирование; правила изображения многогранников, поверхностей вращения и их комбинаций. Параллельно овладевают правилами 3D моделирования, изучают основные операции и команды системы T-FLEX CAD, получают практические навыки создания многогранников, тел вращения и составных тел. На основе полученных 3D моделей выполняют чертежи (2D проекций) и учатся правильно их оформлять.

Правила оформления чертежей (форматы, масштабы, линии, шрифты) студентами изучаются самостоятельно. Некоторые из них приведены в приложении 2.

Правила нанесения размеров подробно изучаются во второй части курса, а в этой студенты знакомятся только с основными моментами, изложенными в приложении 3.

В ходе изучения темы "Многогранники и кривые поверхности" студенты выполняют пять индивидуальных заданий.

Содержание индивидуальных заданий.

1. Построение проекций линии пересечения двух многогранников вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

2. Построение проекций сквозного отверстия в шаре. Призматического или комбинированного из плоскостей и цилиндров вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

3. Построение проекций "линии среза" сложной поверхности вращения несколькими плоскостями вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

4. Построение проекций линии пересечения двух кривых поверхностей вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

5. Построение развертки пирамиды в системе T-FLEX CAD.

Для создания новой 3D модели необходимо дважды кликнуть "3D Модель" или в текстовом меню набрать "Файл|Новая 3D модель".

Расположение служебных окон и элементов управления представлено на рис.2.

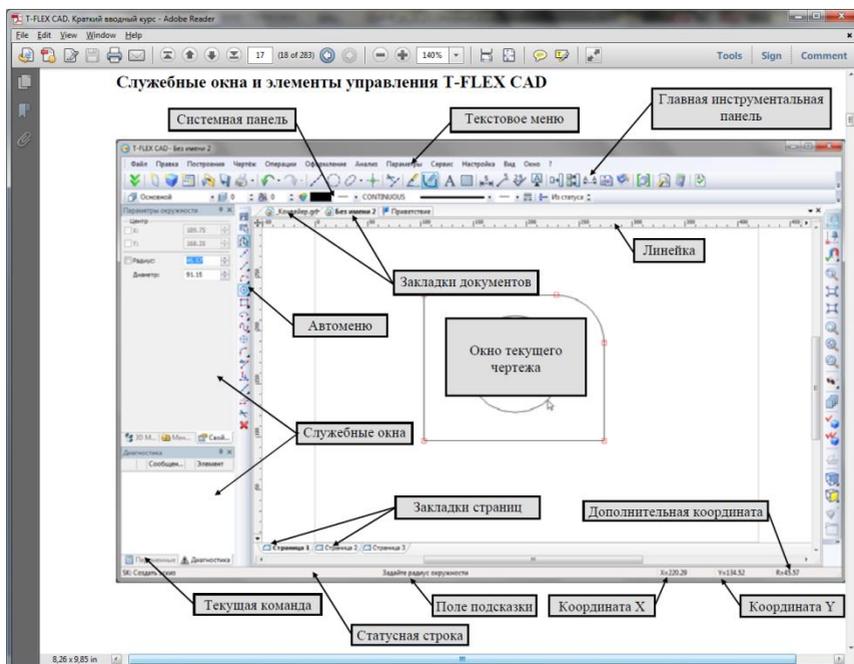


Рис.2. Служебные окна и элементы управления T-FLEX CAD

Итак, с помощью команды "Новая 3D модель" создан новый файл и в нем уже имеется три стандартные рабочие плоскости "Вид спереди", "Вид сверху" и "Вид слева". Сразу открывается окно с этими плоскостями (рис.3). Рабочая плоскость позволяет задавать исходные данные для 3D операций, прежде всего создавать 3D профили. Контур 3D профиля может быть замкнутым или разомкнутым. Замкнутый используется в качестве основы для создания

твердых тел в различных операциях, а разомкнутый - для создания листовых тел. Один из способов получения 3D профиля - начертить его на рабочей плоскости.

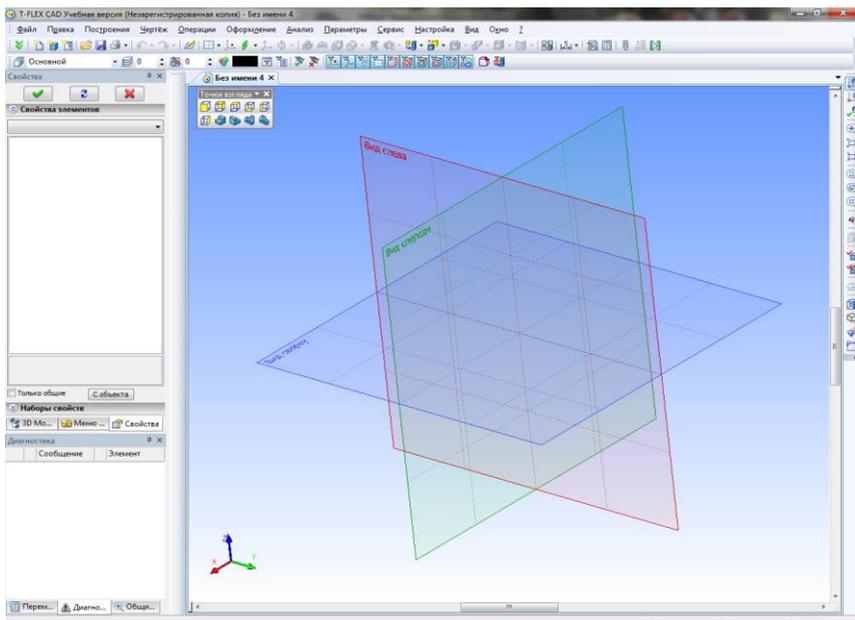


Рис.3. Три стандартные рабочие плоскости

При необходимости можно создать дополнительные рабочие плоскости.

Следует помнить, что команды в T-FLEX CAD можно осуществить несколькими способами: выбрать из текстового меню, выбрать из пиктографического меню команд (например в главной инструментальной панели) или задать имя команды в статусной строке. Некоторые команды можно также вызвать с помощью функциональной клавиши. Для исполнения команды как правило требуется нажать кнопку "Закончить ввод" или клавишу <Enter>. Для отмены команды требуется нажать правую кнопку "мыши" или клавишу <Esc>.

На рис. 4 представлены три стандартных рабочих плоскости и две дополнительные плоскости, одна из которых параллельна плоскости "Вид слева", а другая – наклонная к плоскости "Вид сверху"

Дополнительная плоскость, параллельная плоскости "Вид слева", создается если выбрать в текстовом меню "Построения|Рабочая плоскость|Выбрать плоскость, задающую положение РП" или в главной инструментальной панели пиктограмму "Рабочая плоскость". Величину смещения этой плоскости можно задать в служебном окне или просто перетащить плоскость в необходимое место "мышью".

Для создания наклонной плоскости можно создать два 3D узла, выбрав пункт текстового меню "Построения|3D узел", затем "Построения|Рабочая плоскость|Выбрать точку, задающую положение РП", и указать созданные 3D-узлы и угол наклона плоскости.

Создать профиль можно и на какой-либо грани уже построенной модели. Для этого требуется указать на эту грань и в контекстном меню (нажать правую кнопку "мыши") выбрать "Чертить на грани".

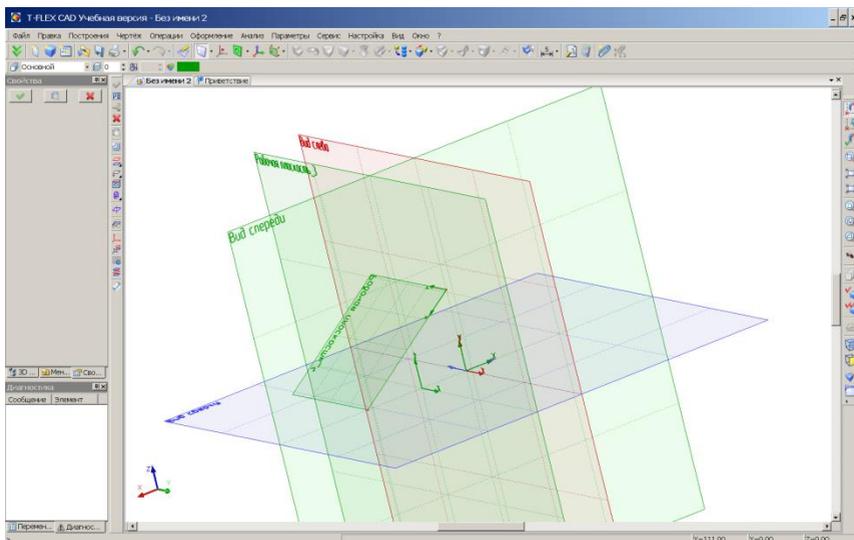


Рис. 4. Стандартные и дополнительные плоскости

Создание 3D модели заключается в построении твердотельных или листовых 3D объектов, описывающих определенный объем или поверхность в 3D пространстве. Создание и последующая модификация таких объектов ведется с помощью *операций*.

Наиболее часто используемые операции - "Выталкивание", "Тело по сечениям", "Вращение", "Булева операция". Им соответствуют аналогичные команды.

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Задание 1. Построение проекций линии пересечения двух многогранников.

В задании 1 требуется построить линии пересечения двух многогранников в трех проекциях вручную с использованием традиционных методов по двум проекциям; создать 3D модель в T-FLEX CAD и из нее получить 2D проекции. Условие задания приведено на рис.5. Пирамида является монолитным телом, а призма вырезает в нем отверстие.

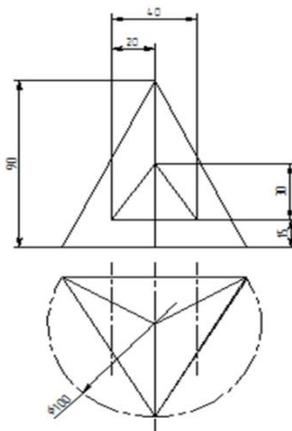


Рис.5. Условие задачи

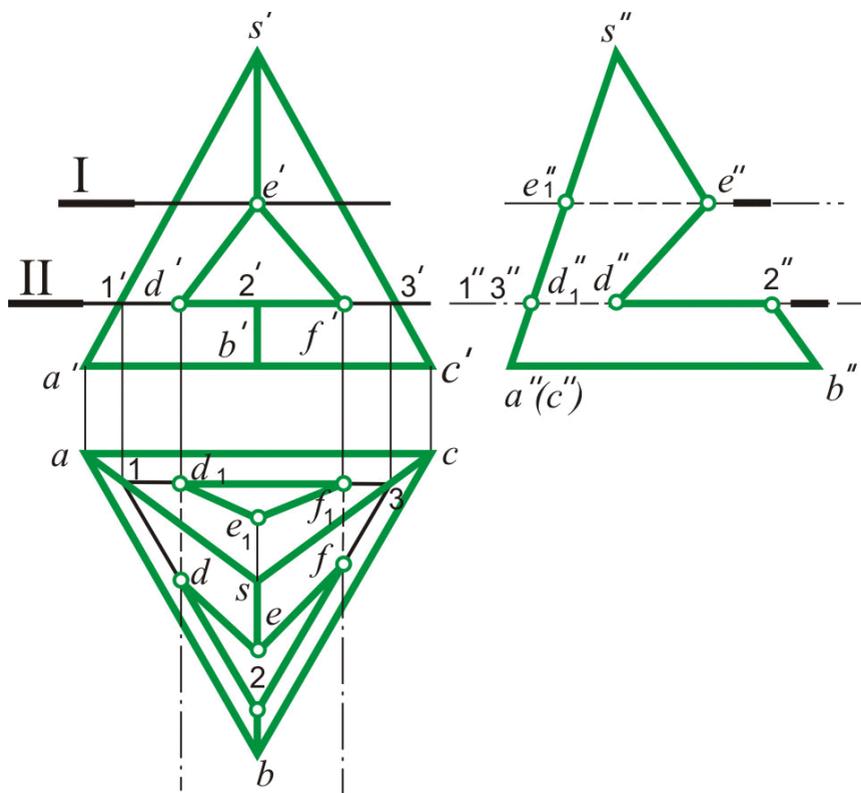


Рис. 6. Построение линии пересечения двух многогранников

На рис. 6 приведено решение этой задачи методом ребер, при котором находят точки входа ребер первого многогранника в грани второго и точки входа ребер второго многогранника в грани первого с последующим соединением найденных точек в ломаную линию.

По условию задания правильную трехгранную пирамиду с основанием, являющимся горизонтальной плоскостью, пересекает трехгранная правильная призма, ребра которой перпендикулярны фронтальной проекции (они даны на горизонтальной проекции линиями условного контура). Требуется построить линии пересечения двух многогранников

Начинать решение задачи следует с анализа поверхности многогранников. Поскольку плоскости всех граней призмы перпендикулярны фронтальной плоскости проекций (две грани фронтально-проецирующие плоскости, а третья грань - горизонтальная плоскость), то фронтальная проекция призмы, а следовательно и проекция отверстия представляет собой треугольник. У пирамиды грани SAB и SBC являются плоскостями общего положения, а грань SAC - профильно-проецирующая плоскость, так как содержит прямую AC, перпендикулярную к профильной плоскости проекции, поэтому профильная проекция грани SAC будет представлять прямую.

Произведя анализ поверхностей, легче построить ломаные пересечения. Так, ясно видно, что выход отверстия будет целиком располагаться в грани SAC, поэтому на горизонтальной проекции он будет представлять собой треугольник, а на профильной проекции он будет проецироваться в линию грани SAC ($s''a''c''$).

Переходим теперь к построению. Определим сначала точки входа и выхода верхнего ребра, проходящего через точку e' . Здесь решение подсказывается профильной проекцией, так как положение ребра отверстия и ребра $s''b''$ дают точку их пересечения e'' (точка входа), а точка выхода e_1'' будет на профильной проекции грани $a''s''c''$, которая проецируется в прямую. Находим горизонтальные проекции этих точек (e и e_1).

Для определения недостающих проекций точек D и E проводим через них вспомогательную горизонтальную плоскость Π . Эта плоскость пересечет пирамиду по треугольнику, вершины которого есть пересечение ребер SA, SB и SC с этой плоскостью (1, 2, 3). Строим проекции этих точек. Здесь следует еще заметить, что поскольку плоскость параллельна основанию пирамиды, то горизонтальная проекция треугольника ($\Delta 123$) будет подобна ΔABC . Отмечаем точки входа и выхода боковых ребер призмы: d_1d_1 и f_1f_1 - горизонтальные проекции и $d''_1d''_1$ и $f''_1f''_1$ профильные проекции.

Соединяем последовательно одноименные проекции точек, принадлежащих отверстию: горизонтальной проекции $e, f_1, 2, d, e$ - замкнутая ломаная входа и e_1, f_1, d_1, e_1 - замкнутая ломаная выхода. На профильной проекции ребро SB($s''b''$) от точки e'' до точки $2''$ будет вырезано. Точки $e''d''2''$ - будут давать ломаную входа отвер-

стия грань SAB, а так как т. f" совпадает с точкой d", то ломаная 2" f " e", принадлежащая грани SBC, будет совпадать с ломаной . e", d", 2"₁. Линии невидимого контура дают положение ребер отверстия.

Следует заметить, что иногда приходится применять для определения точек входа и выхода ребер не одну вспомогательную плоскость, а несколько.

Если при решении аналогичной задачи не требуется построения профильной проекции, то определить точки пересечения верхнего ребра можно с помощью вспомогательной плоскости I, которая также рассечет пирамиду по треугольнику, построение которого осуществляется так же как и для плоскости II.

Рассмотрим решение этой задачи с использованием методов твердотельного моделирования в системе T-FLEX CAD.

Создадим 3D модель пирамиды с отверстием.

Исходя из условия задания, разместим профиль, соответствующий основанию пирамиды на рабочей плоскости "Вид сверху". Для этого активируем эту плоскость и правой кнопкой мыши вызовем из контекстного меню команду "Чертить на рабочей плоскости", далее "Эскиз" из текстового меню "Чертеж|Эскиз" или пиктограммой на главной инструментальной панели. В автоменю находим опцию "многоугольник" и строим треугольник (рис. 7).

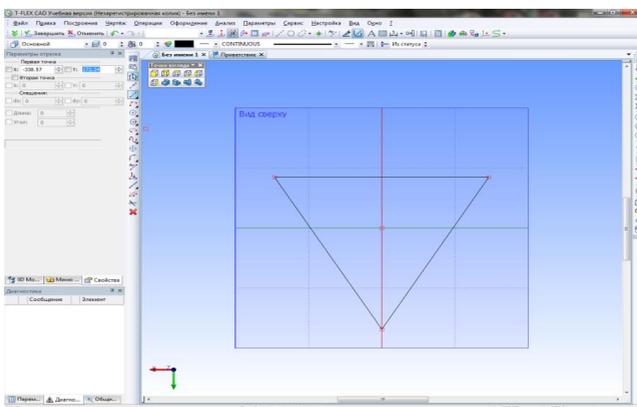


Рис. 7. Исходный профиль для создания пирамиды

Завершаем работу над эскизом командой "Завершить черчение на РП".

Создадим дополнительную рабочую плоскость параллельную плоскости "Вид сверху" на расстоянии равном высоте пирамиды. Активируем ее и вызываем команду "Чертить на рабочей плоскости". Размещаем 3D узел в центре где будет вершина пирамиды ("Построения3D узел"). Завершаем выполнение эскиза.

Используя операцию "Тело по сечениям" ("Операции|По сечениям") строим пирамиду. При этом воспользуемся опциями "Выбрать сечения" и "Выбрать 3D точку" (рис.8). Команду "Тело по се-

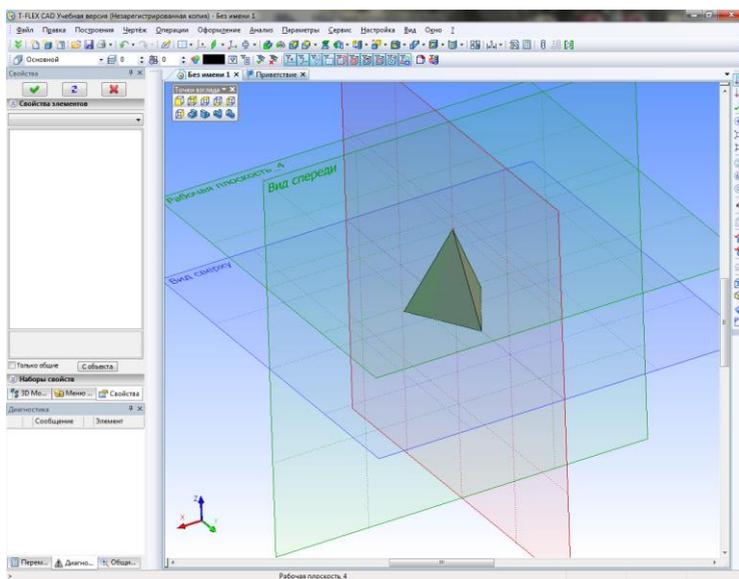


Рис.8. 3D модель пирамиды

чениям" можно вызвать пиктограммой на главной инструментальной панели.

При построении усеченной пирамиды операцией "Тело по сечениям" возможно неправильное соединение ребер верхнего и нижнего оснований. Для исправления следует использовать опцию "Задать точки соответствия" в автоменю.

Построим сквозное отверстие в пирамиде. Установим дополнительную рабочую плоскость перед пирамидой параллельно плоскости "Вид спереди" и изобразим контур отверстия (рис.9 и рис.10).

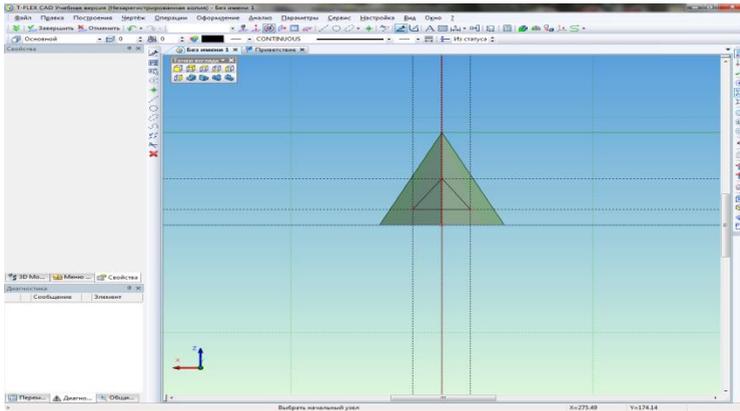


Рис.9. Контур отверстия

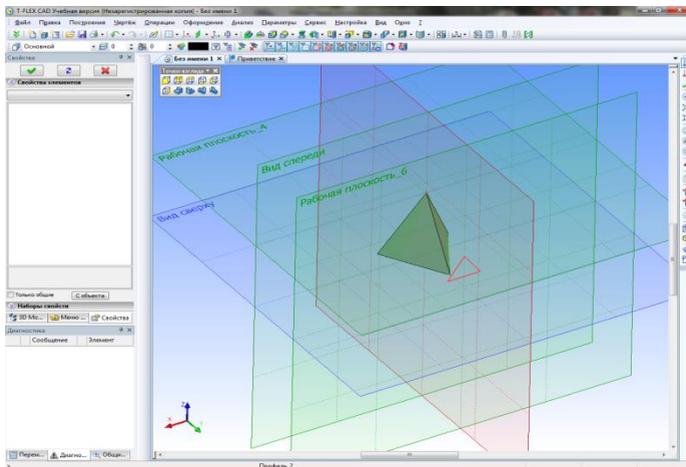


Рис.10. Контур отверстия в 3D сцене

Применим операцию "Выталкивание" ("Операции|Выталкивание), указав в основных параметрах (служебное окно) **через все**. Система в этом случае автоматически настраивает булеву операцию на вычитание и мы получаем искомую 3D модель (рис.11).

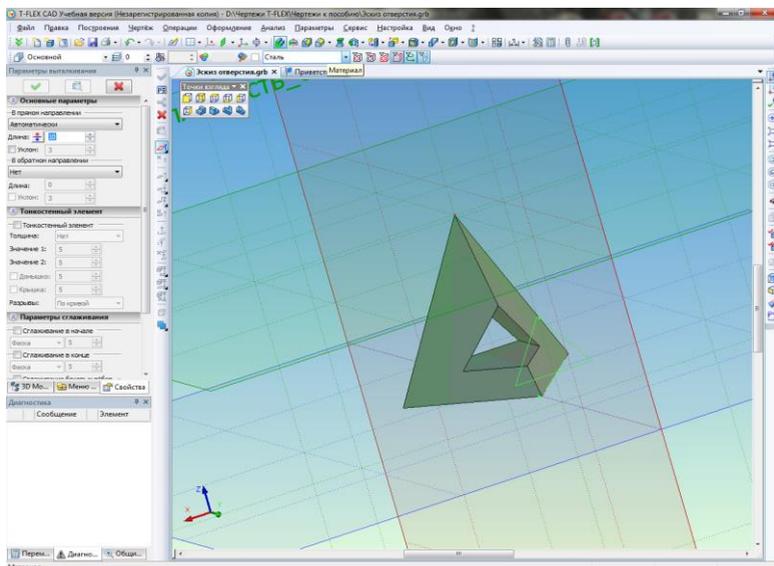


Рис.11. 3D модель пирамиды с отверстием

Создадим чертеж из трех проекций по полученной 3D модели. В текстовом меню выбираем "Чертеж|2D проекция", а в автоменю - "Создать набор стандартных видов". Выбираем **спереди, сверху и слева**. После краткого диалога получи следующие изображения (рис.12). Однако именно такой вид чертеж получит, если для каждой проекции установить толщину основной линии 1 мм, а тонкой 0,35 мм и подтвердить необходимость невидимых линий. Для этого активировать нужную проекцию, и в контекстном меню (правая кнопка мыши) открыть "Свойства|Линии". Осталось нанести размеры, представленные в задании и заполнить основную надпись по форме 1. Для нанесения размеров в текстовом меню набираем

Задание 2. Построение проекций сквозного отверстия в шаре.

В этом задании требуется построить фронтальную, горизонтальную и профильную проекции шара, имеющего сквозные отверстия, выполненные плоскостями либо комбинацией плоскостей и цилиндров, по одной или двум проекциям.

При решении задачи необходимо помнить, что сфера пересекается любой плоскостью по окружности. Плоскости уровня пересекают сферу по окружностям, которые проецируются в натуральную величину на соответствующие плоскости проекций и в виде прямых на две другие плоскости проекций. Если секущие плоскости не параллельны плоскостям проекций, то получающиеся в сечениях окружности будут проецироваться в виде эллипсов.

Соосные цилиндр и сфера пересекаются по окружности, плоскость которой перпендикулярна общей оси.

На рис.14 показано построение проекций точки M (m , m' , m'') и название очерковых сферы, что поможет в решении задачи.

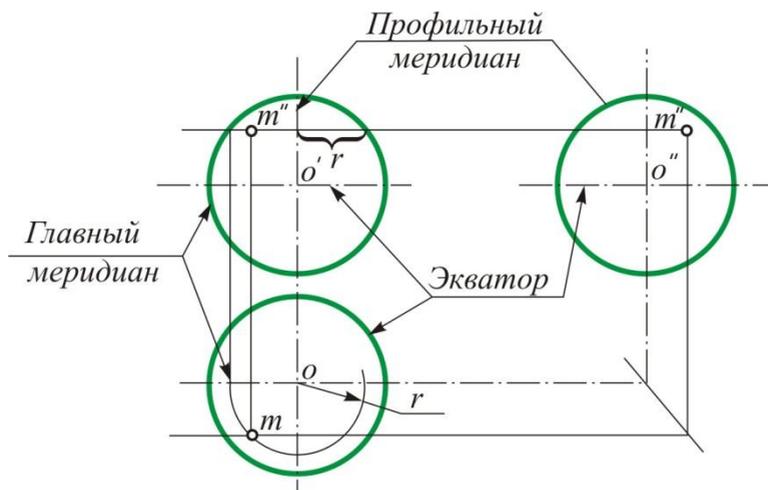


Рис. 14. Построение проекций точки на сфере

Пример решения задачи 2 приведен на рис.15. В этом примере задана фронтальная проекция шара с призматическим сквозным отверстием. Требуется построить горизонтальную и профильную проекции этого шара.

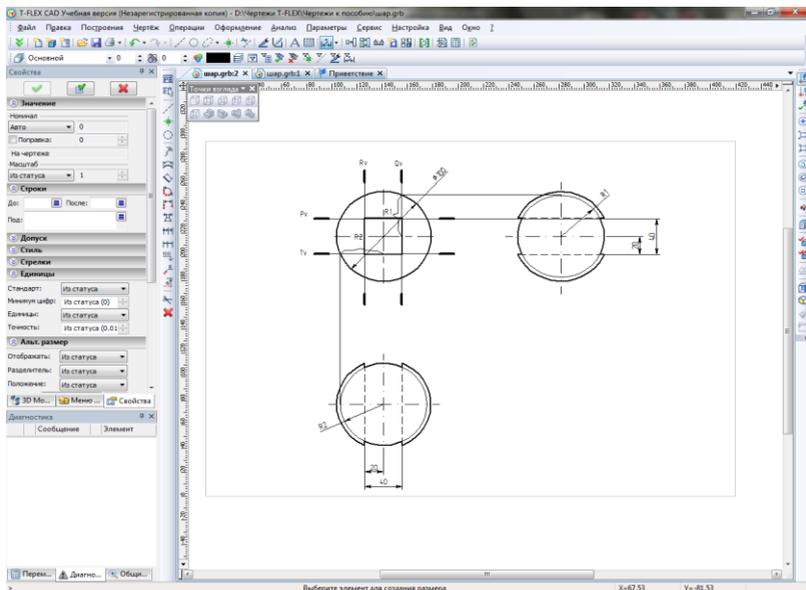


Рис.15. Пример решения задачи

Фронтальная проекция очевидна. Линия пересечения поверхности шара призмой совпадает со следами граней призмы и представляет квадрат.

Для построения горизонтальной и профильной проекций использованы вспомогательные горизонтальные плоскости P и T , а также профильные R и Q . Эти плоскости при пересечении с поверхностью шара дают окружности, части которых в пределах отверстия определяют его контур.

Приведем решение подобной задачи методом трехмерного моделирования. Условие задачи приведено на рис.16. От предыдущей она отличается наличием сферической полости внутри шара.

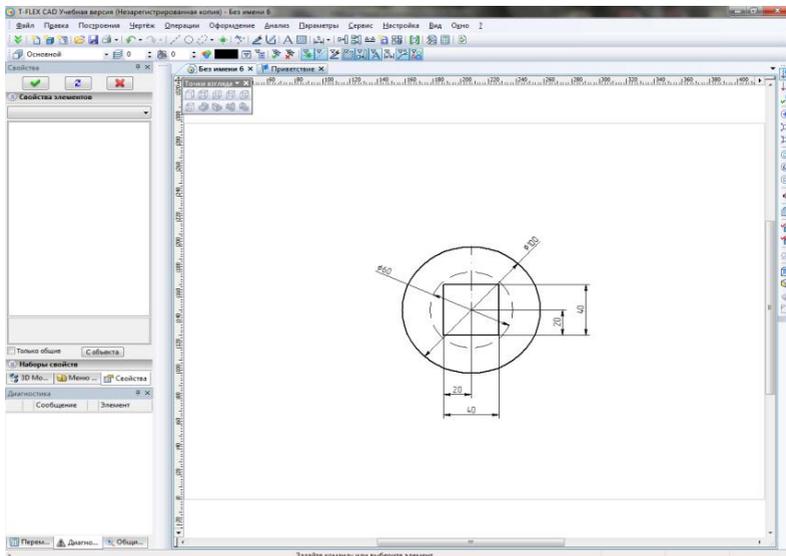


Рис.16. Условие задачи

На плоскости "Вид спереди" построим контур для создания 3D модели шара с полостью операцией "Вращение". Напоминаем, что контур должен полностью находиться с одной стороны от оси вращения (рис.17).

Для создания 3D модели воспользуемся операцией "Вращение" в текстовом меню "Операция|Вращение" или пиктограммой на главной инструментальной панели. В качестве оси выберем горизонтальный диаметр. В результате получим шар с полостью. Чтобы убедиться в наличии полости воспользуемся плоскостью обрезки "Вид|Плоскость обрезки|Установить". Плоскость рассекает предмет параллельно плоскости экрана (рис.18). Для отключения плоскости обрезки выбираем "Вид|Плоскость обрезки|Активна".

Далее строим контур отверстия и выполняем операцию "Вытапливание" как мы уже делали выше. Получаем 3D модель шара с отверстием рис.19. Построим три стандартных проекции шара, нанесем размеры и в качестве основной надписи выберем "Кон-

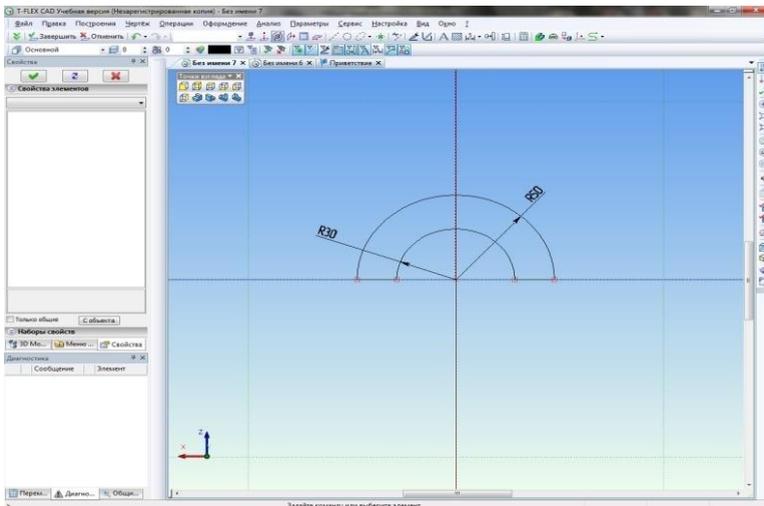


Рис. 17. Контур для построения полого шара

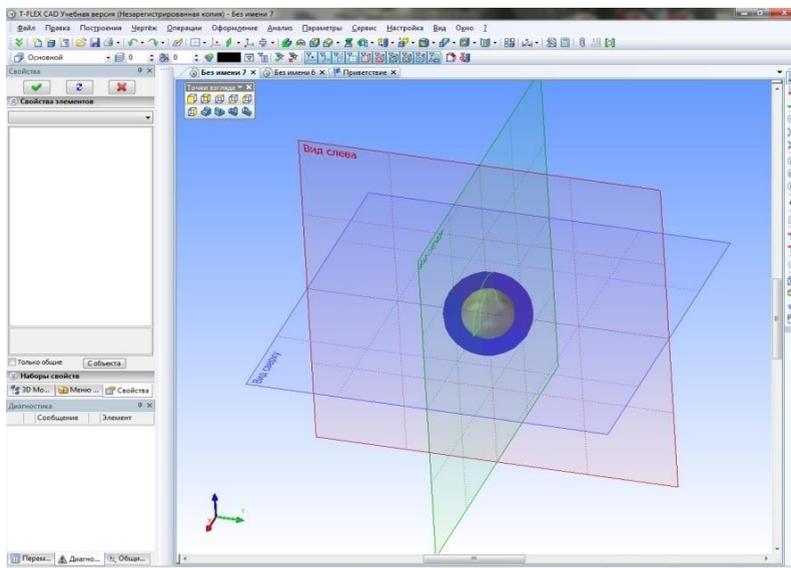


Рис.18. 3D модель шара с включенной плоскостью обрезки

структурский чертеж. Последующие листы. ГОСТ 2.104-68"
(рис.20).

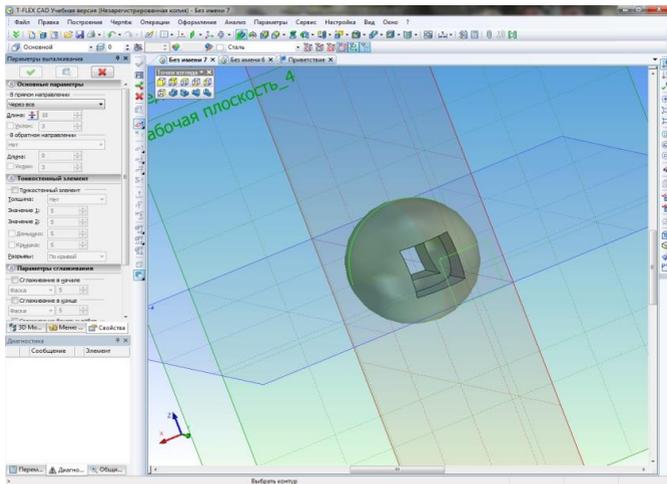


Рис.19. 3D модель шара с отверстием

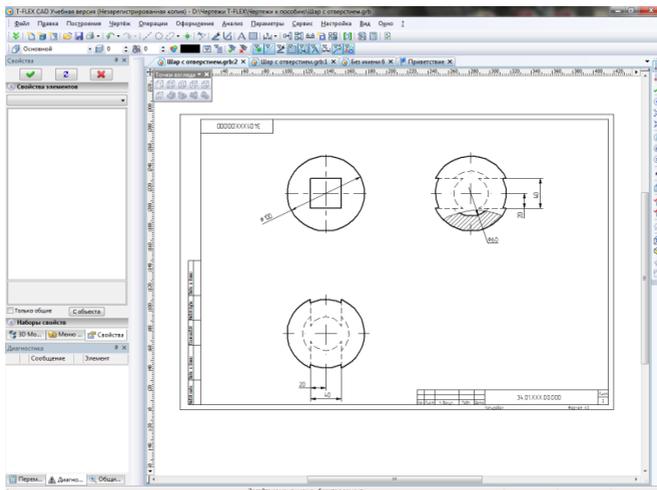


Рис.20. Чертеж шара с отверстием

Задание 3. Построение проекций "линии среза" поверхности вращения плоскостями

Целью работы является построение "линии среза" сложной поверхности вращения, состоящей из нескольких элементарных поверхностей вращения, имеющих общую ось, плоскостями параллельными этой оси. "Линиями среза" в технике называются линии, которые получились от пересечения плоскостей с поверхностями вращения. По сути, это множество точек принадлежащих как поверхности вращения, так и плоскости.

Прежде чем строить линию среза необходимо определить, какие поверхности вращения ограничивают деталь и установить их границы. Границы определяются по точкам сопряжения очерковых элементарных поверхностей.

На рис.21 рассмотрен пример построения линии среза.

Рассмотрим очерк детали и установим точно (по правилам построения сопряжений) точки, в которых одна образующая линия плавно переходит в другую. Эти точки описывают вокруг оси вращения окружности, являющиеся границами двух смежных поверхностей. Поскольку переход во всех случаях плавный, на чертеже эти границы не проводятся. В учебных целях обозначим их штрихпунктирными линиями.

В нашем примере деталь этими линиями разделяется на пять участков.

На участке I - цилиндр (образующая - прямая линия, параллельная оси вращения).

На участке II - тор (образующая — дуга окружности, центр которой не лежит на оси вращения).

На участке III - сфера (образующая — дуга окружности, центр которой лежит на оси вращения).

На участке IV - цилиндр.

На участке V - тор.

Теперь известно какие линии предстоит построить на отдельных участках.

Профильная и горизонтальная проекции "линии среза" очевидны - они сливаются со следами секущих плоскостей P и P_1 .

Задача сводится, таким образом, к построению фронтальной проекции "линии среза", где она отобразится без искажения. Рассмотрим ее построение на отдельных участках.

На участке I линия среза отсутствует.

На участке II тор пересекается плоскостью по кривой четвертого порядка, точки которой находим при помощи вспомогательных секущих плоскостей. Плоскости выбираем перпендикулярными к оси вращения тора. В этом случае они пересекают тор по окружностям, которые отобразятся в натуральную величину на профильной проекции, а плоскости P и P_1 по прямым, которые совпадают со следами P_w и P_{1w} . На пересечении этих прямых и окружностей находятся искомые точки, которые по линиям проекционных связей перенесем на фронтальную проекцию.

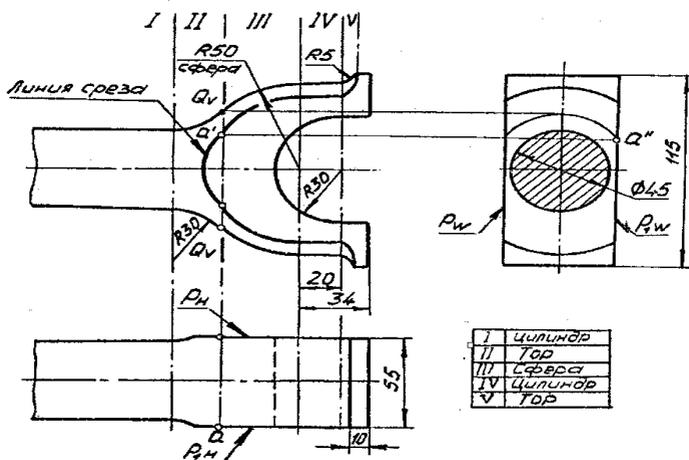


Рис.21. Пример построения линии среза

Рассмотрим решение данного задания в системе T-FLEX. Построим 3D модель. Начнем с контура на плоскости "Вид спереди"(рис.22).

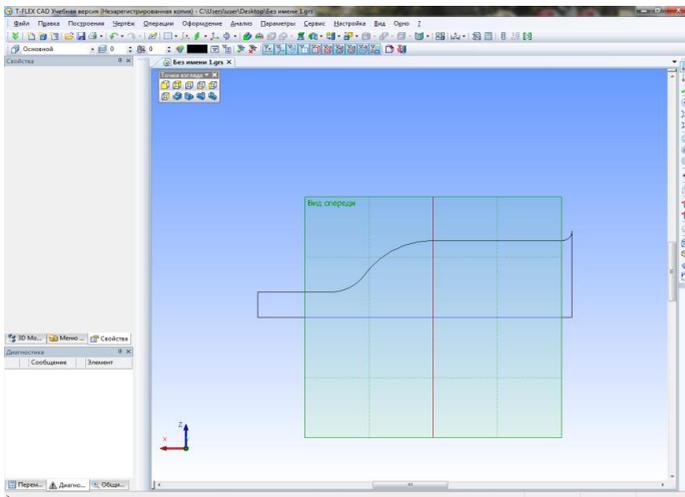


Рис.22. Контур поверхности вращения

Применим операцию "Вращение" и получим 3D модель заготовки рис.23.

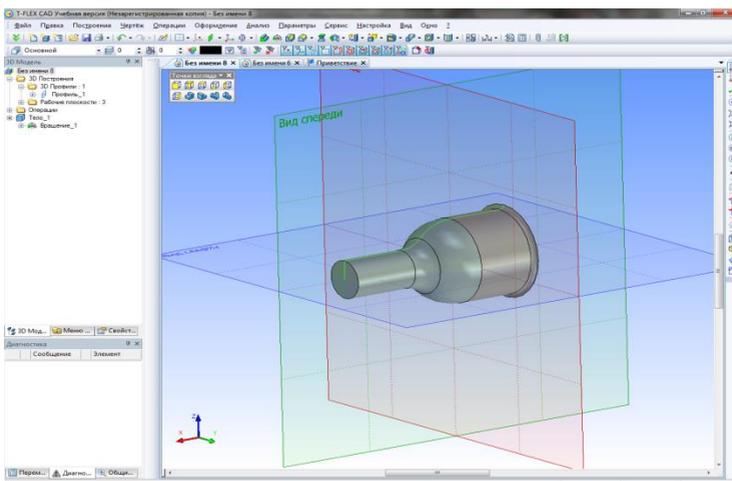


Рис.23. Модель заготовки

Установим две дополнительные рабочие плоскости симметрично на одинаковом расстоянии 27,5 мм от плоскости "Вид спереди". После этого командой Отсечение "Операции| Отсечение" по очереди удаляем наружные части детали (рис.24).

Как видно из задания, правая часть детали после участка V является призмой 110x55x10. Для ее создания на правом торце (грани) заготовки построим контур прямоугольник 110x55 (рис.25). Воспользуемся операцией "Выталкивание" на 10 мм., а затем "Булевой", чтобы объединить обе части в одно целое. Результат представлен на рис.26.

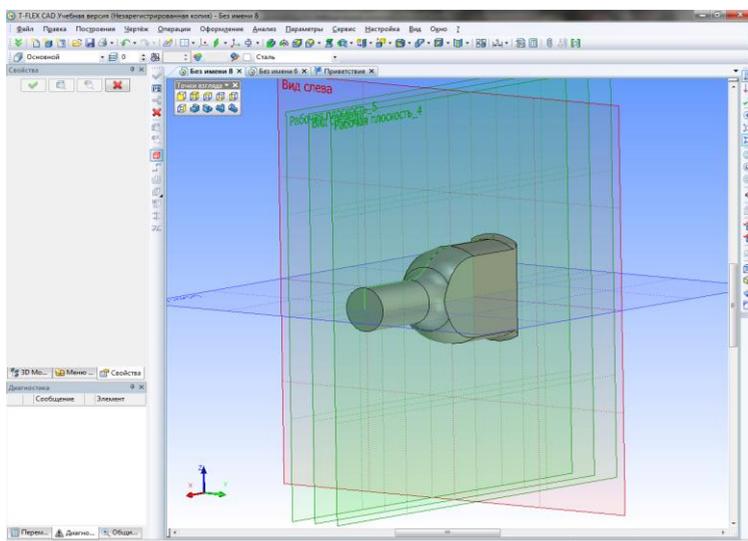


Рис.24. Результат отсечения

Осталось выполнить сквозное отверстие в боковой грани. Построим на ней соответствующий профиль. Помним, что он должен быть замкнутым (рис.27).

Применяем операцию "Выталкивание" через все. Искомая модель получена (рис.28).

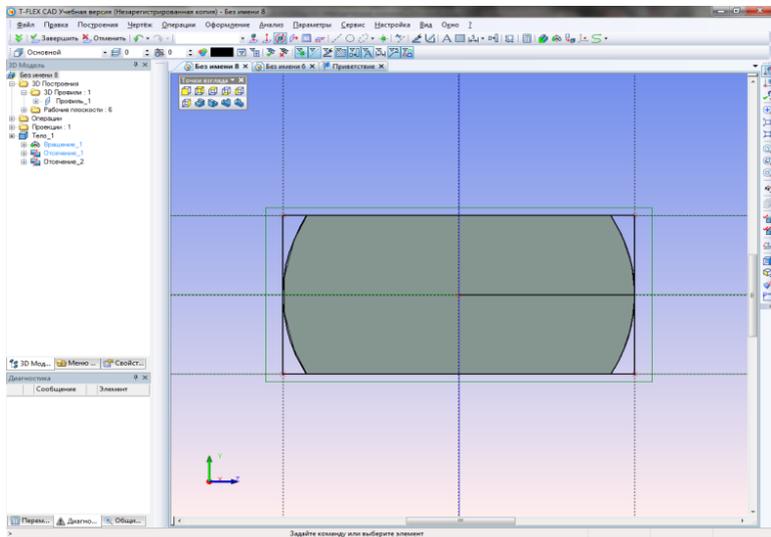


Рис.25. Контур призматической части детали

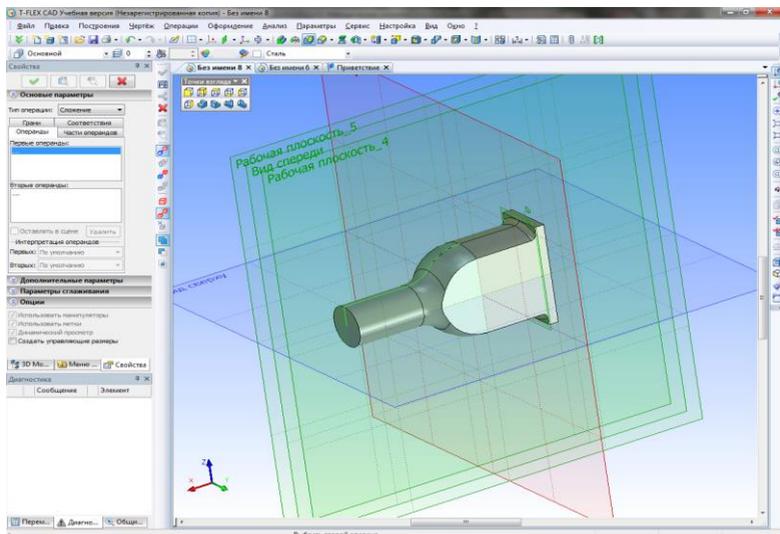


Рис.26. Результат объединения

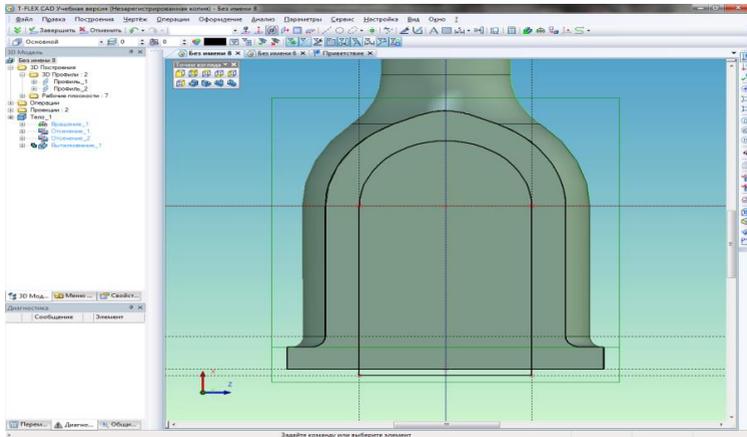


Рис.27. Контур сквозного отверстия

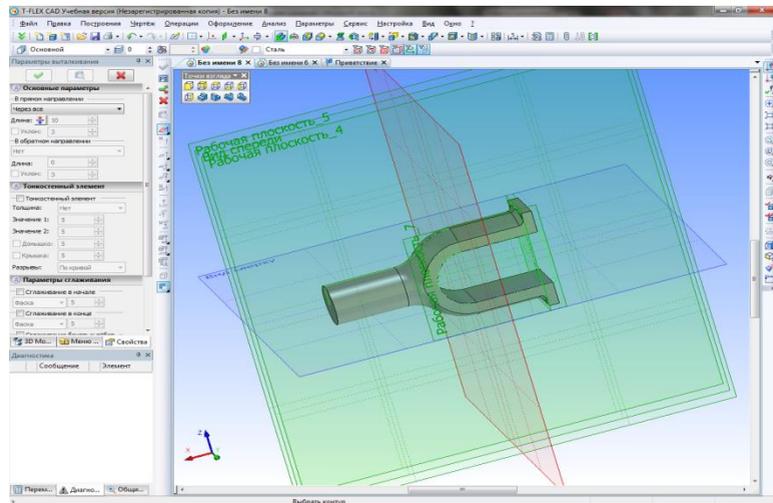


Рис.28. 3D модель детали

Выполним чертеж детали и построим сечение (рис.29).

Для построения наклонного сечения первоначально задаем его положение командой "Обозначение вида" на главной инструментальной панели. Далее команда "Создать сечение" ("Чертеж|2D проекция"). При этом в служебном окне "Свойства" находим раздел "Сечения" и устанавливаем "Сечение".

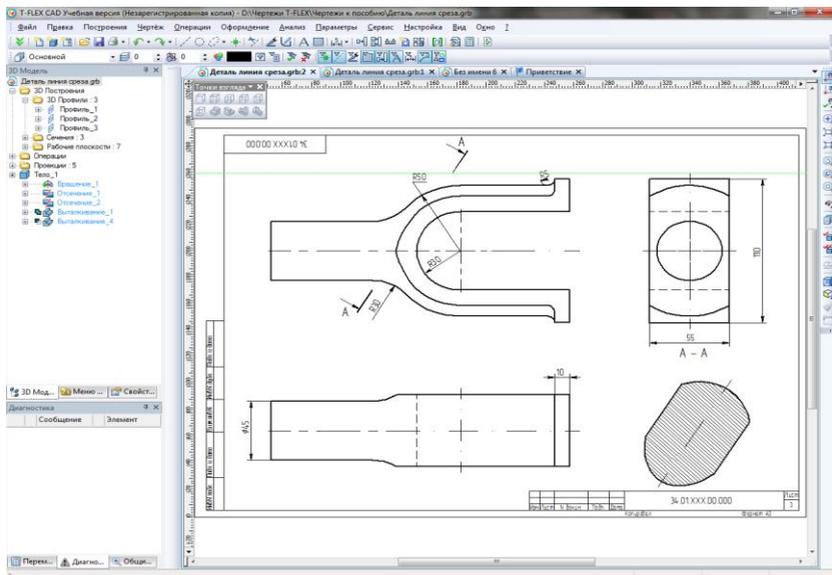


Рис.29. Чертеж детали с "линией среза" и наклонным сечением

Задание 4. Построение проекций линии взаимного пересечения двух кривых поверхностей

Поверхности деталей, как правило, ограничены несколькими пересекающимися поверхностями. При выполнении чертежей эти линии надо уметь строить. В процессе 3D моделирования они формируются автоматически.

С точки зрения геометрии линии пересечения кривых поверхностей представляют множество точек принадлежащих одновременно двум поверхностям.

Построение этих линий в начертательной геометрии ведется по точкам с помощью вспомогательных секущих поверхностей, в качестве которых обычно используют плоскости или сферы. Вспомогательные поверхности выбирают так, чтобы они пересекали обе поверхности по простым для построения линиям - прямым или окружностям. На выбор вспомогательных секущих поверхностей в большей степени влияет характер пересекающихся между собой поверхностей вращения, положение их осей относительно плоскостей проекций, а также взаимное положений этих осей (т.е. пересекаются, скрещиваются или параллельны они между собой).

Определение проекций точек кривой начинают с выявления характерных точек (точек, принадлежащих очерковым образующим поверхностей, точек высших и низших на кривой и т.п.). Часто они бывает очевидными и не требуют для своего нахождения дополнительных построений, иногда их приходится определять при помощи поверхностей – посредников так же, как и промежуточные точки кривой.

На рис. 30 приведен пример выполнения задания 4, где определяется кривая пересечения конуса и цилиндра. Решение задачи начинается с выявления очевидных точек или даже целых проекций линии пересечения. Так, в рассматриваемом примере, очевидной является горизонтальная проекция линии пересечения цилиндра и конуса. Она представляет собой окружность и сливается с горизонтальной проекцией цилиндра. Таким образом, задача сводится к построению фронтальной и профильной проекций линии пересечения.

На фронтальной проекции очевидными являются точки 1 и 2, где пересекаются очерковые образующие конуса и цилиндра. Остальные характерные и промежуточные точки строятся различными способами.

Анализ показывает, что решать задачу можно при помощи вспомогательных профильных плоскостей, так как они пересекают конус по окружностям, а цилиндр по прямым, которые проецируются без искажения на профильной плоскости проекции. Пересечения этих прямых и окружностей и дает решение задачи.

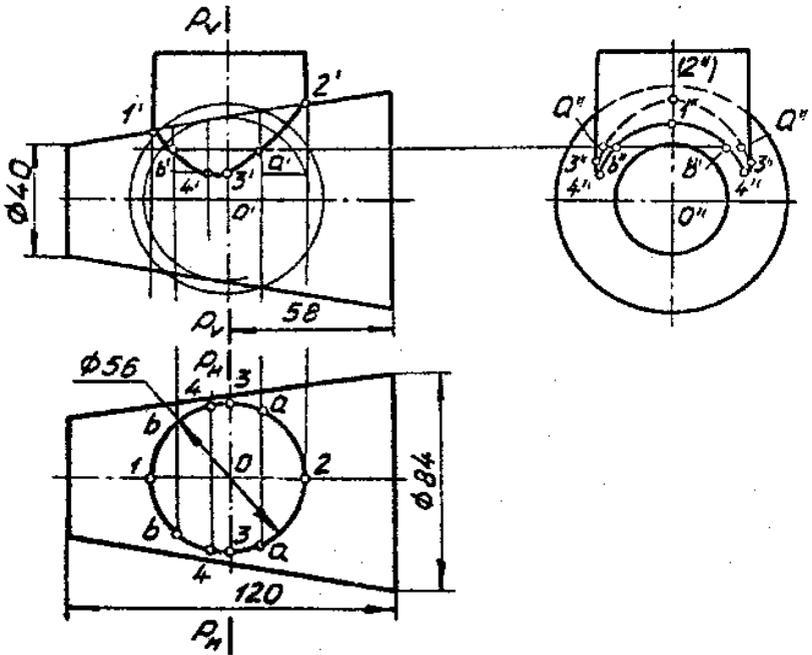


Рис.30. Пример выполнения задания 4 построение проекций линии взаимного пересечения двух кривых поверхностей

На рис.30 приведена плоскость P , которая позволяет найти проекции характерных точек $3'$, $3''$ и $3'''$, $3''$. Это точки входа профильных очерковых цилиндра в конус. Кроме этого указанные точки определяют видимость линии пересечения на профильной плоскости проекции.

Анализ взаимного положения осей конуса и цилиндра (они пересекаются и лежат в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций) позволяет также сделать вывод, что эта задача может быть решена и способом вспомогательных концентрических сфер-посредников.

Центр сфер лежит в точке пересечения осей конуса и цилиндра, а линии пересечения этих сфер с обеими поверхностями представляют собой окружности, плоскости которых перпендикулярны соответствующим осям поверхностей вращения. Фронтальные про-

екции этих окружностей - отрезки прямых, перпендикулярных соответственно осям цилиндра и конуса.

В точках пересечения этих отрезков определяются фронтальные проекции точек линии взаимного пересечения цилиндра и конуса. На рис. 30 так построены точки $4', 4''$, являющиеся нижними точками кривой. Для их нахождения использована сфера-посредник с наименьшим радиусом. Таким же образом построены и промежуточные точки $A(a, a', a'')$ и $B(b, b', b'')$. Для определения профильных проекций этих точек используют окружности, принадлежащие поверхности конуса, получившиеся от пересечения конуса и сферы.

Приведем решение этой задачи методом 3D моделирования.

На рабочей плоскости «Вид спереди» строим профиль для образования усеченного конуса операцией "Вращение" (рис.31).

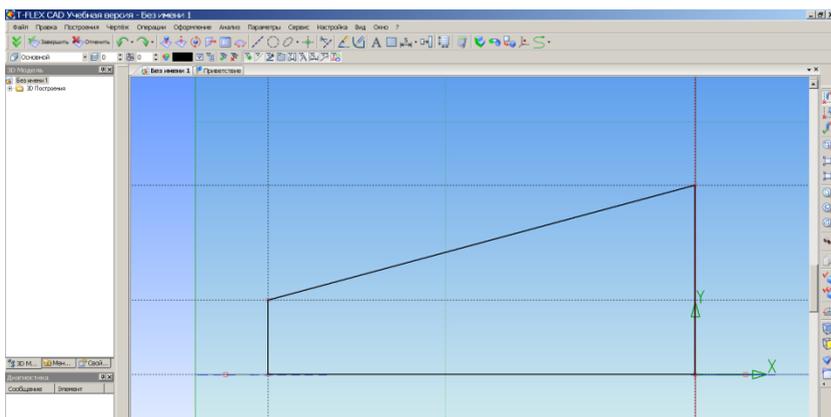


Рис.31. Контур для образования конуса

Используем команду "Вращение". Ось вращения - X. Получим усеченный конус (рис.32).

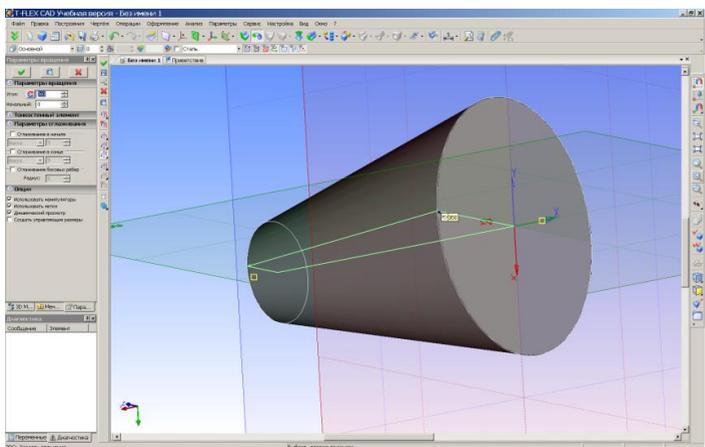


Рис.32. 3D модель усеченного конуса

В качестве рабочей выбираем плоскость "Вид сверху" и строим на ней 3D профиль будущего цилиндра - окружность (рис.33). Размеры окружности указаны в задании.

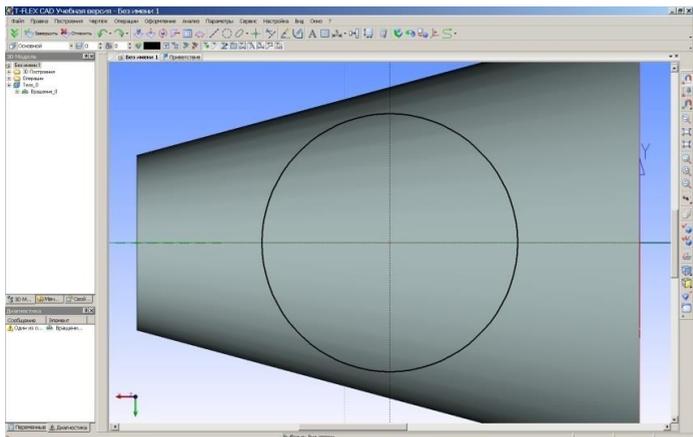


Рис.33. 3D профиль цилиндра

Выполняем операцию "Вытапливание" на 60 мм. и "Булеву операцию" суммирования для объединения двух тел (рис.34).

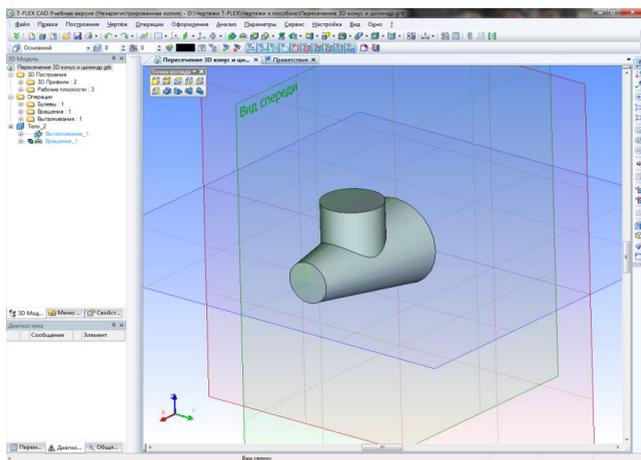


Рис.34. 3D модель пересекающихся конуса и цилиндра

На основе полученной 3D-модели создадим три стандартных проекции чертежа (рис.35).

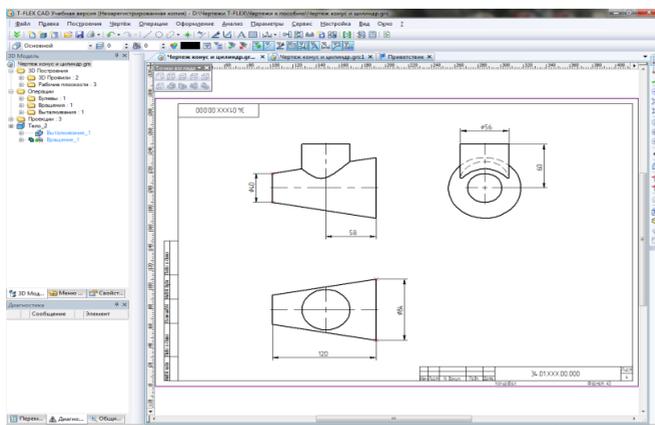


Рис.35. Чертеж пересекающихся конуса и цилиндра

Задание 5. Построение развертки пирамиды

Развертываемой является поверхность, которая может быть совмещена всеми своими точками с плоскостью без разрывов или складок.

К развертываемым относятся некоторые линейчатые поверхности, а именно: многогранники, цилиндры, конуса и поверхности с ребром возврата (образующая прямая во всех положениях касается пространственной кривой линии).

В начертательной геометрии для построения развертки пирамиды часто приходится применять методы перемены плоскостей проекций и вращения. При этом ребра или грани пирамиды размещают параллельно плоскости проекций, где они отображаются в натуральную величину. Работа требует определенных знаний и навыков.

В системе T-FLEX CAD эта работа автоматизирована.

В задании 5 требуется построить развертку пирамиды, предложенной в задании 1 (рис.36).

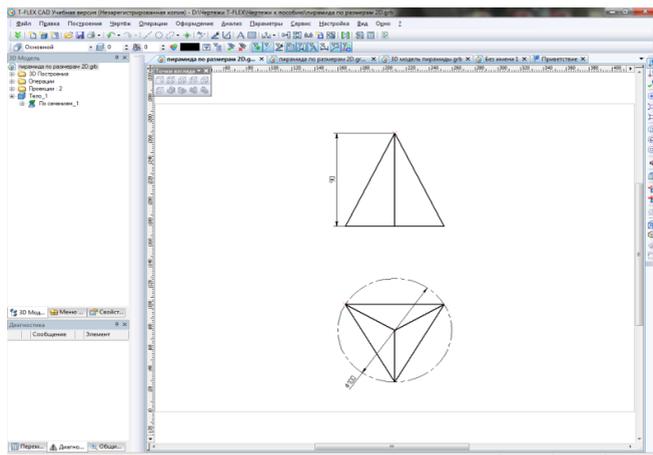


Рис.36. Чертеж пирамиды

Первоначально восстанавливаем 3D модель пирамиды (рис.37).

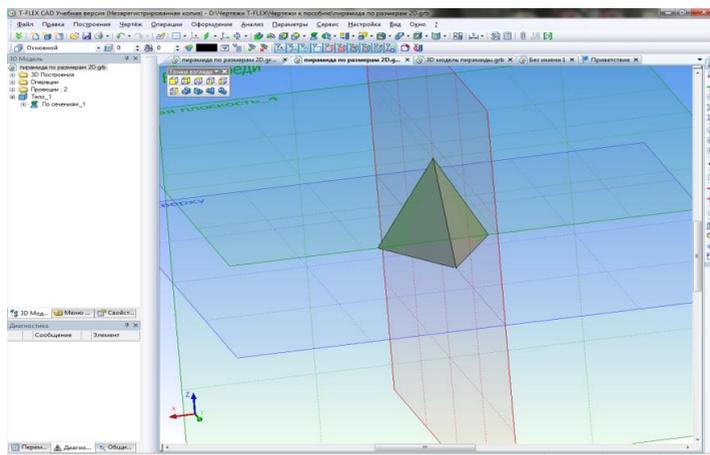


Рис.37. 3D модель пирамиды

Выполняем команду "3D профиль" пиктограммой на главной инструментальной панели или в текстовом меню "Построения|3D профиль". В автоменю выбираем закладку "Построить развертку набора поверхностей". Далее при активной кнопке "Выбор поверхностей" указываем все четыре грани. Нажимаем кнопку "Выбор неразрывных ребер" и указываем, например, три ребра в основании (рис.38).

Создаваемая развертка строится в плоскости, касательной к поверхности исходной грани. Точка касания профиля и грани может быть задана любым 3D объектом, способным определить точку (например, 3D узлом или вершиной тела). Заданная точка должна лежать на исходной грани.

Нажимаем кнопку "Выбрать точку на профиле", отмечаем ребро или вершину пирамиды и "Закончить ввод". Получим развертку (рис.39).

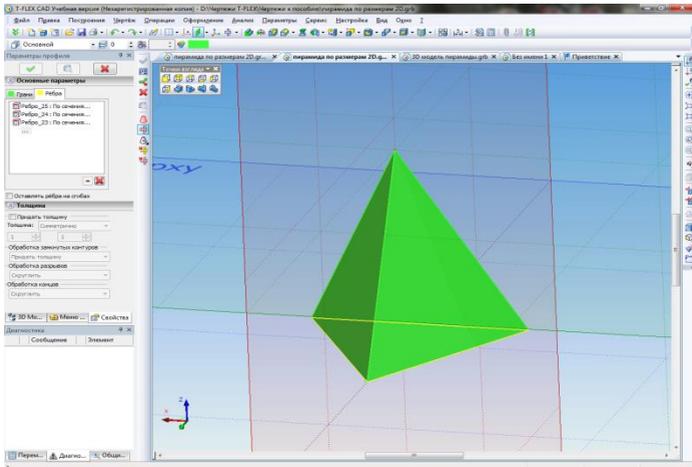


Рис. 38. Выбор ребер и неразрывных граней пирамиды

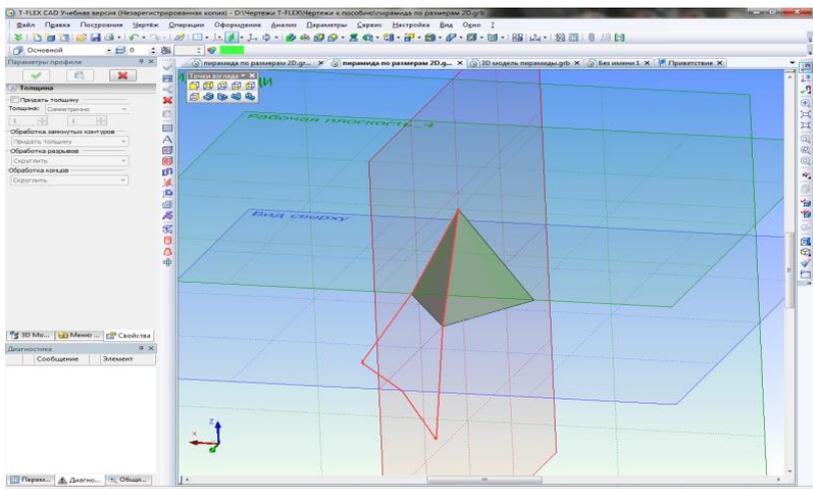


Рис. 39. Развертка пирамиды в плоскости ее грани

Теперь необходимо выполнить чертёж пирамиды с ее разверткой на плоскости чертежа.

Левой кнопкой мыши в 3D окне активируем развертку. В служебном окне в основных параметрах устанавливаем предварительно масштаб (1:4 или 1:2), его можно будет изменить. Открываем закладку "Элементы", нажимаем кнопку "3D профили", фиксируем "Выбранные элементы" и активируем три точки. После этого в построениях "3D модель" находим 3D профиль развертки и активируем его. Далее "Да" и переходим в 2D окно.

Размещаем развертку пирамиды в удобном месте и оформляем чертеж. Линии "сгиба" на развертке изображают тонкой штрих-пунктирной линией с двумя точками (рис.40).

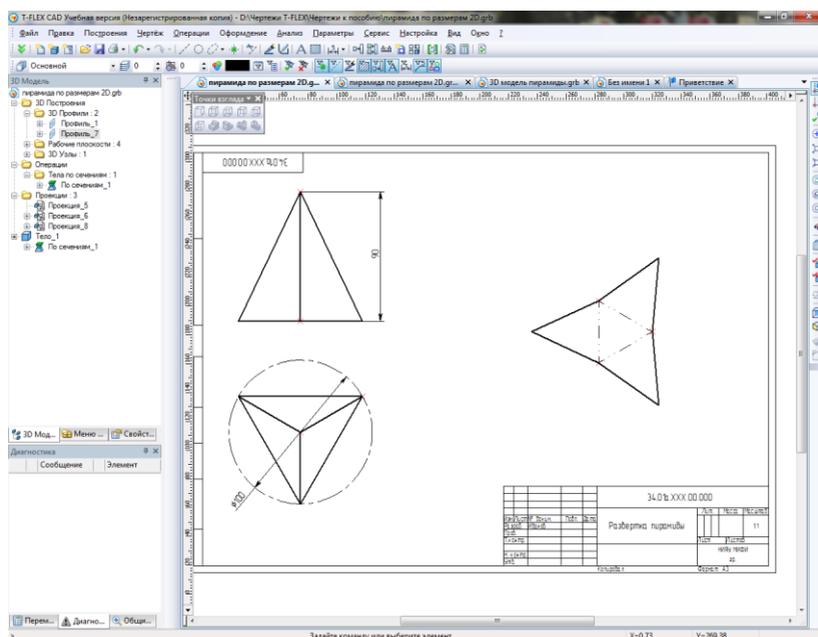


Рис.40. Развертка пирамиды

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения темы "Многогранники и кривые поверхности" студенты получают компетенции в области образования чертежа, включая центральное и параллельное проецирование, прямоугольное проецирование; правила изображения многогранников, поверхностей вращения и их комбинаций. Овладевают правилами 3D моделирования, изучают основные операции и команды системы T-FLEX CAD, получают практические навыки создания многогранников, тел вращения и составных тел. На основе полученных 3D моделей выполняют чертежи (2D проекций).

Студенты выполняют пять индивидуальных заданий.

1. Построение проекций линии пересечения двух многогранников вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

2. Построение проекций сквозного отверстия в шаре. Призматического или комбинированного из плоскостей и цилиндров вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

3. Построение проекций "линии среза" сложной поверхности вращения несколькими плоскостями вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

4. Построение проекций линии пересечения двух кривых поверхностей вручную (3 проекции). Построение 3D-модели и по ней 2D чертежа в системе T-FLEX CAD.

5. Построение развертки пирамиды в системе T-FLEX CAD.

В процессе выполнения работ, по результату их окончания и изучения материала проводятся контрольные мероприятия с целью оценки остаточных знаний студента.

ПРИЛОЖЕНИЯ

В приложениях приведена информация, которая не является предметом "методических указаний", но способствует освоению материала темы, качественному выполнению работ и необходима для изучения последующих разделов курса.

П1. СТАНДАРТЫ ЕСКД

Стандартизация - деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг. Работы по стандартизации в России осуществляются на основе принятого Федерального закона "О техническом регулировании".

Целями стандартизации являются:

1. повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, повышение уровня экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений;
2. обеспечение конкурентоспособности и качества продукции (работ, услуг), единства измерений, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости технических средств (машин и оборудования, их составных частей, комплектующих изделий и материалов), технической и информационной совместимости, сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и экономико-статистических данных, проведения анализа характеристик продукции (работ, услуг), исполнения государственных заказов, добровольного подтверждения соответствия продукции (работ, услуг);

3. содействие соблюдению требований технических регламентов;
4. создание систем классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации, систем каталогизации продукции (работ, услуг), систем обеспечения качества продукции (работ, услуг), систем поиска и передачи данных, содействие проведению работ по унификации.

Стандартизацию проводят органы стандартизации, наделенные законным правом руководить разработкой и утверждать нормативные документы и другие правила, придавая им статус стандартов. В России компетентными органами в области стандартизации являются Агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) и Минстрой.

На основе комплексной стандартизации в РФ разработаны системы стандартов, каждая из которых охватывает определенную сферу деятельности, проводимой в общегосударственном масштабе или в определенных отраслях народного хозяйства.

К подобным системам относятся Государственная система стандартизации (ГСС), Единая система конструкторской документации (ЕСКД), Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), Единая система технологической документации (ЕСТД), Единая система классификации и кодирования технико-экономической информации, Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ), Государственная система стандартов безопасности труда (ГССБТ) и др.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) устанавливает для всех организаций страны порядок организации проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертежного хозяйства, что упрощает проектно-конструкторские работы, способствует повышению качества и уровня взаимозаменяемости изделий и облегчает чтение и понимание чертежей в разных организациях. ЕСКД включает в себя более 200 стандартов.

Весь комплекс стандартов ЕСКД разделяется на группы:

Стандарты группы 0.

Устанавливают назначение, область распространения и состав комплекса стандартов ЕСКД, документы на носителях;

Стандарты группы 1.

Устанавливают порядок организации конструкторских работ: стадии разработки конструкторской документации, деление проектируемого изделия на составные части, общие требования к выполнению конструкторских документов - чертежей, схем, спецификаций, ведомостей, описаний и перечней конструкторских документов;

Стандарты группы 2.

Устанавливают соответствующие правила действующим в стране классификаторам (классификация обозначения изделий, конструкторских документов);

Стандарты группы 3.

Устанавливают общие правила выполнения чертежей: размеры форматов чертежей, масштабы, правила образования на чертеже видов, разрезов и сечений, правила постановки размеров, обозначений, знаков и т.п.;

Стандарты группы 4.

Устанавливают правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения: правила оформления чертежей изделий общемашиностроительного применения - пружин, зубчатых колес, червяков, шлицевых соединений и др.;

Стандарты группы 5.

Устанавливают правила обращения конструкторских документов: общие правила хранения, учета, дублирования и передачи конструкторской документации;

Стандарты группы 6.

Устанавливают правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации, внесения изменений в эксплуатационную и ремонтную документацию, а также ее комплектность;

Стандарты группы 7.

Устанавливают правила выполнение схем, их классификацию;

Стандарты группы 8.

Устанавливают общие правила макетного метода проектирования и выполнения горных чертежей;

Стандарты группы 9.

В эту группу включены стандарты не вошедшие в другие группы.

Стандарты ЕСКД обозначаются следующим образом: ГОСТ (государственный стандарт); цифра 2 указывающая на принадлежность данного стандарта к комплексу стандартов ЕСКД; после точки три последующие цифры номера характеризуют конкретный стандарт, причем первая из них указывает, к какой группе ЕСКД он принадлежит; после тире - год утверждения стандарта.

П2. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА

Форматы

ГОСТ 2.301-68 устанавливает форматы листов чертежей и других документов выполненных в электронной и (или) бумажной форме, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (рис.П2.1).

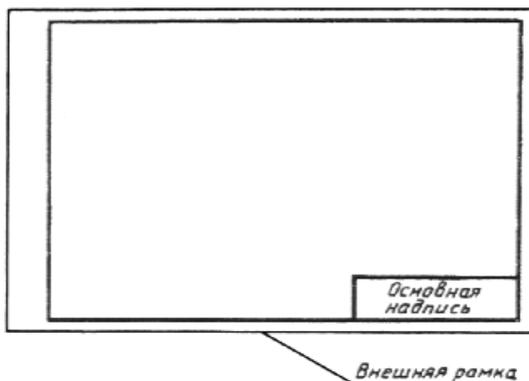


Рис.П2.1. Внешняя рамка чертежа

При выводе документа в электронной форме на бумажный носитель с размерами сторон листа, совпадающими с указанными на рис.П2.2, внешнюю рамку формата допускается не выполнять. Ес-

ли размеры сторон листа больше указанных на рис.П2.2, то внешняя рамка формата должна быть воспроизведена.

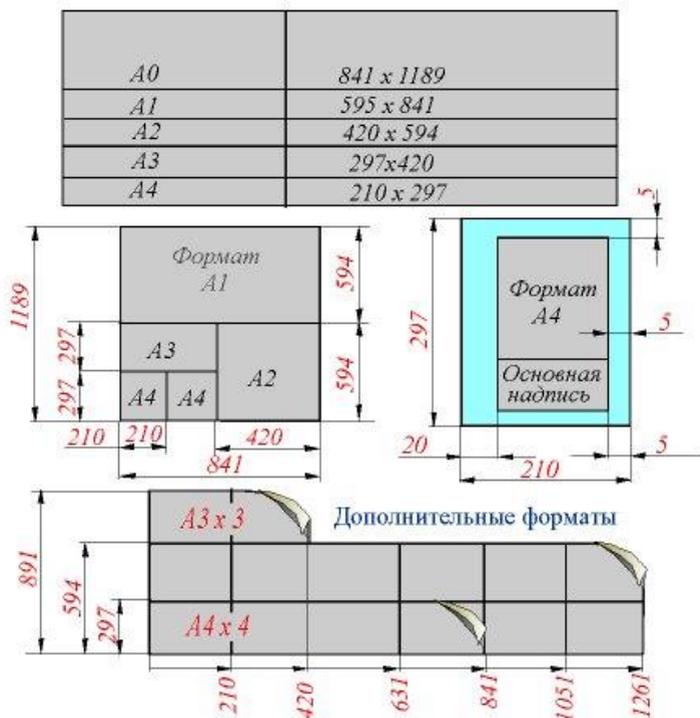


Рис.П2.2. Основные и дополнительные форматы

Основные форматы получают путем последовательного деления на две равные части параллельно меньшей стороне формата площадью 1 кв. м с размерами сторон 1189x841 мм (рис.П2.2). Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в таблице форматам.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

Масштабы

ГОСТ 2.302-68 устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

масштаб: Отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре;

масштаб натуральной величины: Масштаб с отношением 1:1;

масштаб увеличения: Масштаб с отношением большим, чем 1:1 (2:1 и т.д.);

масштаб уменьшения: Масштаб с отношением меньшим, чем 1:1 (1:2 и т.д.).

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Линии

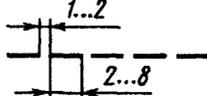
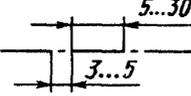
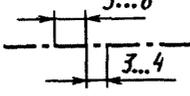
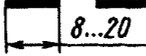
ГОСТ 2.303 устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства, выполняемых в бумажной и (или) электронной форме.

Толщина сплошной основной линии s должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

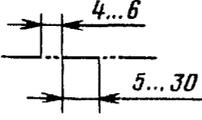
Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в таблице.

Таблица

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		$\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Подки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3. Сплошная волнистая			Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая			Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая		$\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		$\frac{s}{3}$ до $\frac{2}{3}s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
7. Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2}s$	Линии сечений

Окончание таблицы

8. Сплошная тонкая с изломом		$\frac{s}{3}$ От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		$\frac{s}{3}$ От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Основные надписи

ГОСТ 2.104-2006 устанавливает формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф к ней в конструкторских документах, предусмотренных стандартами ЕСКД.

Согласно ГОСТ 2.104-2006 в конструкторских документах применяется одна из трех форм основных надписей. Основные надписи располагаются в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А4 по ГОСТ 2.301 - 68 основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа. На рис.П2.3 приведены формы основной надписи, применяемой для чертежей и схем.

Форма 1 - основная надпись для чертежей и схем.

Форма 2 - основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый или заглавный лист).

Форма 2а - основная надпись для чертежей (схем) и текстовых конструкторских документов (последующие листы).

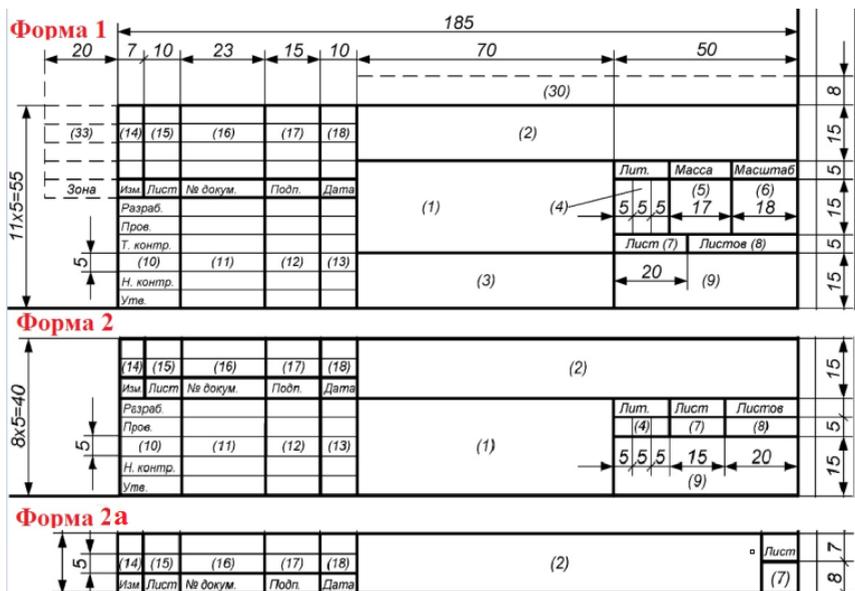


Рис.П.2.3. Формы основной надписи чертежа

В графах основной надписи (номера граф на формах показаны в круглых скобках) указывают значения соответствующих реквизитов или атрибутов:

в графе 1 - наименование изделия и наименование документа, если этому документу присвоен код. Для изделий народнохозяйственного назначения допускается не указывать наименование документа, если его код определен ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.701. Наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое»;

в графе 2 - обозначение документа по ГОСТ 2.201 и код, если его код определен ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.701.;

в графе 3 - обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

в графе 4 - литеру, присвоенную данному документу (на документе в бумажной форме графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки).

в графе 5 - массу изделия по ГОСТ 2.109;

в графе 6 - масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302 и ГОСТ 2.109);

в графе 7 - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 8 - общее количество листов документа (указывают только на первом листе);

в графе 9 - наименование или код организации, выпускающей документ (графу не заполняют, если код содержится в обозначении документа);

в графе 10 - характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела», «Начальник лаборатории», «Рассчитал».

Допустимые значения атрибута устанавливает организация;

в графе 11 - фамилии лиц, подписавших документ;

в графе 12 - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными.

в графе 13 - дату подписания документа;

в графах 14 -18 - сведения об изменениях, которые заполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503.

В учебных чертежах обычно заполняются только некоторые графы:

графа 1 - наименование;

графа 2 - обозначение, включающее индекс раздела курса, номер варианта задания, порядковый номер работы;

графа 3 - материал (заполняют только на чертежах деталей);

графа 4 - литера (для учебного чертежа буква У);

графа 6 - масштаб;

графа 7 - порядковый номер листа;

графа 8 - количество листов;

графа 9 - название учебного заведения и шифр группы студента;
графа 10 - запись характера работы, выполняемой лицом, под-
писывающим документ. Сокращения слов здесь произведены на
основании допускаемых сокращений слов, установленных ГОСТ
2.316 -2008: "Разраб."- разработал; "Пров."- проверил и т.д.

графа 11 - фамилии лиц, подписавших документ;

графа 12 - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;

графа 13 - дата подписания документа.

Структура обозначения студенческих работ первой части кур-
са, принятая на кафедре:

34.XX.XXX.00.000

XX - номер работы от 01 до 04 ("Многогранники и кривые по-
верхности" - 01);

XXX - номер индивидуального задания студента от 001 до 099.

ПЗ. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ

ГОСТ 2.307-2011 устанавливает правила нанесения размеров и
предельных отклонений в графических документах на изделия всех
отраслей промышленности и строительства.

Подробно вопросы нанесения размеров рассматриваются во
второй части курса.

В первой части курса студенты наносят только те размеры, ко-
торые приведены в условиях задания и им необходимо знание ос-
нов.

Итак.

1. Основанием для определения величины изображаемого изде-
лия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чер-
теже.

2. Линейные размеры в графических документах указывают в
миллиметрах без обозначения единицы измерения. Во всех осталь-
ных случаях указывают единицу измерения.

3. При нанесении размеров могут быть использованы тонкие
линии трех наименований: размерные, выносные, линии выноски.
Возможно нанесение размеров без применения линий вообще

(рис.П.3.1). На этом же рисунке приведены величины элементов стрелок размерных линий.

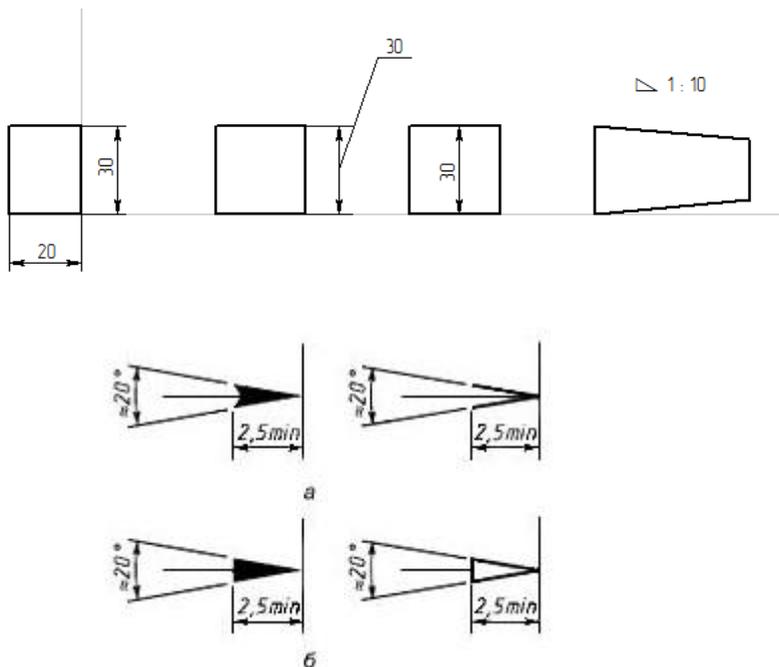


Рис. П.3.1. Способы нанесения размеров и стрелки размерных линий

4. При нанесении размеров элементов, показанных частично на половинах симметричных изображений, размерные линии проводят с обрывом, при этом обрыв делают дальше оси или линии обрыва предмета (рис.П.3.2).

5. Размерные линии проводят прямыми, если измеряемый отрезок прямолинеен, и - в виде частей окружности при нанесении размеров дуг и углов. Размерные линии всегда параллельны или концентричны измеряемому интервалу.

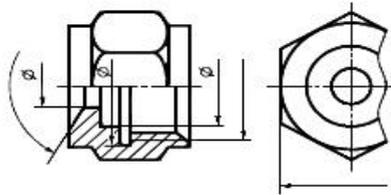


Рис.П.3.2. Нанесение размеров при неполном изображении элементов детали

6. Нанесение линейных размеров при различных углах наклона размерных линий и угловых при их расположении в зонах выше и ниже горизонтальной осевой приведено на рис.П.3.3.

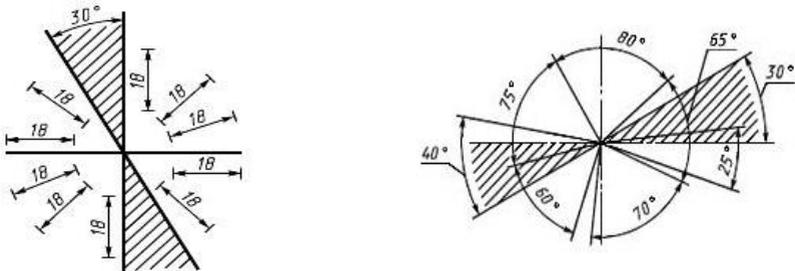


Рис.П.3.3. Нанесение размеров в различных зонах

7. При тесном расположении параллельных или концентрических размерных линий, размерные числа наносят в шахматном порядке (рис.П.3.4).

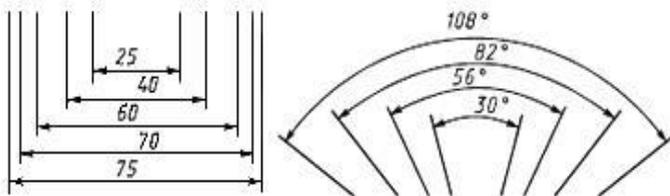


Рис.П.3.4. Нанесение размеров при тесном расположении размерных линий

8. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура - 10 мм.

9. Запрещается дублировать размеры.

10. Запрещается смешивать размеры, относящиеся к наружной и внутренней формам детали.

11. Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями изображения. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают.

В работах первой части курса наиболее часто используются два знака формы, это диаметр и радиус.

Для обозначения диаметра перед размерным числом во всех случаях наносят знак - кружок, перечеркнутый прямой линией под углом 75° . Для обозначения радиуса перед размерным числом всегда наносят знак **R** - латинская прописная буква. Стрелку наносят с одной стороны. Применение этих знаков показано на рис.П.3.5.

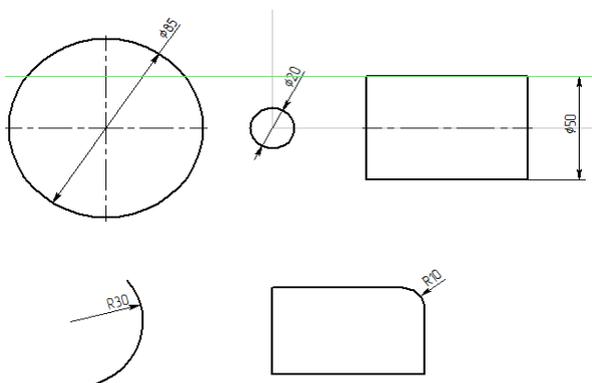


Рис.П.3.5. Применение знаков диаметра и радиуса

ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ - ИСТОЧНИКИ

1. Елисеев В.Г., Коробов В.М., Милованов Н.Н. Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex. Учебное пособие. - М.: МИФИ, 2010.
2. Демьянова С.М., Мочалов Г.А., Сучков Г.А. Изображение кривых поверхностей на чертежах: Учебное пособие. - М.: МИФИ, 2007.
3. Дубова Н.И., Божко Ю.В. Основные изображения на чертежах деталей физических приборов и устройств: Учебное пособие. - М.: МИФИ 2004.
4. Чекмарев А.А. Инженерная графика. - М.: Высшая школа, 2005.
5. Байдина Н.М., Демьянова С.М., Мочалов Г.А. Основы образования изображений на чертеже: Учебное пособие. - М.: МИФИ, 2004.
6. Полнотекстовая база ГОСТов, действующих на территории РФ. «Стандарт Плюс»
7. Боголюбов С.К. Инженерная графика. - М.: Машиностроение, 2004.
8. С.М. Демьянова, Н.И. Дубова, В.М. Щавелин. Сборник задач по курсу инженерной графики для программированного контроля знаний: Учебное пособие. Переиздание. - М.: МИФИ, 2009.
9. Мочалов Г.А., Демьянова С.М., Яунзем А.Ю. Построение сопряжений в изображениях деталей физических приборов и устройств. - М.:МИФИ, 2000.
10. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. – 5-е издание, переработанное и дополненное. – СПб.: Политехника, 2008.
11. Техническая документация по САПР T-FLEX/CAD. Учебное пособие. М.: АО «Топ Системы», 2012.
12. Программные пакеты САПР: КОМПАС-3D, AutoCAD, T-FLEX/CAD, Solid Works.
13. Электронный учебник по начертательной геометрии. Интернет-ресурс - <http://www.t-agency.ru/geom/>.

14. Электронный учебник по начертательной геометрии.
Интернет-ресурс –
<http://kig.pstu.ac.ru/Graphbook/book/lekcii/L-000.htm>.

Анатолий Васильевич Блинов
Юрий Валентинович Божко
Вадим Михайлович Коробов
Константин Ильич Молодцов
Валерий Викторович Щербаков

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по выполнению индивидуальных заданий первой части курса "Инженерная графика" по теме "Многогранники и кривые поверхности" с использованием трехмерного моделирования в системе T-FLEX CAD

Редактор *Е.Н. Кочубей*

Подписано в печать 17.12.2014. Формат 60x84 1/16.

Уч.-изд. л. 3,5.

Изд. № 015-1.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
115409, Москва, Каширское ш., 31