

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Кафедра общинженерных дисциплин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению контрольных и самостоятельных работ
по начертательной геометрии и инженерной графике**

ЧАСТЬ 1

для студентов заочного обучения

Института механизации и технического сервиса

по направлениям подготовки

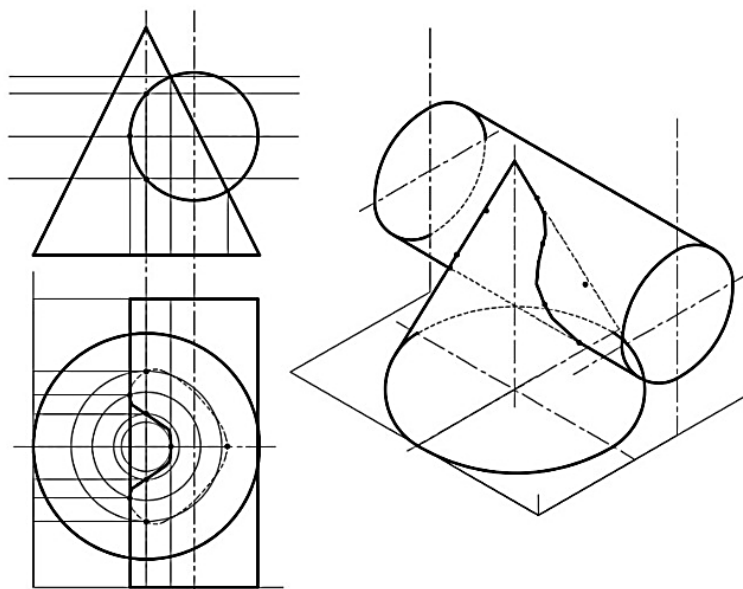
35.03.06 Агроинженерия,

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов,

20.03.01 Техносферная безопасность,

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства,

44.03.04 Профессиональное обучение



Казань - 2021

УДК 514.18
ББК 22.151.3

Составители: Салахов И.М., Пикмуллин Г.В., Вагизов Т.Н.

Рецензенты: Шайхутдинов Р.Р., к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»;

Галимова Н.Я., к.т.н., доцент кафедры «Машиноведения и инженерной графики» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Методические указания утверждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры общинженерных дисциплин ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» «9» марта 2021 года (протокол № 9).

Методические указания обсуждены, одобрены и рекомендованы к печати на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» «29» марта 2021 года (протокол № 8).

Салахов, И.М. Методические указания к выполнению контрольных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике. Часть 1 / И.М. Салахов, Г.В. Пикмуллин, Т.Н. Вагизов. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2021. – 36 с.

Методические указания предназначены для самостоятельного выполнения контрольной работы №1 по разделу «Начертательная геометрия» студентами заочной форм обучения по направлениям подготовки: 35.03.06 Агроинженерия, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 20.03.01 Техносферная безопасность, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, 44.03.04 Профессиональное обучение.

Методические указания включают варианты исходных данных заданий, примеры выполнения чертежей, указания к выполнению и оформлению заданий, вопросы для самостоятельного изучения.

УДК 514.18
ББК 22.151.3

© Казанский государственный аграрный университет, 2021.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	4
Принятые обозначения в начертательной геометрии	5
Содержание раздела «Начертательная геометрия»	6
Требования к выполнению контрольной работы № 1	8
Содержание и указания к выполнению контрольной работы №1	10
Вопросы для самостоятельного изучения по разделу «Начертательная геометрия»	34
Список литературы	35

ВВЕДЕНИЕ

Изучение курса «Начертательная геометрия и инженерная графика» необходимо для приобретения знаний и навыков, позволяющих составлять технические чертежи, а также для развития пространственного и конструктивно-геометрического мышления.

Основная форма работы студентов заочной формы обучения – самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям, а основная форма отчетности за усвоение пройденного материала – выполнение контрольной работы.

Раздел «Начертательная геометрия» посвящен изучению методов построения изображений на плоскости и способов решения геометрических задач на этих изображениях. Для построения изображений применяются метод прямоугольного проецирования.

В результате студент должен:

- 1) усвоить теоретические основы построения изображений (включая аксонометрические проекции) точек, прямых, плоскостей и отдельных видов линий и поверхностей;
- 2) освоить способы решения задач (частные случаи) на взаимную принадлежность и взаимное пересечение геометрических фигур;
- 3) изучить способы определения натуральной величины отдельных геометрических фигур.

Данные методические указания содержит вопросы для самостоятельного изучения, а также исходные данные заданий и описание порядка выполнения заданий контрольной работы.

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

1. Точки обозначаются заглавными буквами латинского алфавита: A, B, C, D, \dots или цифрами: $1, 2, 3, \dots$.

2. Прямые и кривые линии, произвольно расположенные относительно плоскостей проекций, обозначаются строчными буквами латинского алфавита: a, b, c, d, \dots .

3. Линии, занимающие особое положение, обозначаются:

h – горизонтальная прямая уровня (горизонталь);

f – фронтальная прямая уровня (фронталь);

p – профильная прямая уровня;

x, y, z – оси абсцисс (широт), ординат (глубин) и аппликат (высот);

k – постоянная прямая чертежа (линия преломления).

4. Поверхности (в том числе – плоскости) обозначаются заглавными буквами греческого алфавита: α (альфа), β (бетта), γ (гамма), Δ (дельта), Θ (тета), λ (лямбда), Σ (сигма), Ψ (пси), Φ (фи), Π (пи), Ω (омега).

5. Плоскости проекций обозначаются буквой Π с добавлением нижнего индекса:

Π_1 – горизонтальная плоскость проекций,

Π_2 – фронтальная плоскость проекций,

Π_3 – профильная плоскость проекций.

6. Проекции точек, линий, поверхностей обозначаются теми же буквами или цифрами, что и сами точки, линии, поверхности, но с добавлением верхнего индекса:

$A', B', \dots; a', b', \dots$ – горизонтальные проекции;

$A'', B'', \dots; a'', b'', \dots$ – фронтальные проекции;

$A''', B''', \dots; a''', b''', \dots$ – профильные проекции.

7. Для обозначения несобственных (бесконечно удаленных) элементов используется верхний индекс ∞ : $A_\infty, m_\infty, \Psi_\infty$.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»

1. Введение. Предмет начертательной геометрии.
2. Метод проекций. Центральное и параллельное проецирование. Основные свойства прямоугольного проецирования.
3. Ортогональные проекции на двух и большем числе плоскостей. Эпюр Монжа. Сущность метода.
4. Ортогональные проекции на одной плоскости. Проекции с числовыми отметками. Сущность метода.
5. Параллельные проекции на одной плоскости. Аксонометрические проекции. Сущность метода.
6. Задание точки.
7. Задание прямой. Прямые общего и частного положения; свойства их проекций. Следы прямой. Взаимное положение двух прямых (прямые параллельные, пересекающиеся и скрещивающиеся). Конкурирующие точки и определение видимости на чертеже.
8. Теорема о проецировании прямого угла.
9. Способы преобразования проекций. Способ прямоугольного треугольника. Способ проецирования на дополнительную плоскость.
10. Метрические задачи: определение истинной величины отрезка прямой и углов наклона ее к плоскостям проекций, определение расстояния от точки до прямой, определение расстояния между скрещивающимися прямыми.
11. Плоскость. Задание плоскости. Следы плоскостей. Линии уровня и линии наибольшего ската плоскости. Плоскости общего и частного положения и свойства их проекций.
12. Взаимная принадлежность прямых, плоскостей, точек.
13. Способы преобразования проекций. Способ вращения вокруг линии уровня.
14. Метрические задачи: определение истинной величины плоской фигуры и углов наклона ее к плоскостям проекций способом замены плоскостей и способом вращения вокруг линии уровня.
15. Взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей: параллельность, пересечение, перпендикулярность.
16. Способ вспомогательных секущих плоскостей при анализе относительного положения прямой и плоскости. Алгоритм построения точки пересечения прямой с плоскостью.
17. Способ вспомогательных секущих плоскостей при анализе относительного положения двух плоскостей. Алгоритм построения линии пересечения двух плоскостей.

18. Прямая, перпендикулярная плоскости. Определение расстояния от точки до плоскости.
19. Поверхность. Задание поверхности. Образование поверхностей. Классификация поверхностей. Определитель поверхности и точка на поверхности.
20. Построение очерков поверхностей.
21. Линейчатые развертываемые поверхности. Конические и цилиндрические поверхности.
22. Гранные поверхности. Пирамидальные и призматические поверхности. Многогранники.
23. Проецирующие цилиндрические и призматические поверхности и свойства их проекций.
24. Поверхности вращения. Главные линии на поверхности вращения. Точка на поверхности. Определение видимости.
25. Винтовые поверхности. Прямой и наклонный геликоиды.
26. Касательные линии и плоскости к поверхности.
27. Обобщенные позиционные задачи. Сечение поверхности плоскостью частного положения. Частные случаи построения сечений (прямого кругового конуса, цилиндра, сферы).
28. Пересечение прямой линии с поверхностью.
29. Пересечение поверхностей. Способ вспомогательных секущих плоскостей.
30. Построение линии пересечения двух криволинейных поверхностей, имеющих общую плоскость симметрии и поверхностей, не имеющих общей плоскости симметрии. Опорные точки. Определение видимости линии пересечения. Видимость очерков поверхностей.
31. Особенности построения линии пересечения двух многогранных поверхностей.
32. Построение разверток поверхностей. Основные методы построения разверток.
33. Способ триангуляции. Алгоритм построения развертки на примере конуса.
34. Построение точки и линии поверхности на развертке.
35. Способ нормального сечения. Способ раскатки. Алгоритм построения развертки на примере призмы.

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1 (раздел «Начертательная геометрия»)

Контрольная работа №1 по разделу «Начертательная геометрия» включает в себя 10 задач, которые должны быть представлены в виде эюр (чертежей). Эпюры следует выполнять вручную с помощью чертежных инструментов. В настоящих методических указаниях выполнение каждой эпюры сопровождается планом его решения, т.е. кратким описанием хода решения задачи.

Исходные данные к выполнению заданий контрольной работы №1 студент принимает индивидуально, согласно своему варианту. Студент выполняет тот вариант задания, номер которого соответствует сумме двух последних цифр номера его зачетной книжки. Если, например, учебный код студента *M308346*, то он во всех заданиях выполняет десятый вариант.

Задания контрольной работы №1 выполняются на листах чертежной бумаги формата А3 (297×420 мм), на котором выполняется рамка и основная надпись (рисунок 1). Размеры основной надписи и текст в ней показаны на рисунке 2.

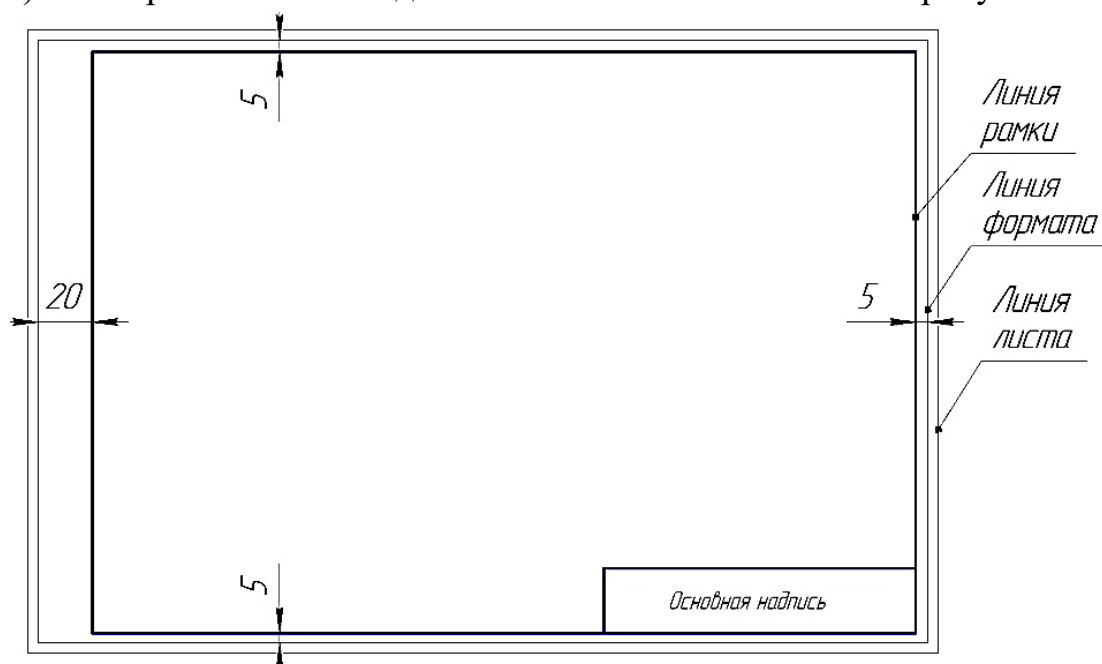


Рисунок 1 – Выполнение рамки на чертежном листе

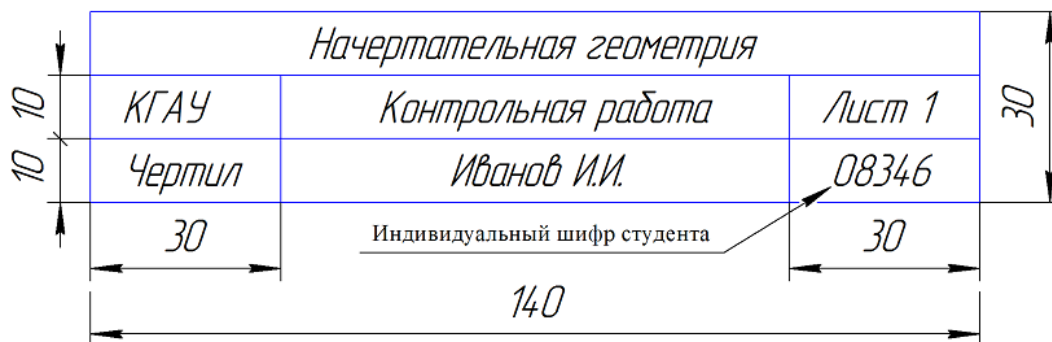


Рисунок 2 – Размеры рамки основной надписи

Все надписи и обозначения на листах с эпюрами выполняются стандартным чертежным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Для обозначения отдельных букв и цифр на эпюре высоту шрифта принимаем 5 или 7 мм, а для подстрочных и надстрочных индексов – 3,5 мм.

Эпюры следует выполнять сначала карандашом в тонких линиях с последующей обводкой. Тип и толщина линий, используемых при обводке, принимается в соответствии с ГОСТ 2.303-68:

- все видимые основные линии - *сплошные* (толщина $S = 0,8...1,0$ мм);
- линии центров и осевые - *штрихпунктирная линия* (толщина $S/2...S/3$ мм);
- линии построений и линии связи - *сплошные и тонкие* (толщина $S/2...S/3$ мм);
- линии невидимых контуров - *штриховая линия* (толщина $S/2...S/3$ мм).

Все листы контрольной работы следует сшить вместе с титульным листом на первой странице. Титульный лист контрольной работы выполняется на листе формат А3 (297×420 мм) и должен быть оформлен по образцу, приведенному на рисунке 3.

<i>ФГБОУ ВО "Казанский государственный аграрный университет"</i>	
<i>Кафедра общепрофессиональных дисциплин</i>	
<i>НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА</i>	
<i>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1</i>	
<i>Выполнил: студент группы _____</i>	<i>Ф.И.О. студента _____</i>
	<i>Шифр: _____</i>
<i>Проверил: _____</i>	<i>Ф.И.О. преподавателя _____</i>
<i>должность, ученое звание</i>	
<i>Казань, 20____</i>	

Рисунок 3 - Оформление титульного листа контрольной работы

СОДЕРЖАНИЕ И УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

ЛИСТ №1

Задача 1. Даны: координаты вершин треугольников *ABC* и *EDK*.

Задание:

1. Построить горизонтальные и фронтальные проекции треугольников *ABC* и *EDK*.
2. Построить линию пересечения треугольников *ABC* и *EDK* и показать видимость их в проекциях.
3. Определить натуральную величину треугольника *ABC*.

Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Пример выполнения листа 1 приведен на рисунке 4.

Таблица 1 - Данные к задаче 1 (размеры и координаты, мм)

№ варианта	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B	X_C	Y_C	Z_C	X_D	Y_D	Z_D	X_E	Y_E	Z_E	X_K	Y_K	Z_K
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48	68	110	85	135	19	36	14	52	0
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	70	110	85	135	20	35	15	50	0
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	64	105	80	130	18	35	12	50	0
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	70	115	85	135	20	32	10	50	0
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	68	85	110	135	36	19	14	0	52
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	20	20	15	0	50
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	65	80	110	130	38	20	15	0	52
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	70	85	108	135	36	20	15	0	52
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85	70	85	110	135	35	20	15	0	50
10	18	10	90	83	79	25	135	48	82	67	85	110	0	36	19	121	0	52
11	20	12	92	85	89	25	135	50	85	70	85	110	0	35	20	120	0	52
12	15	10	85	80	80	20	130	50	80	70	80	108	0	35	20	120	0	50
13	16	12	88	85	80	25	130	50	80	75	85	110	0	30	15	120	0	50
14	18	12	85	85	80	25	135	50	80	70	85	110	0	35	20	120	0	50
15	18	90	10	83	25	79	135	83	48	67	110	85	0	19	36	121	52	0
16	18	40	75	83	117	6	135	47	38	67	20	0	0	111	48	121	78	86
17	18	75	40	83	6	107	135	38	47	67	0	20	0	48	111	121	86	78
18	117	75	40	52	6	107	0	38	47	135	0	20	86	48	111	15	68	78

Указания к решению задачи 1:

1. В левой половине листа №1 намечаются оси координат (рисунок 4).

2. Строятся горизонтальные и фронтальные проекции треугольников ABC и EDK по координатам точек A, B, C, D, E и K , которые берутся из таблицы 1 согласно своему варианту. Вначале стороны треугольников и другие вспомогательные прямые следует провести тонкими сплошными линиями.

3. Линия пересечения треугольников строится с помощью вспомогательных секущих плоскостей частного положения. На рисунке 4 линия пересечения двух треугольников построена с помощью проецирующих плоскостей следующим образом:

а) одну из сторон треугольника заключают во вспомогательную проецирующую плоскость (в нашем примере сторону DK во фронтально-проецирующую плоскость α);

б) определяют линию пересечения плоскости одного треугольника вспомогательной проецирующей плоскостью (в нашем примере плоскости треугольника ABC с фронтально-проецирующей плоскостью α);

в) определяют точку пересечения стороны треугольника с линией пересечения плоскостей треугольника с проецирующей плоскостью. Эта точка является точкой пересечения стороны одного треугольника с плоскостью другого треугольника (в нашем примере N' – горизонтальная проекция точки пересечения DK с плоскостью треугольника ABC).

Аналогично определяют и вторую общую точку (в нашем примере точка пересечения AB с плоскостью треугольника EDK с проекциями M' и M'').

г) соединив проекции найденных общих точек M и N получают проекции линии пересечения плоскостей треугольников ABC и EDK .

4. Видимость сторон треугольника определяется способом конкурирующих точек следующим образом:

а) на проекциях отмечают конкурирующие точки (в нашем примере на фронтальной проекции отмечены конкурирующие точки $1''$ и $2''$);

б) через конкурирующие точки проводят проецирующий луч (в нашем примере горизонтально-проецирующий луч);

в) отмечают другие проекции конкурирующих точек (в нашем примере пересечение горизонтально-проецирующего луча с горизонтальной проекцией стороны AB обозначен точкой $1'$, а стороны EK - точкой $2'$);

г) определяют положение конкурирующих точек относительно наблюдателя (в нашем примере точка I' на AB лежит ближе к глазу наблюдателя по стрелке, чем точка $2'$ на EK . Отсюда, сторона AB на фронтальной проекции видима, а сторона EK от точки $2''$ до стороны $A''C''$ невидима и проводится штриховой линией. Аналогично определяется видимость сторон треугольников на горизонтальной проекции (см. точку $3 \equiv 4$)).

Видимые отрезки сторон треугольников выделяют сплошными основными линиями, невидимые следует показать штриховыми линиями.

5. Для определения натуральной величины треугольника ABC необходимо плоскопараллельным перемещением треугольник ABC преобразовать в положение проецирующей плоскости, а затем вращением вокруг проецирующей прямой в положение, когда он будет параллелен одной из плоскостей проекций.

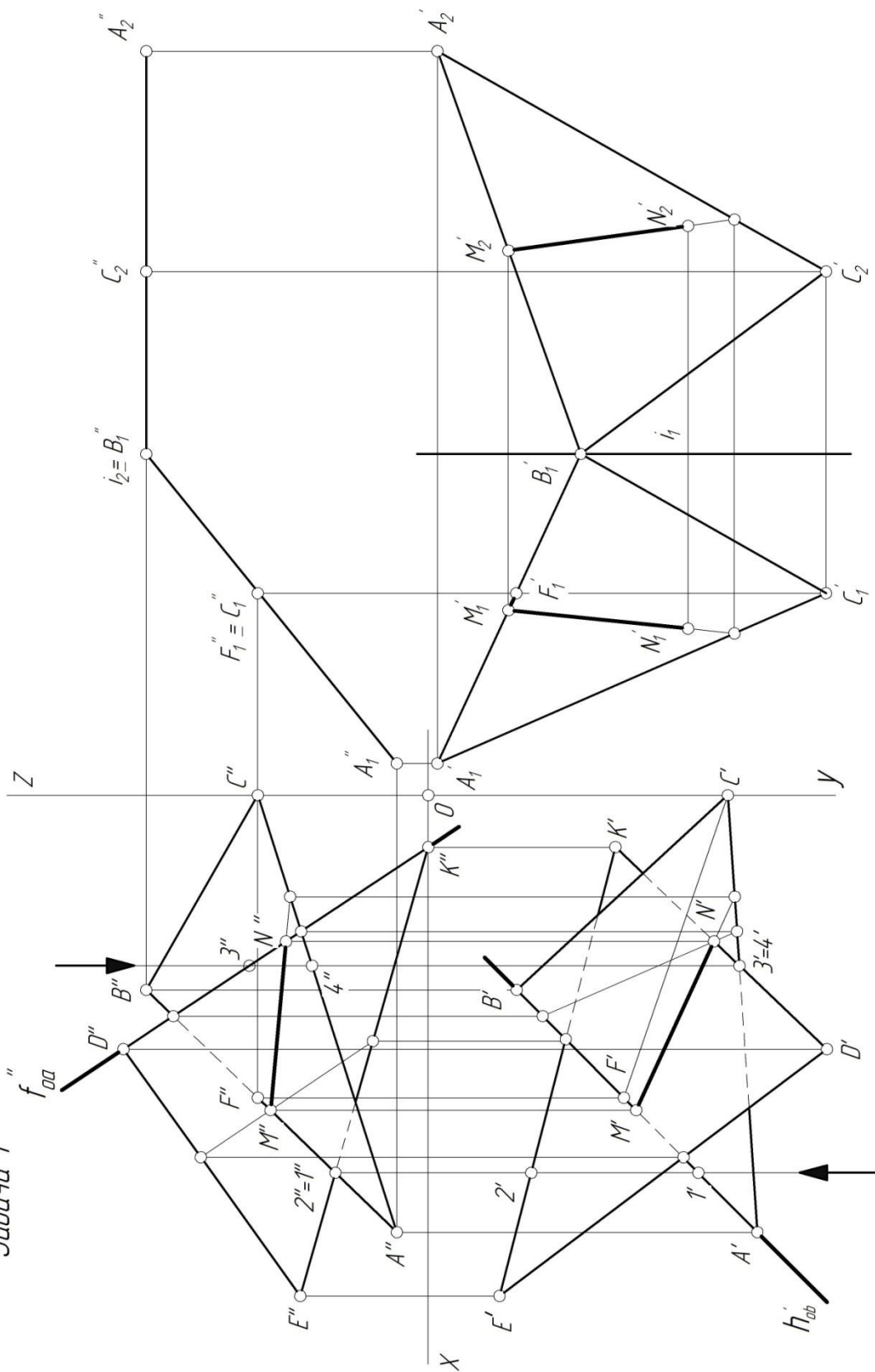
В треугольнике ABC следует показать и линию MN пересечения его с треугольником EDK .

Выполнив все построения, необходимо произвести окончательную обводку чертежа. Характерные точки необходимо пометить кружками диаметром 2...3 мм. Все вспомогательные построения на эюре необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 1:

1. Как строятся проекции точек по заданным координатам?
2. Охарактеризуйте и смоделируйте положение сторон треугольников в пространстве.
3. Охарактеризуйте положение вспомогательных проецирующих плоскостей, используемых при решении задач эюра. Смоделируйте их положение в пространстве.
4. Как назвать на эюре точку N' ?
5. Чем на эюре является линия $N''M'''$?

Задача 1



Начертательная геометрия		
КГАУ	Контрольная работа	Лист 1
Чертил	Иванов ИИ	М308346

Рисунок 4 - Пример выполнения листа №1 контрольной работы №1

ЛИСТ №2

На листе №2 выполняются задачи 2 и 3, пример выполнения которых приведен на рисунке 5.

Задача 2. Даны: координаты вершин треугольника ABC и высота h .

Задание: Построить горизонтальные и фронтальные проекции пирамиды, основанием которой является треугольник ABC , а ребро SA определяет высоту h пирамиды.

Данные для своего варианта взять из таблицы 2.

Таблица 2 - Данные к задаче 2 (координаты и размеры, мм)

№ варианта	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B	X_C	Y_C	Z_C	h
1	117	90	9	52	25	79	0	83	48	85
2	120	90	10	50	25	80	0	85	50	85
3	115	90	10	52	25	80	0	80	45	85
4	120	92	10	50	20	75	0	80	46	85
5	117	9	90	52	79	25	0	48	83	85
6	115	7	85	50	80	25	0	50	85	85
7	120	10	90	48	82	20	0	52	82	85
8	116	8	88	50	78	25	0	46	80	85
9	115	10	92	50	80	25	0	50	85	85
10	18	10	90	83	79	25	135	48	82	85
11	20	12	92	85	80	25	135	50	85	85
12	15	10	85	80	80	20	130	50	80	85
13	16	12	88	85	80	25	130	50	80	80
14	18	12	85	85	80	25	135	50	80	80
15	18	90	10	83	25	79	135	83	48	80
16	18	40	75	83	117	6	135	47	38	80
17	18	75	40	83	6	107	135	38	47	80
18	117	75	40	52	6	107	0	38	47	80

Указания к решению задачи 2:

1. В левой половине листа №2 намечаются оси координат.
2. Из таблицы 2 согласно своему варианту берутся координаты точек A , B и C , по которым строится проекции треугольника ABC .
3. Для построения проекций вершины S в точке A восстанавливается перпендикуляр к плоскости треугольника и на нем выше этой плоскости откладывается отрезок AS , равный заданной величине h .

4. Строятся ребра пирамиды, видимость которых определяется способом конкурирующих точек.

Видимые ребра пирамиды следует показать сплошными основными линиями, невидимые - штриховыми линиями. Все вспомогательные построения на эюре необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 2:

1. Как строятся проекции точек по заданным координатам?
2. Назовите условие перпендикулярности прямой и плоскости.
3. Как строится вершина пирамиды по заданной ее высоте?
4. Как определяется видимость ребер пирамиды?
5. Какие точки являются конкурирующими?

Задача 3. Даны: координаты точек A, B, C, D вершин пирамиды и координаты точек E, K, G и U вершин многоугольника нижнего основания прямой призмы и ее высота h .

Задание: Построить линию пересечения пирамиды с прямой призмой.

Данные для своего варианта взять из таблицы 3.

Указания к решению задачи 3:

1. В правой половине листа №2 намечаются оси координат.
2. Из таблицы 3 согласно своему варианту берутся координаты точек A, B, C и D вершин пирамиды и координаты точек E, K, G и U вершин многоугольника нижнего основания призмы и ее высота h , по которым строятся проекции пирамиды и призмы. Призма занимает проецирующее положение, т.е. ее вертикальные ребра перпендикулярны горизонтальной плоскости проекции.
3. Линии пересечения многогранников определяются по точкам пересечения ребер каждого из них с гранями другого многогранника или построением линии пересечения граней многогранника. Соединяя каждые пары таких точек одних и тех же граней отрезками прямых, получаем линию пересечения многогранников.
4. Определяются видимые стороны многоугольника пересечения, которые следует показать сплошными основными линиями, а невидимые стороны показать штриховыми линиями.

Все вспомогательные построения на эюре необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примечание. Задаче 3 необходимо уделить особое внимание. Все построения на чертеже тщательно проверить. Допущенные ошибки приводят к неправильному решению задач 4 и 5.

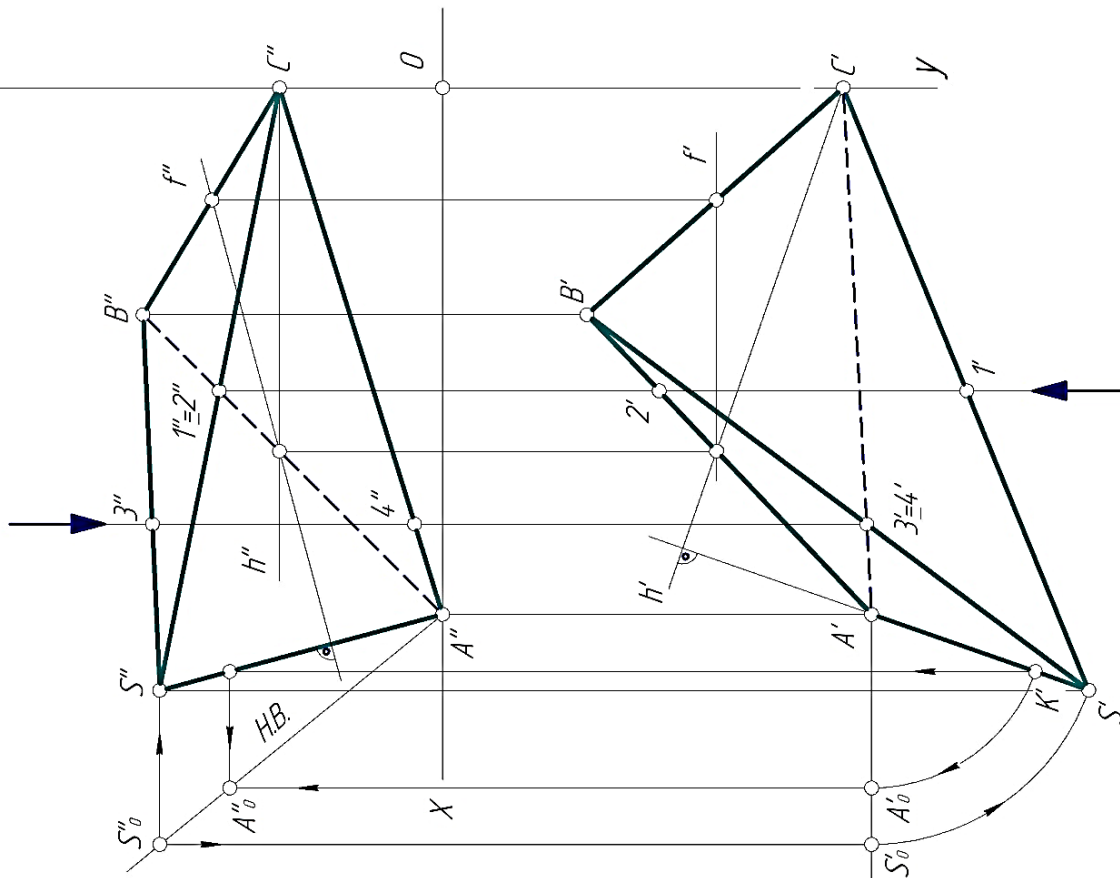
Таблица 3 - Данные к задаче 3 (координаты и размеры, мм)

Показатели	№ варианта																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X_A	141	0	0	0	0	0	0	0	0	141	141	141	141	141	141	135	145	145
Y_A	75	70	80	68	75	82	85	90	85	70	80	68	82	85	90	75	75	95
Z_A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_B	122	20	20	20	20	20	20	20	15	122	122	122	122	122	122	116	126	120
Y_B	14	9	19	7	14	21	24	29	30	9	19	7	21	24	29	14	14	34
Z_B	77	77	77	77	77	77	77	77	80	77	77	77	77	77	77	77	77	77
X_C	87	53	53	53	53	53	53	53	55	87	87	87	87	87	87	81	91	87
Y_C	100	95	110	93	100	112	115	120	120	95	110	93	112	115	120	100	100	120
Z_C	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
X_D	0	141	141	141	141	141	141	141	141	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_D	50	45	55	43	50	57	60	65	60	45	55	43	57	60	65	50	50	70
Z_D	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60
X_E	100	40	40	40	40	40	40	40	40	100	100	100	100	130	100	100	100	100
Y_E	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Z_E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_K	74	67	67	67	67	67	67	67	67	74	74	74	74	70	74	74	74	74
Y_K	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Z_K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_G	16	125	125	125	125	125	125	125	125	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Y_G	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Z_G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_U	55	86	86	86	86	86	86	86	86	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Y_U	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	90	95	95	95	95	95	95	95
Z_U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h	85	85	85	85	85	85	85	85	86	85	85	85	85	85	85	85	85	85

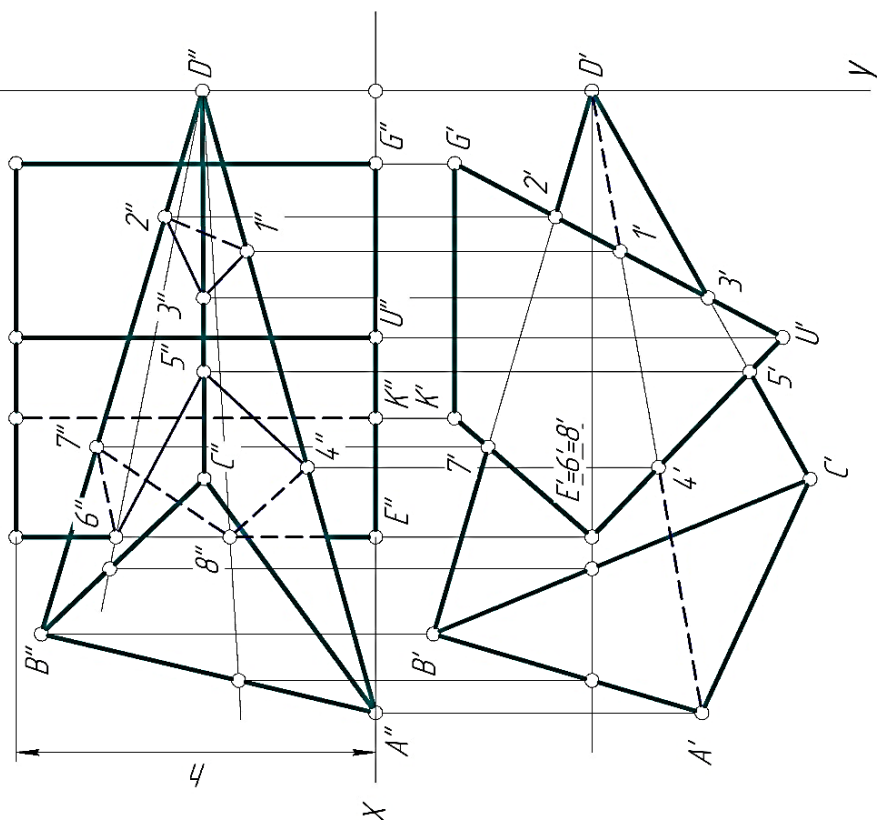
Примерные контрольные вопросы по задаче 3:

1. Какие поверхности относятся к многогранникам?
2. В каких случаях поверхности занимают проецирующее положение?
3. Что представляет из себя линия пересечения двух многогранников?
4. Как определяются линии пересечения двух многогранников?
5. Как определяется видимость линии пересечения?

Задача 2



Задача 3



Начертательная геометрия		
КГАУ	Контрольная работа	Лист 2
Чертил	Иванов ИИ	М308346

Рисунок 5 - Пример выполнения листа №2 контрольной работы №1

ЛИСТ №3

Задача 4. Задание: Определить натуральные величины каждого ребра пирамиды, представленной на листе №2 (задача 3).

Пример выполнения листа №3 приведен на рисунке 6.

Указания к решению задачи 4:

При определении натуральных величин ребер пирамиды, их рассматривают как отдельные отрезки DA , DB , DC , AB , AC и CB . Для определения натуральной величины отрезка применяются способ замены плоскостей, способ плоскопараллельного перемещения и способ вращения.

На примере, приведенным на рисунке 6, натуральные величины ребер определены способом вращения вокруг проецирующей прямой.

Например, определение натуральной величины ребра DA производится следующим образом:

а) выбирают ось вращения. На рисунке 6 ось вращения проходит через точку D и расположена перпендикулярно горизонтальной плоскости проекции;

б) вращают точку A вокруг горизонтально проецирующей прямой. Горизонтальная проекция точки A (A') движется по окружности радиусом равным $D'A'$ до положения A_1' . В этом случае ребро DA преобразуется в прямую уровня, т.е. занимает положение параллельное фронтальной плоскости проекции. Фронтальная проекция точки A (A'') движется по прямой параллельной горизонтальной плоскости проекции до положения A_1'' ;

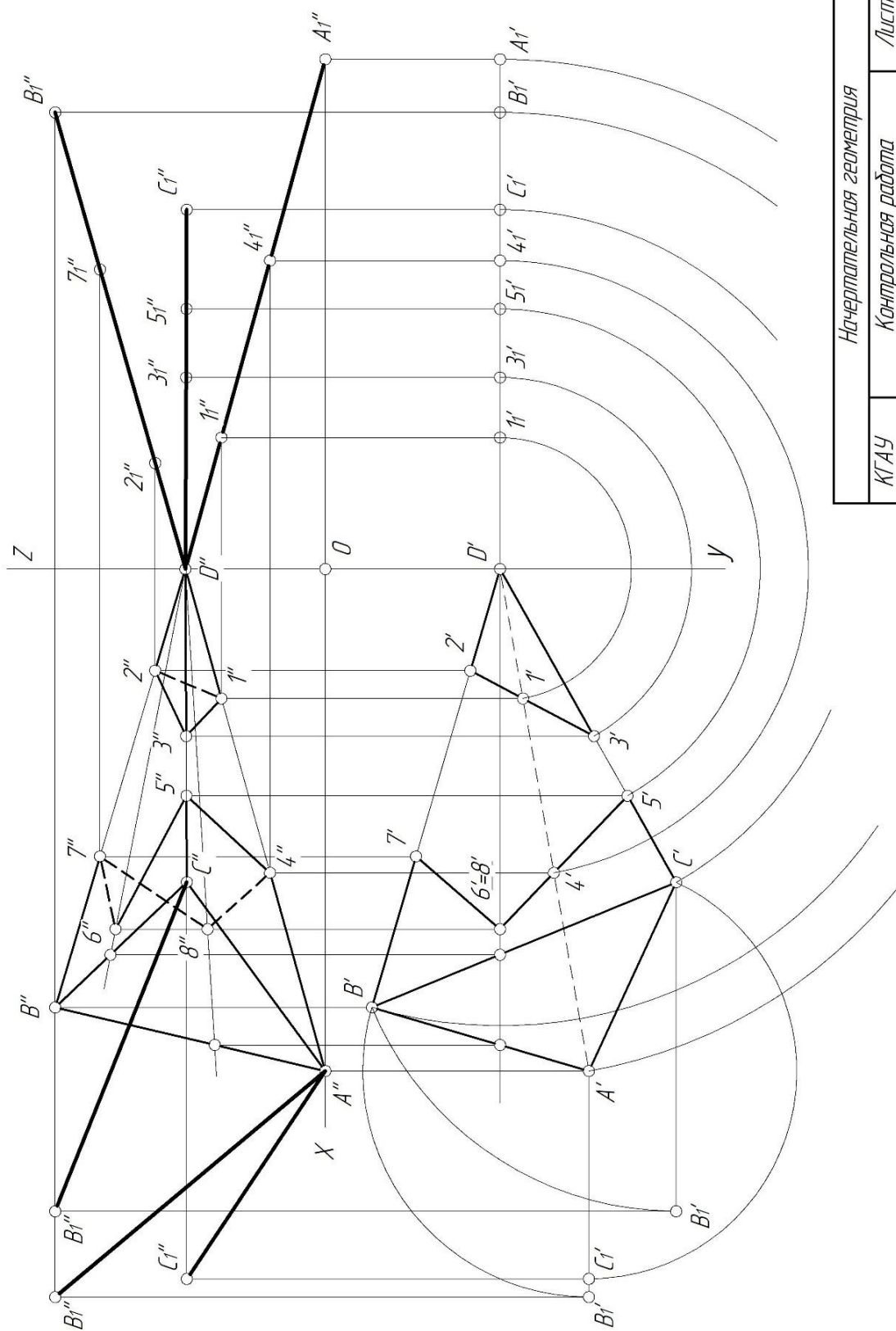
в) соединяют фронтальную проекцию точки D (D'') с фронтальной проекцией нового положения A (A_1''). Отрезок $D''A_1''$ является натуральной величиной ребра DA .

г) аналогично определяют натуральные величины остальных ребер пирамиды.

Примерные контрольные вопросы по задаче 4:

1. Назовите способы определения натуральной величины заданного отрезка.
2. В каком случае прямая проецируется на плоскость проекции в натуральную величину?
3. Как определяется натуральная величина заданного отрезка способом вращения вокруг проецирующей прямой?
4. В чем заключается суть способа плоскопараллельного перемещения?
5. В чем заключается суть способа замены плоскостей?

Задача 4



Начертательная геометрия

Контрольная работа

Лист 3

Иванов ИИ

МЗ08346

Рисунок 6 - Пример выполнения листа №3 контрольной работы №1

ЛИСТ №4

Задача 5. Задание:

1. Построить развёртки пересекающихся многогранников прямой призмы с пирамидой, представленных на листе №2 (задача 3).

2. Показать на развёртках линию пересечения прямой призмы с пирамидой.

Пример выполнения листа №4 приведен на рисунке 7.

Указания к решению задачи 5:

1. Развёртка прямой призмы. Построение развёртки прямой призмы проводится следующим образом:

а) проводят горизонтальную прямую;

б) от произвольной точки G этой прямой откладывают отрезки GU , UE , EK , KG , равные длинам сторон основания призмы;

в) из точек G , U , ... восстанавливают перпендикуляры и на них откладывают величины, равные высоте h призмы. Полученные точки соединяют прямой. Прямоугольник GG_1G_1G является разверткой боковой поверхности призмы. Для указания на развертке граней призмы из точек U , E , K восстанавливают перпендикуляры;

г) для получения полной развертки поверхности призмы к развертке поверхности пристраивают многоугольники ее оснований.

Для построения на развертке линии пересечения призмы с пирамидой замкнутых ломаных линий $1\ 2\ 3$ и $4\ 5\ 6\ 7\ 8$ проводятся вертикальные прямые.

Например, определение положения точки 1 на развертке производится следующим образом: на отрезке GU от точки G вправо откладывают отрезок G_{10} , равный отрезку G_1 (рисунок 5).

Из точки I_0 восстанавливают перпендикуляр к отрезку GU и на нем откладывают аппликату Z точки 1 . Аналогично строят и находят остальные точки.

2. Развёртка пирамиды:

а) определяют натуральные величины каждого из ребер пирамиды (задача 4);

б) определяют последовательно натуральные величины граней пирамиды;

в) на ребрах и на гранях пирамиды (на развёртке) определяют вершины пространственной ломаной пересечения пирамиды с призмой.

Все вспомогательные построения на развёртках необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 5:

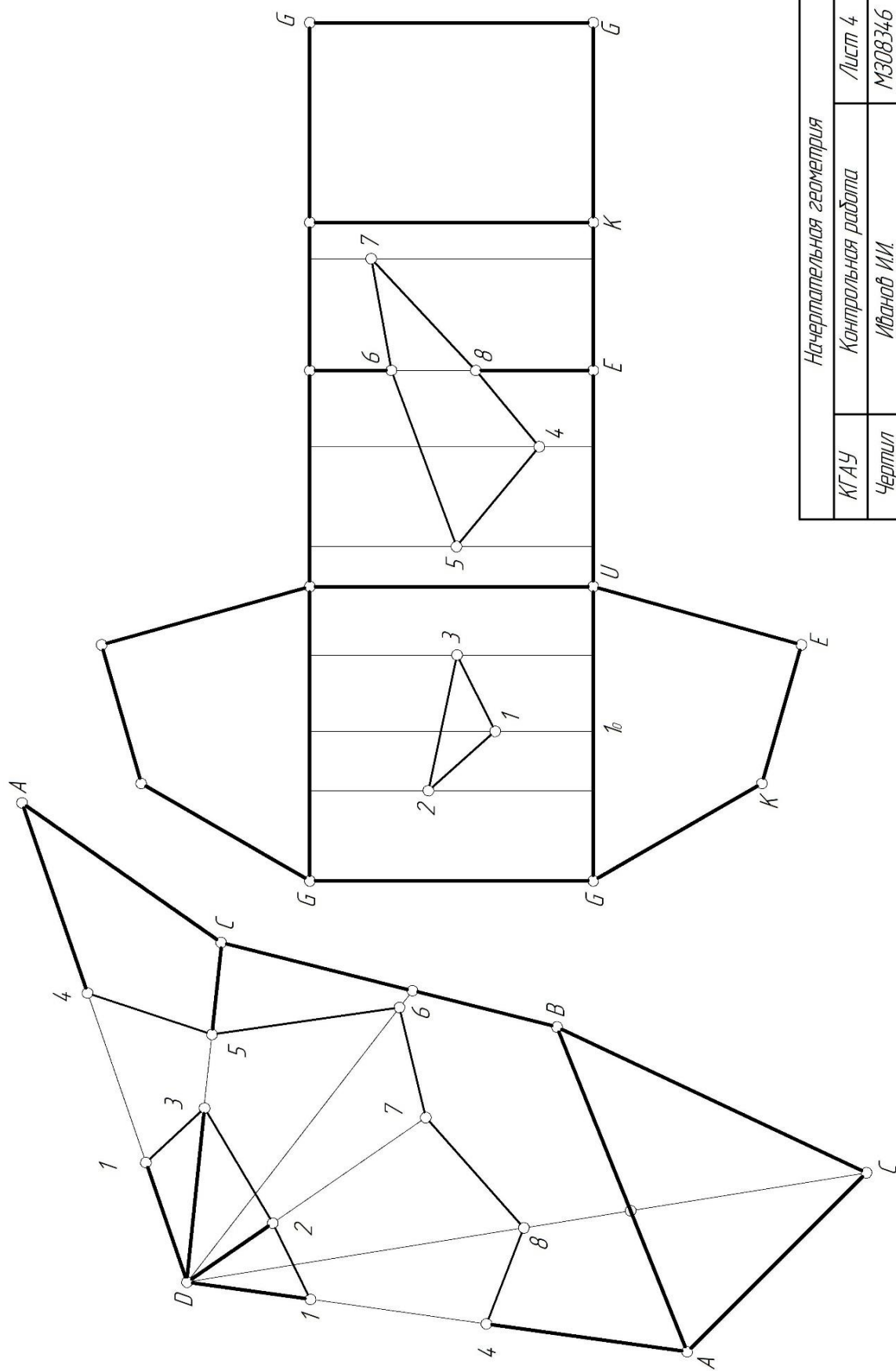
1. Что такое развертка поверхности?

2. Назовите виды разверток поверхностей.

3. К каким видам относятся развертки многогранников?

4. Назовите способы построения разверток многогранников.

Задача 5



Начертательная геометрия		
КГАУ	Контрольная работа	Лист 4
Чертил	Иванов ИИ.	М308346

Рисунок 7 - Пример выполнения листа №4 контрольной работы №1

ЛИСТ №5

На листе №5 выполняются задачи 6 и 7, пример выполнения которых приведен на рисунке 8.

Задача 6. *Даны:* координаты центра основания конуса вращения (точка K), его высота h и радиус R окружности основания, а также координаты точек A , B и C .

Задание: Построить линию пересечения конуса вращения с плоскостью ABC общего положения.

Данные для своего варианта взять из таблицы 4.

Таблица 4 - Данные к задаче 5 (координаты и размеры, мм)

№ варианта	X_K	Y_K	Z_K	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B	X_C	Y_C	Z_C	R	h
1	78	72	0	10	50	62	46	30	62	82	125	10	45	100
2	78	72	0	82	125	10	10	50	62	46	30	62	45	100
3	80	72	0	46	30	62	82	125	10	10	50	62	45	100
4	80	70	0	10	50	62	82	125	10	46	30	62	45	100
5	78	70	0	46	30	62	10	50	62	82	125	10	44	102
6	80	72	0	45	30	60	10	50	60	80	125	8	45	98
7	80	68	0	46	28	60	10	48	60	80	126	0	45	98
8	82	68	0	47	28	65	10	50	65	82	126	6	45	98
9	82	68	0	48	28	65	10	562	65	84	128	6	43	98
10	82	68	0	49	30	66	12	48	66	84	130	5	44	102
11	80	66	0	50	30	64	12	46	64	85	128	4	43	102
12	80	66	0	44	32	60	12	52	60	85	132	5	43	102
13	80	66	0	44	30	60	15	50	60	86	132	5	42	102
14	82	65	0	45	30	62	15	48	62	86	130	5	42	102
15	82	65	0	45	32	62	15	48	62	84	135	0	42	100
16	84	65	0	45	28	66	10	50	66	84	135	0	43	100
17	84	64	0	45	30	66	10	52	66	85	136	5	44	100
18	86	64	0	44	30	65	14	52	65	88	136	4	44	100

Указания к решению задачи 6:

1. В левой половине листа №5 намечаются оси координат.
2. Из таблицы 4 согласно своему варианту берутся величины, которыми задаются поверхность конуса вращения и плоскость ABC .

Точка K определяет центр окружности радиусом R основания конуса вращения. Величина h определяет вершину конуса вращения.

По координатам точек A , B , C задается секущая плоскость общего положения.

3. Строится линия пересечения конуса вращения с плоскостью общего положения.

В целях облегчения построения линии пересечения следует преобразовать заданную плоскость общего положения в плоскость частного положения. Для этого применяется способ замены плоскостей проекции. Преобразование производится следующим образом:

а) выбирается дополнительная система Π_3/Π_1 плоскостей проекций так, чтобы секущая плоскость общего положения преобразовалась в проецирующую;

б) на дополнительной плоскости Π_3 строятся проекции конуса вращения и секущей плоскости. В этом случае линия сечения (эллипс) проецируется на дополнительную плоскость проекций Π_3 в виде отрезка прямой на следе этой плоскости;

в) на проекции линии сечения на плоскости Π_3 отмечаются характерные точки сечения, по которым строятся основные ее проекции.

Все вспомогательные построения на развёртке необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 6:

1. Какие плоскости называются плоскостями общего положения?
2. В каком случае плоскость занимает проецирующее положение?
3. Какие поверхности относятся к поверхностям вращения?
4. Какие фигуры сечения можно получить при пересечении конуса вращения с плоскостями, занимающими различное положение?
5. Как строятся проекции точек на дополнительной плоскости проекции?

Задача 7. *Даны:* координаты центра основания конуса вращения (точка K), его высота h и радиус R окружности основания, а также координаты центра цилиндра вращения (точка E) и радиус R_1 окружности его основания.

Задание: Построить линию пересечения конуса вращения с цилиндром вращения. Оси поверхностей вращения - взаимно перпендикулярные проецирующие скрещивающиеся прямые.

Данные для своего варианта взять из таблицы 5.

Таблица 5 - Данные к задаче 6 (координаты и размеры, мм)

№ варианта	X_K	Y_K	Z_K	R	h	X_E	Y_E	Z_E	R_I
1	80	70	0	45	100	50	70	32	35
2	80	70	0	45	100	50	70	32	30
3	80	72	0	45	100	53	72	32	32
4	80	72	0	45	100	60	72	35	35
5	70	70	0	44	102	50	70	32	32
6	75	70	0	45	98	65	70	35	35
7	75	70	0	45	98	70	70	35	35
8	75	72	0	45	98	75	72	35	35
9	75	72	0	43	98	80	72	35	35
10	75	75	0	44	102	50	75	35	35
11	80	75	0	43	102	85	75	36	36
12	80	75	0	43	102	85	75	40	35
13	80	75	0	42	102	80	75	40	35
14	80	70	0	42	102	80	70	40	32
15	80	70	0	42	100	75	70	40	32
16	70	72	0	43	100	75	72	42	32
17	70	72	0	44	100	70	72	40	32
18	70	74	0	44	100	70	74	36	32

Указания к решению задачи 7:

1. В правой половине листа №5 намечают оси координат.

2. Из таблицы 5 согласно своему варианту берутся величины, которыми задаются поверхности конуса вращения и цилиндра вращения.

Точка K определяет центр окружности радиусом R основания конуса вращения. Величина h определяет вершину конуса вращения.

Осью цилиндра вращения является фронтально-проецирующая прямая, проходящая через точку E .

Основаниями цилиндра являются окружности радиуса R_I .

Образующие цилиндра имеют длину, равную $3 \cdot R_I$, и делятся пополам фронтальной меридиональной плоскостью конуса вращения.

3. На фронтальной плоскости проекции определяются точки пересечения очерковых образующих конуса вращения с параллелью (окружностью) проецирующего цилиндра (точки $1''$ и $6''$ на рисунке 7). Определяются горизонтальные проекции этих точек.

4. Для определения двух точек пересечения очерковых образующих цилиндра с поверхностью конуса, через ось цилиндра вращения проводится вспомогательная горизонтальная секущая плоскость уровня (точки 3'' на рисунке 7). Определяются горизонтальные проекции этих точек.

5. Определяются промежуточные точки линии пересечения двух поверхностей с помощью вспомогательных горизонтальных секущих плоскостей уровня.

6. По точкам строят линию пересечения поверхности конуса вращения с цилиндром вращения и устанавливают ее видимость в проекциях.

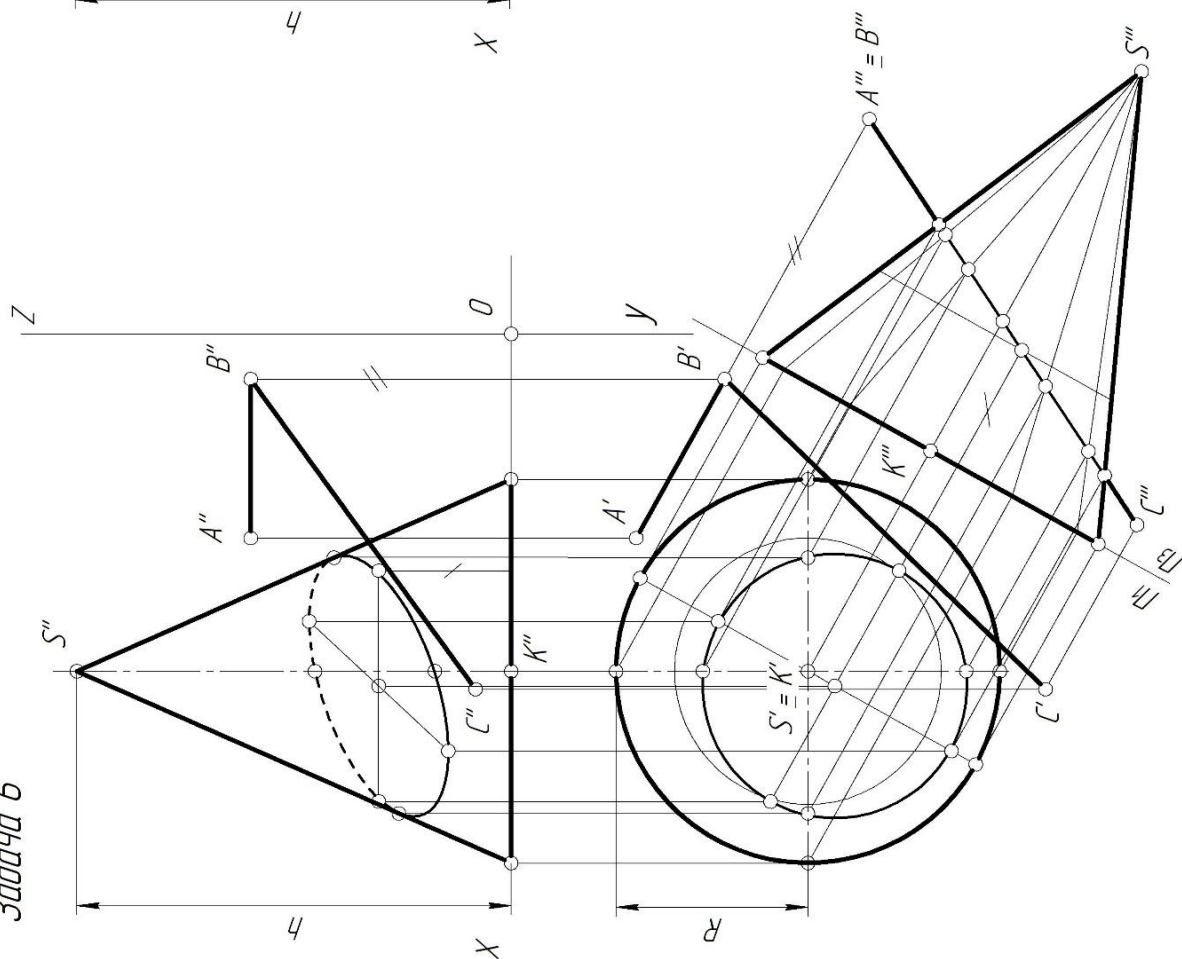
Все вспомогательные построения на развёртке необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями.

Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

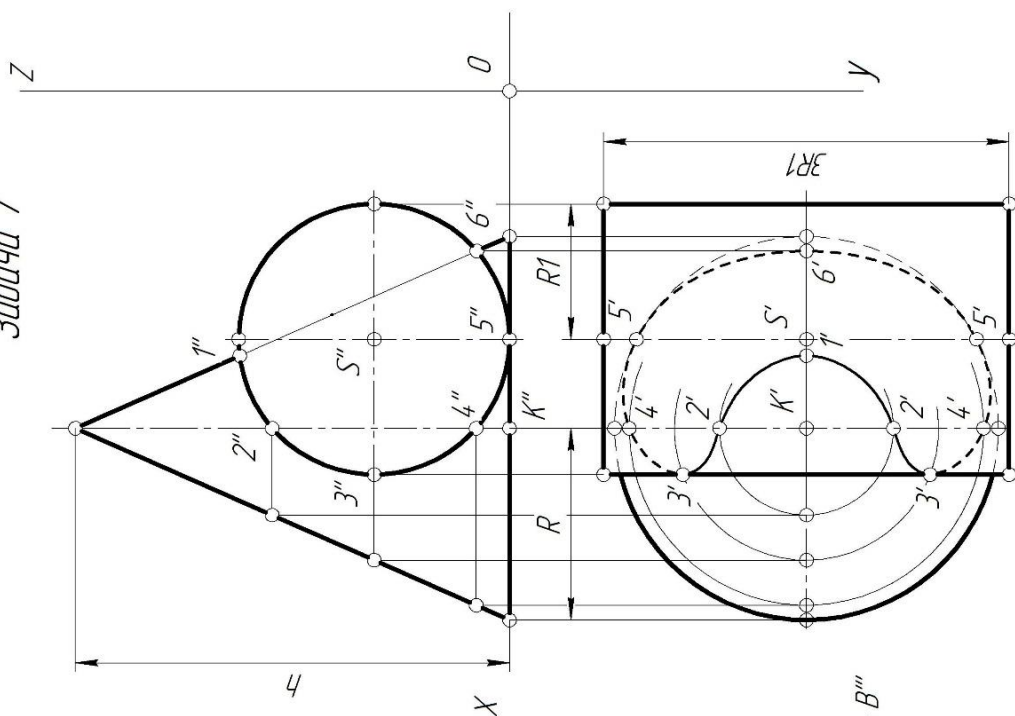
Примерные контрольные вопросы по задаче 7:

1. Как образуются поверхности вращения?
2. Что из себя представляет линия пересечения двух поверхностей вращения?
3. Как строится линия пересечения поверхностей вращения?
4. В каком случае поверхность вращения занимает проецирующее положение?
5. Что такое очерк поверхности?

Задача 6



Задача 7



Начертательная геометрия		
КГАУ	Контрольная работа	Лист 5
Чертил	Иванов ИИ.	М308346

Рисунок 8 - Пример выполнения листа №5 контрольной работы №1

Задача 8. Задание:

1. Построить развёртки пересекающихся цилиндра вращения с конусом вращения, представленных на листе №5 (задача 7).

2. Показать на развёртках линии их пересечения.

Пример выполнения листа №6 приведен на рисунке 9.

Указания к решению задачи 8:

1. Развертка цилиндра вращения.

Построение развёртки цилиндра вращения проводится следующим образом:

а) выбирают горизонтальную прямую линию и на ней спрямляют линию нормального сечения цилиндра вращения - окружность радиуса R_1 ;

б) строят развёртку боковой поверхности цилиндра;

в) на развёртке помечают прямолинейные образующие, проходящие через характерные точки пересечения цилиндра с конусом. Эти точки отмечают на соответствующих образующих. Они определяют линию пересечения поверхностей на развёртке.

г) для получения полной развёртки цилиндра вращения к его боковой поверхности пристраивают основания - окружности радиуса R_1 .

2. Развертка конуса вращения.

Построение развёртки конуса вращения проводится следующим образом:

а) строят развёртку поверхности конуса вращения. Для этого проводится круговой сектор с центральным углом $\alpha = 360 \cdot R/L$, где R - радиус окружности основания конуса вращения; L - длина образующей;

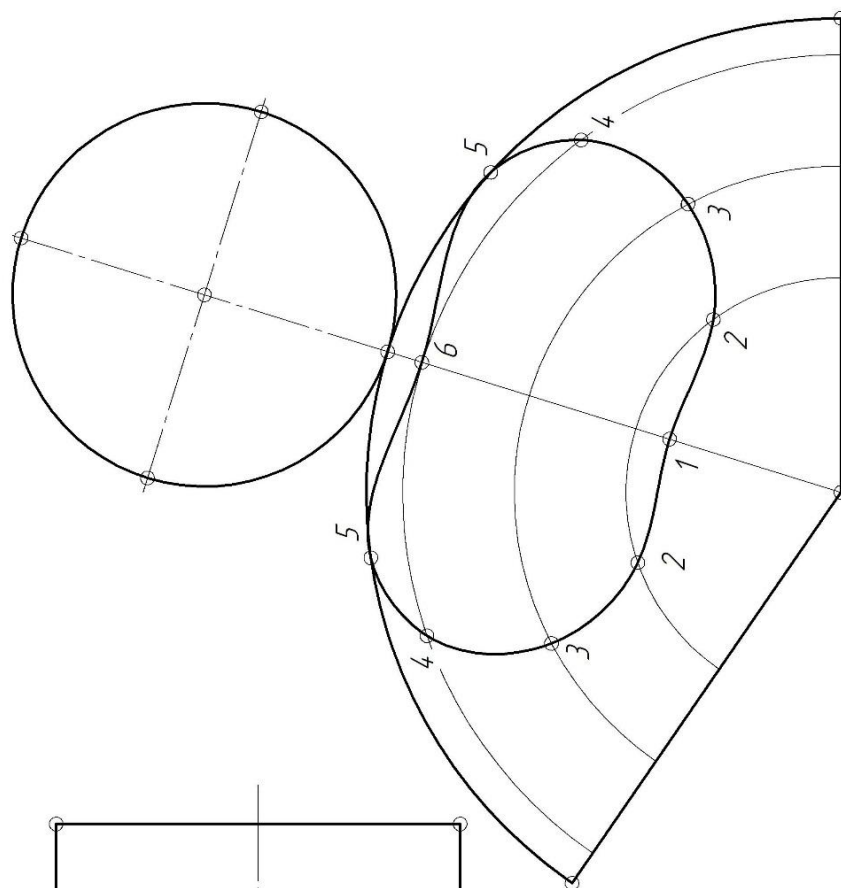
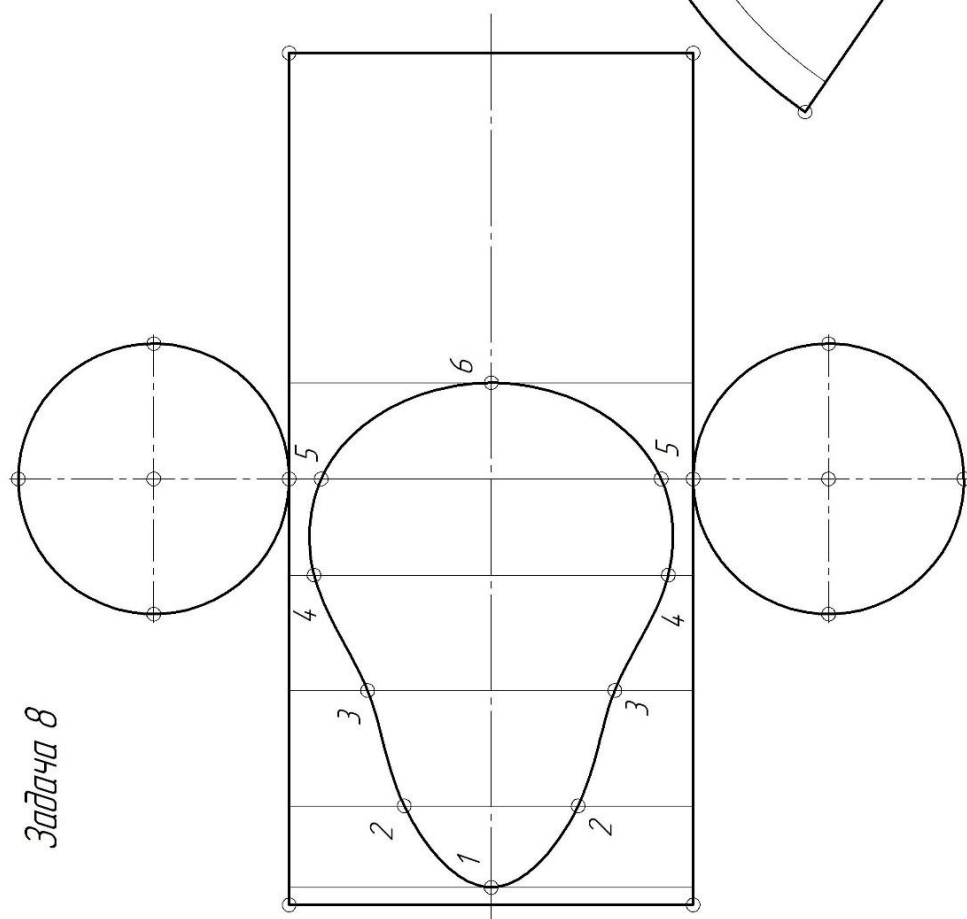
б) на развёртке конуса вращения строят прямолинейные образующие или параллели, проходящие через характерные точки линий пересечения конуса вращения с цилиндром вращения. Через такие точки проходят линии пересечения поверхностей в преобразовании (на развёртке).

Все вспомогательные построения на развёртках необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 8:

1. Назовите назначение разверток поверхностей.
2. К каким видам относятся развертки поверхностей вращения?
3. Назовите способы построения разверток поверхностей вращения.
4. Какой способ построения развертки применялся при выполнении задания?
5. Как строится линия пересечения на развертках?

Задача 8



Начертательная геометрия		
КГАУ	Контрольная работа	Лист 6
Чертил	Иванов ИИ.	М308346

Рисунок 9 - Пример выполнения листа №6 контрольной работы №1

ЛИСТ №7

На листе №7 выполняются задачи 9 и 10, пример выполнения которых приведен на рисунке 10.

Задача 9. Даны: координаты точек K и E , радиус производящей окружности тора R_I , а также радиус r цилиндра вращения.

Задание: Построить линию пересечения фронтально-проецирующего цилиндра вращения с поверхностью открытого тора (кольцо).

Данные для своего варианта взять из таблицы 6.

Таблица 6 - Данные к задаче 8 (координаты и размеры, мм)

№ варианта	X_K	Y_K	Z_K	R_I	X_E	Y_E	Z_E	r
1	66	66	0	38	48	66	49	32
2	67	67	0	38	47	67	48	32
3	65	65	0	40	46	65	47	33
4	68	65	0	40	45	65	46	34
5	65	65	0	38	49	65	50	34
6	70	65	0	40	44	65	51	35
7	67	67	0	38	43	67	52	35
8	68	68	0	39	42	68	53	63
9	69	65	0	39	50	65	54	36
10	68	66	0	37	51	66	55	38
11	65	64	0	37	52	64	56	38
12	65	66	0	40	54	66	58	37
13	65	66	0	40	54	66	58	36
14	65	70	0	36	55	70	50	37
15	65	70	0	36	56	70	52	32
16	66	70	0	37	57	70	53	33
17	68	70	0	38	58	70	51	34
18	68	70	0	39	59	70	49	34

Указания к решению задачи 9:

1. В левой половине листа №7 намечают оси координат.
2. Из таблицы 6 берут согласно своему варианту величины, которыми задаются поверхности цилиндра и тора (кольца).

Осью тора является координатная ось Y , радиус (расстояние от центра производящей окружности до оси вращения) осевой линии тора $R = 60$ мм, а радиус производящей окружности R_1 . Тор ограничен двумя координатными плоскостями XOY и YOZ ; точка K - центр производящей окружности радиусом R_1 в плоскости XOY .

Осью цилиндра вращения радиусом r является фронтально-проецирующая прямая, проходящая через точку E . Образующие цилиндра имеют длину, равную $3r$, и делятся пополам фронтальной плоскостью осевой линии тора (окружности радиуса R).

Тор имеет три системы круговых сечений. Одна система таких сечений находится в плоскостях, перпендикулярных оси вращения, другая - в проецирующих плоскостях, вращающихся вокруг этой оси.

3. Строится линия пересечения поверхностей. Для этого:

- а) определяются опорные точки линии пересечения.

Таковыми точками являются точки пересечения очерковых образующих одной поверхности с другой поверхностью;

- б) определяются промежуточные точки линии пересечения.

Поскольку, в нашем случае, цилиндр вращения занимает проецирующее положение, то его фронтальная проекция (окружность) является фронтальной проекцией искомой линии пересечения. Поэтому, задача сводится к определению недостающих (горизонтальных) проекций точек линии пересечения заданных поверхностей. Такие точки определяют с помощью секущих фронтальных плоскостей уровня. Среди них должны быть и точки, в которых линия пересечения поверхностей переходит от видимой части к невидимой.

4. Построив линию пересечения поверхностей и установив ее видимость, а также установив видимость других линий поверхностей, производят окончательную обводку чертежа.

Все вспомогательные построения на развёртке необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 9:

1. Как образуются торовые поверхности?
2. Назовите виды торовых поверхностей.
3. К каким видам относятся развертки торовых поверхностей?
4. Назовите способы построения разверток торовых поверхностей.

Задача 10. Даны: координаты точек K и E , радиус R , а также угол σ .

Задание: Построить линию пересечения закрытого тора с поверхностью наклонного цилиндра вращения. Заданные поверхности имеют общую фронтальную плоскость симметрии

Данные для своего варианта взять из таблицы 7.

Таблица 7 - Данные к задаче 9 (координаты и размеры, мм)

№ варианта	X_K	Y_K	Z_K	X_E	Y_E	Z_E	R	σ
1	70	70	0	70	70	40	50	60
2	70	70	0	70	70	40	55	60
3	70	70	0	70	70	38	56	65
4	70	70	0	70	70	38	55	70
5	65	70	0	65	70	35	51	75
6	65	72	0	65	72	35	50	60
7	66	72	0	66	72	35	52	80
8	68	74	0	68	74	34	51	75
9	68	74	0	68	74	34	52	60
10	70	75	0	70	75	36	53	65
11	72	75	0	72	75	35	54	75
12	64	76	0	64	76	36	55	60
13	68	76	0	68	76	35	55	45
14	70	70	0	70	70	35	55	60
15	70	72	0	70	72	35	55	60
16	72	70	0	72	70	35	52	50
17	75	74	0	75	74	36	52	60
18	74	76	0	74	76	36	53	55

Указания к решению задачи 10:

1. В правой половине листа №7 намечают оси координат.

2. Из таблицы 7 согласно своему варианту берут заданные величины, которыми определяются поверхности тора и цилиндра вращения.

Точка E является точкой пересечения вертикальной оси тора с наклонной осью цилиндра вращения. Радиус цилиндра вращения равен $r = 2 \cdot R / 3$.

Главным меридианом поверхности тора является замкнутая линия, состоящая из двух пересекающихся на оси вращения дуг окружностей радиуса $2 \cdot R$ и отрезка прямой - проекции экваториальной параллели, представляющей собой окружность с центром в точке K и радиусом R , в плоскости уровня XOY . Ось цилиндра вращения пересекается с осью поверхности тора в точке E под углом σ . Основание цилиндра вращения касается профильной плоскости YOZ .

3. Строится линия пересечения поверхностей.

Для этого:

а) определяются опорные точки линии пересечения.

Таковыми точками являются точки пересечения фронтальных меридианов заданных поверхностей вращения.

б) определяются промежуточные точки линии пересечения.

Промежуточные точки линии пересечения поверхностей можно построить используя вспомогательные концентрические секущие сферы.

Из точки пересечения осей как из центра проводится сфера произвольного радиуса. Она пересекает обе поверхности по окружностям. Фронтальные поверхности окружностей изображаются отрезками прямых линий, которые пересекаются в точках, являющихся фронтальными проекциями точек искомой линии пересечения поверхностей. Изменяя радиус вспомогательной секущей сферы, можно получить последовательный ряд точек линии пересечения.

4. Построив линию пересечения поверхностей и установив ее видимость, а также установив видимость других линий поверхностей, производят окончательную обводку чертежа.

Все вспомогательные построения на развёртке необходимо сохранить и показать их тонкими сплошными линиями. Нанести все буквенные или цифровые обозначения.

Примерные контрольные вопросы по задаче 10:

1. Как образуются закрытый тор?

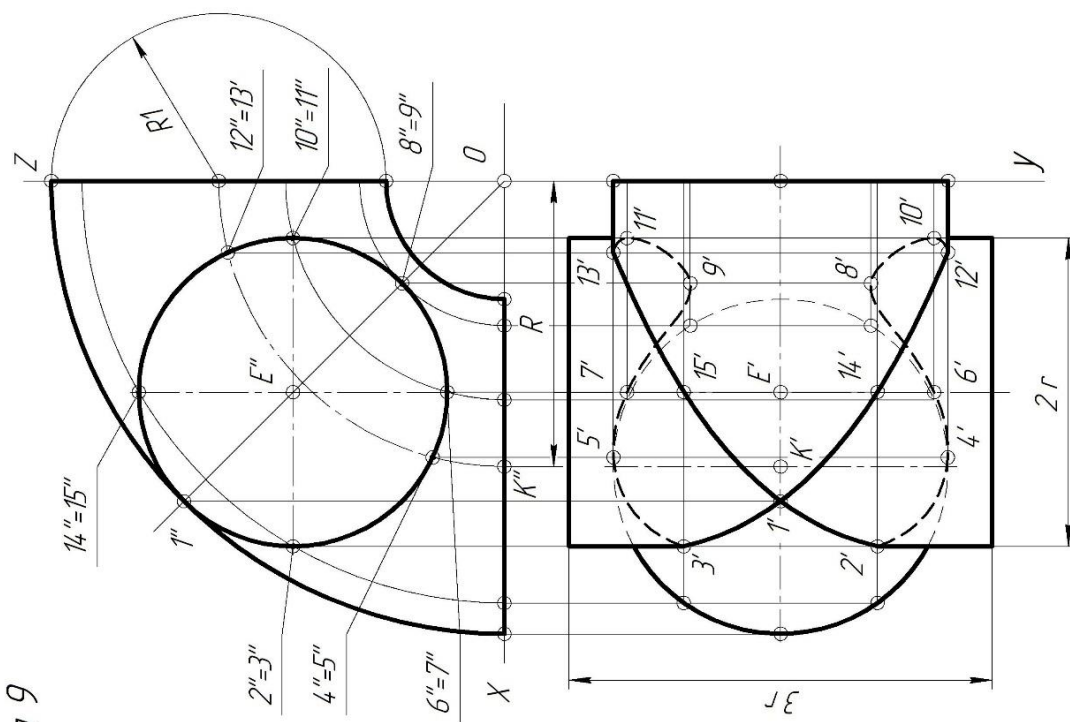
2. Назовите способы построения линии пересечения различных поверхностей.

3. Какой способ построения линии пересечения закрытого тора с цилиндрической поверхностью применялся при выполнении задания?

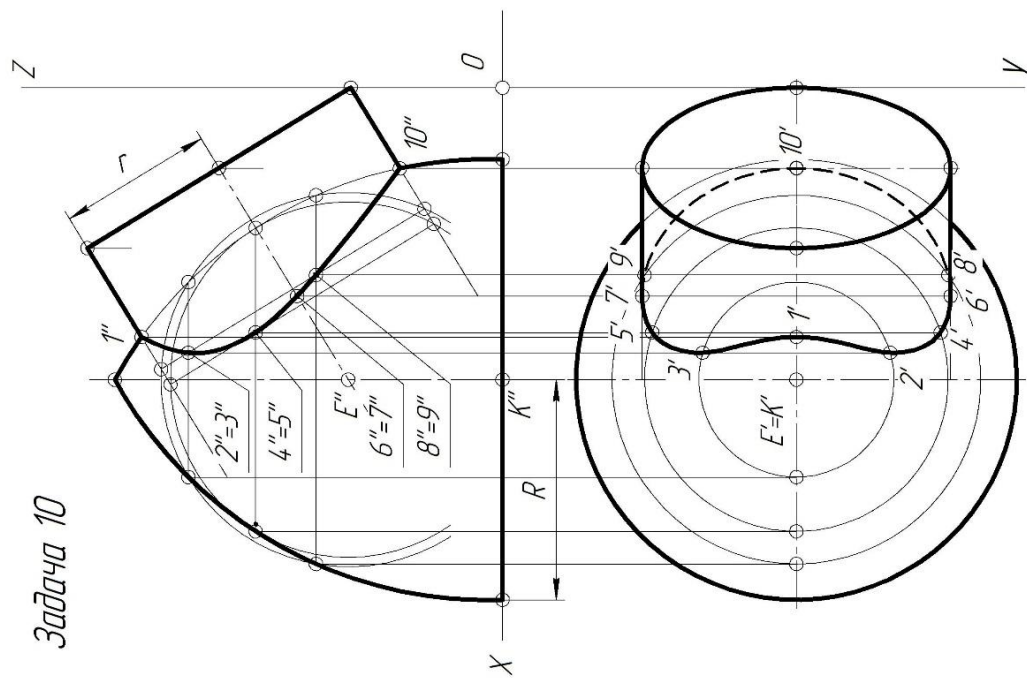
4. Назовите условия применения способа концентрических сфер.

5. Назовите условия применения способа эксцентрических сфер.

Задача 9



Задача 10



Начертательная геометрия	
КГАУ	Лист 7
Чертил	МЗ08346
Контрольная работа	
Иванов ИИ	

Рисунок 10 - Пример выполнения листа №7 контрольной работы №1

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ПО РАЗДЕЛУ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»

1. Комплексные чертежи точки, прямой и плоскости.
2. Следы прямой.
3. Взаимное положение двух прямых (прямые параллельные, пересекающиеся и скрещивающиеся).
4. Конкурирующие точки и определение видимости на чертеже.
5. Теорема о проецировании прямого угла.
6. Способы определения натуральной величины отрезка прямой и углов наклона ее к плоскостям проекций.
7. Способы определения расстояния от точки до прямой.
8. Взаимное положение прямой и плоскости.
9. Взаимное положение двух плоскостей.
10. Способы построения линии пересечения двух плоскостей.
11. Поверхность. Классификация поверхностей.
12. Возможные случаи пересечения криволинейных поверхностей.
13. Сечение цилиндра плоскостью.
14. Сечение конуса плоскостью.
15. Сечение шаровой поверхности плоскостью.
16. Теорема Монжа.
17. Теорема о двойном касании.
18. Пересечение поверхностей, одна из которых занимает проецирующее положение относительно плоскости проекций.
19. Пересечение поверхностей с плоскостью общего положения.
20. Частные случаи пересечения поверхностей.
21. Пересечение линии с поверхностью.
22. Построение разверток поверхностей.
23. Способы построения разверток многогранных поверхностей.
24. Способы построения разверток поверхностей вращения.
25. Поверхности вращения, очерки.
26. Кривые нелинейчатые поверхности. Торсовая поверхность.
27. Цилиндр с тремя направляющими.
28. Коноид с тремя направляющими.
29. Однополостный гиперболоид.
30. Гиперболический параболоид (косая плоскость).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко, И.Г. Начертательная геометрия. Начертательная геометрия и инженерная графика: учебник / И.Г. Борисенко, К.С. Рушелюк, А.К. Толстихин. — 8-е изд., перераб. и доп. — Красноярск: СФУ, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-7638-3757-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157538> (дата обращения: 04.03.2021).
2. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы (с Изменениями N 1, 2, 3). — Москва: Стандартинформ, 2007. — 4 с.
3. ГОСТ 2.302-68. Единая система конструкторской документации. Масштабы (с Изменениями N 1, 2, 3). — Москва: Стандартинформ, 2007. — 3 с.
4. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации. Линии (с Изменениями N 1, 2, 3). — Москва: Стандартинформ, 2007. — 8 с.
5. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные (с Изменениями N 1, 2). — Москва: Стандартинформ, 2007. — 22 с.
6. Егоров, А.Г. Основные правила оформления чертежей. Геометрические построения: учебное пособие / А.Г. Егоров. — Тольятти: ТГУ, 2019. — 59 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139695> (дата обращения: 04.03.2021).
7. Тончева, Н.Н. Начертательная геометрия и инженерная графика: учебно-методическое пособие: в 2 частях / Н.Н. Тончева. — Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019 — Часть 2: Инженерная графика — 2019. — 102 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159360> (дата обращения: 04.03.2021).
8. Сальков, Н.А. Начертательная геометрия: базовый курс: учебное пособие / Н.А. Сальков. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 184 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-005774-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007535> (дата обращения: 04.03.2021).
9. Сальков, Н.А. Начертательная геометрия. Основной курс: учеб. пособие / Н.А. Сальков. - М.: ИНФРА-М, 2019. — 235 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/764. - ISBN 978-5-16-006755-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007536> (дата обращения: 04.03.2021).
10. Фролов, С.А. Начертательная геометрия: учебник / С.А. Фролов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 285 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010480-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1120362> (дата обращения: 04.03.2021).

