

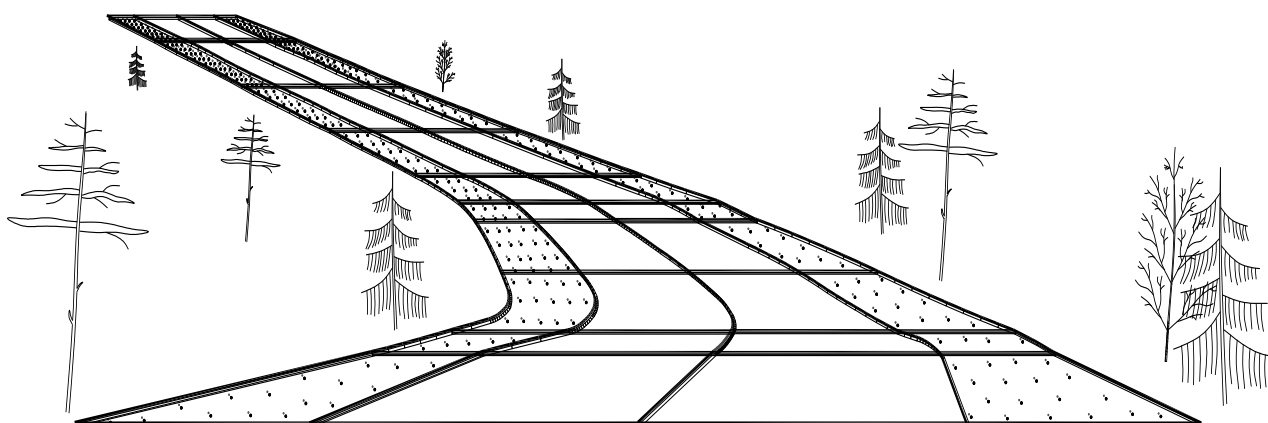
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

Методические указания к выполнению индивидуальных графических заданий по начертательной геометрии

*для студентов специальности 1-70 03 01
«Автомобильные дороги»
дневной и заочной форм обучения*



Брест 2012

УДК К 515(076.8)

Методические указания к выполнению индивидуальных графических заданий по начертательной геометрии для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги». Предназначены для индивидуальной работы студентов. Могут быть использованы на практических занятиях по начертательной геометрии.

Составители: Н.И. Кондратчик, к.т.н., доцент
Т.В. Шевчук, ст. преподаватель

Рецензент: и.о. заведующего кафедрой инженерной графики
УО «Белорусский национальный технический университет»
П.В. Зеленый

Учреждение образования

© «Брестский государственный технический университет», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Правила оформления и компоновки чертежей индивидуальных графических заданий.....	4
2. Темы, содержание и методические указания к выполнению индивидуальных графических заданий по разделу начертательной геометрии.....	5
2.1. Точка, прямая, плоскость	7
2.2. Преобразование проекций	9
2.3. Пересечение поверхностей. Развертки.....	12
2.4. Числовые отметки.....	16
2.5. Перспектива дорожного полотна.....	23
3. Методические рекомендации для подготовки к экзамену по начертательной геометрии.....	30
Список рекомендуемой литературы.....	32
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Начертательная геометрия – одна из учебных дисциплин, составляющих основу инженерного образования. Знание начертательной геометрии и умение применять ее методы к решению практических задач – необходимое условие подготовки инженеров в высших учебных заведениях Республики Беларусь.

Предметом начертательной геометрии, как и геометрии вообще, являются пространственные формы и их отношения.

Начертательную геометрию из геометрии в целом выделяют особенности применения ее методов, основанных на методе проецирования. Методы начертательной геометрии – графические методы. Начертательная геометрия является теоретической основой построения технических чертежей, которые представляют собой графические модели конкретных инженерных изделий, а в частности зданий и сооружений.

За последние годы круг задач, решаемых методами начертательной геометрии, значительно расширился. Ее универсальные и специальные методы находят широкое применение в системах автоматизированного проектирования, конструирования и технологии изготовления сложных технических объектов. В связи с этим начертательная геометрия в настоящее время приобретает все более созидательный, моделирующий, творческий характер.

Основная цель изучения начертательной геометрии в вузе – развитие конструктивно-геометрического мышления, способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства, практически реализуемых в виде чертежей конкретных пространственных объектов и зависимостей.

Изучение начертательной геометрии наряду с лекционными и практическими занятиями, самостоятельной работой студента с учебной литературой и решением задач, включает выполнение индивидуальных графических заданий. Преподаватель принимает работу с защитой ее исполнителем, что позволяет изучать предмет поэтапно и осуществлять текущий контроль знаний с помощью рейтинговой системы, внедренной на кафедре начертательной геометрии и инженерной графики.

Методические указания составлены в соответствии с утвержденной программой курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика» для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги".

1. Правила оформления и компоновки чертежей индивидуальных графических заданий

Индивидуальные графические задания по темам курса начертательной геометрии студенты выполняют на листах **чертежной** бумаги формата А3 (297 x 420 мм) в соответствии с ГОСТ 2.301-68. После защиты они сшиваются в альбом с титульным листом. Альбом зачтенных работ представляется экзаменатору в день экзамена.

Размер формата чертежа соответствует размеру контура листа чертежной бумаги. На нем определяется рабочее поле чертежа, которое получится, когда отложить с левой стороны 20 мм и с остальных сторон листа по 5 мм, а затем в правом нижнем углу выполнить основную надпись, как показано на рисунке 1.

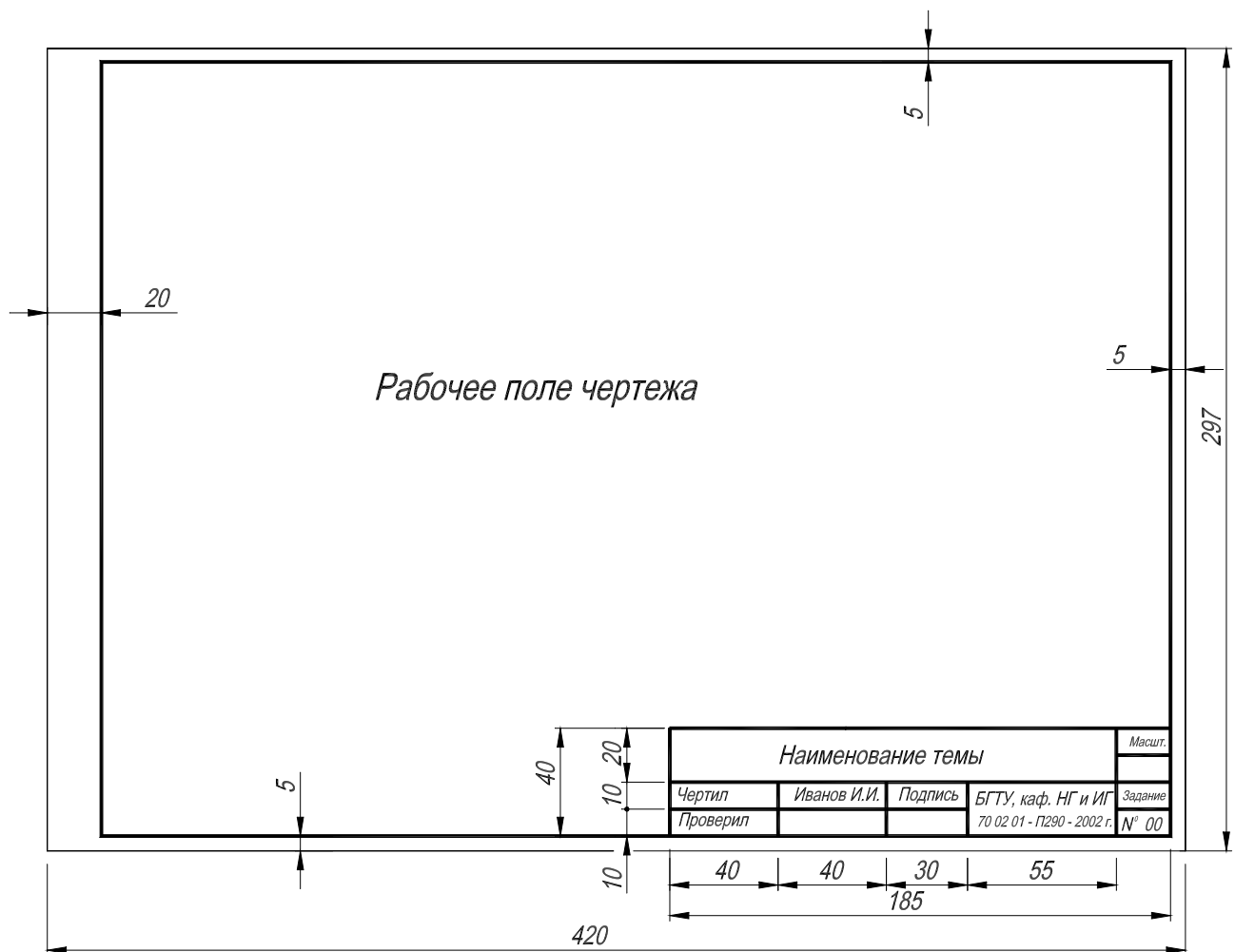


Рисунок 1 – Пример определения рабочего поля чертежа задания

Чертежи оформляются с помощью чертежных инструментов карандашом, при этом линии должны быть аккуратными и графически четкими. Толщина и тип линии выбираются из ГОСТ 2.303-68, при этом рекомендуется толщина $S = 0,8..1,0$ мм основной линии, $S/2$ для линий построения. Надписи на чертежах следует выполнять шрифтом согласно с ГОСТ 2.304-81. Для надписей на поле чертежа рекомендуются номера шрифта № 5 и 7, но не менее 3,5. Допускается оставлять вспомогательные линии, используемые для написания надписей.

По этой теме выполняется задание 1. Пример выполнения такого задания (см. рис. 2).

2. Темы, содержание и методические указания к выполнению индивидуальных графических заданий по разделу начертательной геометрии

Каждое графическое задание следует выполнять в следующей последовательности:

1. Изучить условие задачи. Проработать тему задания по конспекту и учебной литературе, список которой приведен в конце методических указаний. Решить предложенный объем в сборнике задач, а затем приступить к выполнению задания.

2. На листе формата А3 определить рабочее поле чертежа, как предложено на рис. 1, а затем, **продумав компоновку**, выполнить тонкими линиями условия задач, которые предстоит решить.

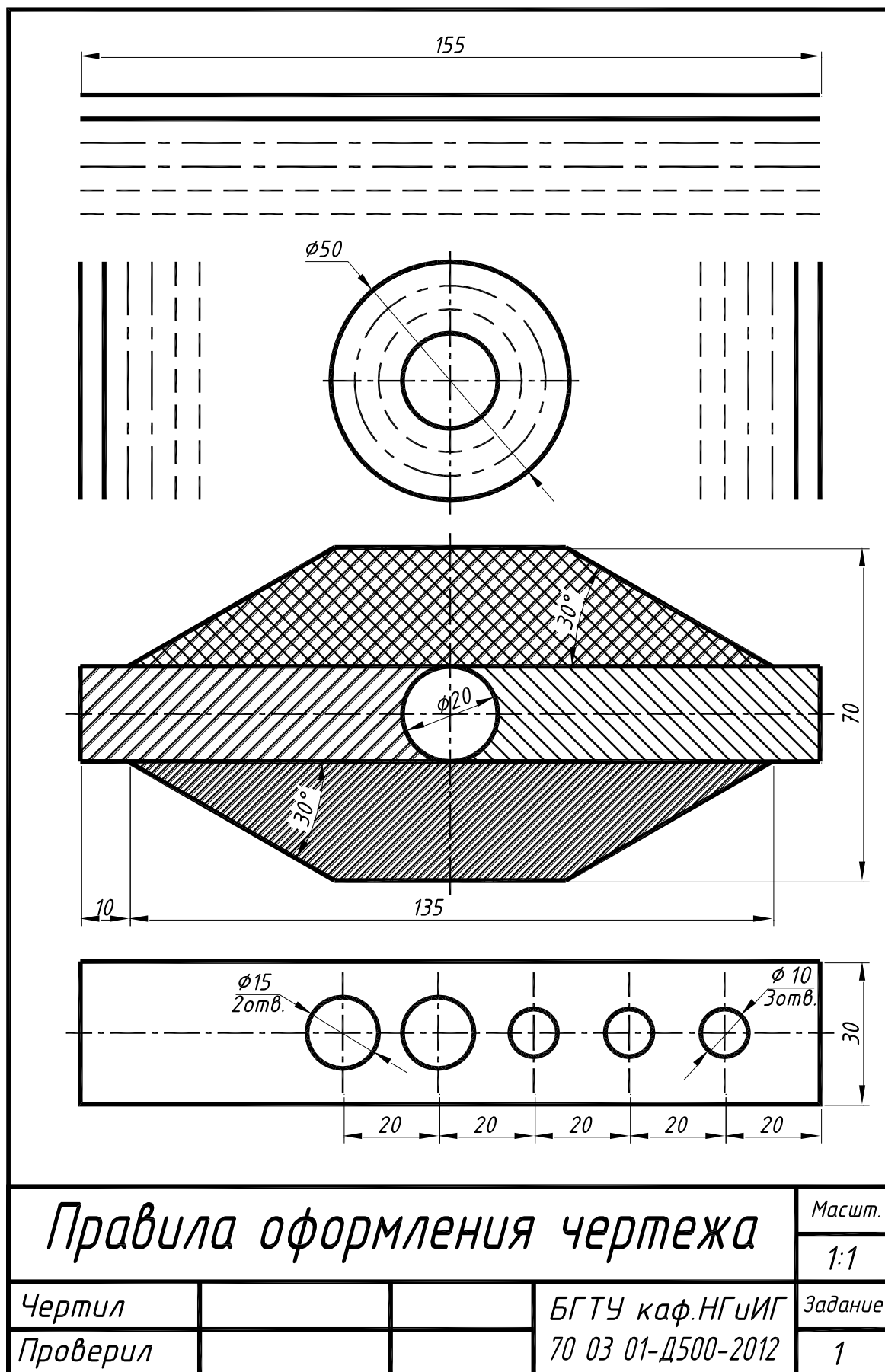


Рисунок 2 – Правила оформления чертежей

3. Решить задачи тонкими линиями. Выполнить все надписи, применив шрифт № 7 или № 5. Убедиться в том, что задачи решены верно и обвести чертеж в следующей последовательности: сплошной основной линией - условие задачи и результат решения, штриховой линией - невидимые участки геометрических объектов, сплошными тонкими линиями - построения по ходу решения и линии связи.

2.1. Точка, прямая, плоскость

Задание № 1. Тема: «Прямая и плоскость».

Решить задачи:

1. Построить $\triangle DMK$ с условием, что точка K симметрична точке D относительно плоскости $\triangle ABC$, а точка M лежит на прямой, параллельной $\triangle ABC$. Найти линию пересечения $\triangle DMK$ и $\triangle ABC$. Решить видимость на чертеже (см. рис. 3).
2. Определить угол наклона прямой AD (или другие варианты прямой, например DB , DC , AM , задаваемые преподавателем) к плоскости $\triangle ABC$ (см. рис. 4).

Цель задания: получить навыки решения задач по теме «Точка, прямая, плоскость».

Методические указания к решению задач

Задача 1. Дано: плоскость $\triangle ABC$ и точка D . (см. рис. 3).

Построить: $\triangle DMK$ с условием, что точка K симметрична D относительно плоскости $\triangle ABC$, а точка M лежит на прямой, параллельной $\triangle ABC$.

Найти: линию пересечения $\triangle DMK$ и $\triangle ABC$. Решить видимость треугольников на чертеже.

Для решения задачи нужно знать, что точка K , симметричная точке D относительно плоскости $\triangle ABC$, располагается на прямой, перпендикулярной данной плоскости. На чертеже прямая перпендикулярна плоскости, если ее горизонтальная проекция перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальной проекции фронтали. Кроме этого, следует знать, что прямая параллельна плоскости, если ее проекции параллельны **одноименным** проекциям прямой, принадлежащей плоскости. В решении задачи будет использован также алгоритм решения задачи по определению точки пересечения прямой с плоскостью (это основная задача начертательной геометрии).

Пример графического решения задачи 1 приведен на рисунке 3.

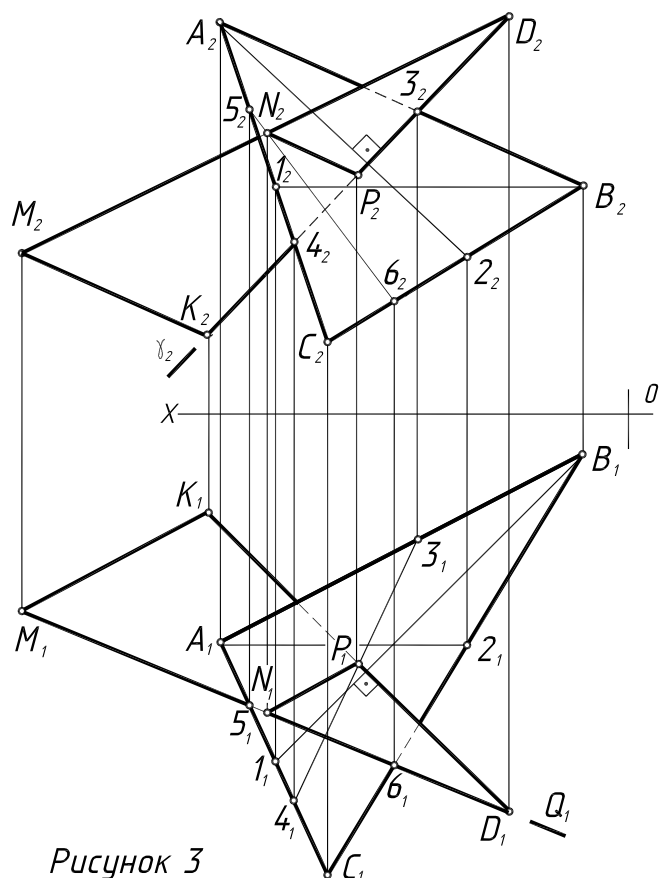


Рисунок 3

Алгоритм графического решения:

1. Проведем в ΔABC фронталь A_2 (на чертеже это проекции A_1a_1 и A_2a_2) и горизонталь B_1 (на чертеже это B_1b_1 и B_2b_2).
2. Проведем из D_2 фронтальную проекцию перпендикуляра, а из D_1 – горизонтальную. Рассмотрим это на рис. 3.
3. Определим основание перпендикуляра, для чего решим задачу по определению точки пересечения прямой с плоскостью ΔABC . С этой целью заключим перпендикуляр во фронтально-проецирующую плоскость γ , найдем линию ее пересечения с ΔABC (на чертеже это 3_1a_1 и 3_2a_2) и отметим проекции найденной точки $P(P_1$ и $P_2)$.
4. Построим проекции точки K , отложив величину DP от точки P по направлению перпендикуляра DK (на проекциях это $D_1P_1 = P_1K_1$ и $D_2P_2 = P_2K_2$).
5. Затем из точки K (на чертеже K_2 и K_1) проведем линию, параллельную стороне AB , на которой выберем произвольно точку M , выполнив таким образом ΔDMK , соответствующий условию задачи.
6. Найдем точку пересечения прямой DM с ΔABC . Для этого заключим сторону DM в горизонтально проецирующую плоскость Q и построим точку ее пересечения с ΔABC , решив основную задачу начертательной геометрии.
7. Решим видимость на чертеже, используя конкурирующие точки скрещивающихся прямых.

Задача 2. Дано: плоскость ΔABC и точка D .

Определить: действительную величину угла наклона прямой **DC** к плоскости **ΔABC** .

Действительная величина угла φ между прямой **DC** и плоскостью **ΔABC** определяется линейным углом между отрезком прямой **DC** и её проекцией на плоскость **ΔABC**.

Пример графического решения приведен на рисунке 4.

Алгоритм графического решения:

1. Проведем в ΔABC фронталь A_2 и горизонталь B_1 (на чертеже это $A_1 2_1$; $A_2 2_2$; $B_1 2_1$; $B_2 2_2$).
2. Построим из D_2 фронтальную проекцию перпендикуляра, а из D_1 - горизонтальную, так, как это показано на рисунке 4.
3. Определим основание перпендикуляра. Для этого решим задачу по определению точки пересечения прямой с плоскостью ΔABC . С этой

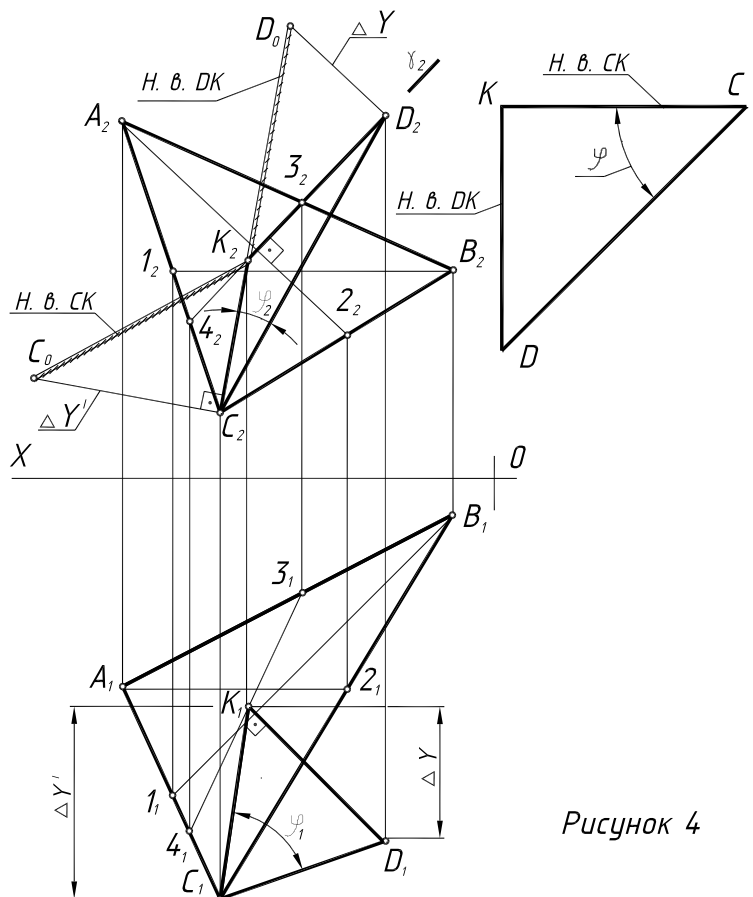


Рисунок 4

целью заключим перпендикуляр во фронтально-проецирующую плоскость γ , найдем линию ее пересечения с ΔABC (это $3_1 4_1$ и $3_2 4_2$) и отметим проекции найденной точки K (K_1 и K_2).

4. В прямоугольном ΔKDC искомый угол находится при вершине C . Чтобы его измерить, следует, определив действительную величину катетов способом «прямоугольного треугольника», построить дополнительно ΔKDC и измерить угол наклона DC к плоскости ΔABC .

2.2. Преобразование проекций

Задание № 3. Тема: «Преобразование проекций»

Решить задачи:

1. Определить расстояние от вершины пирамиды до основания способом замены плоскостей проекций.
2. Определить действительную величину грани пирамиды плоскопараллельным перемещением.
3. Определить действительную величину грани пирамиды вращением вокруг линии уровня.

Цель задания: научиться решать задачи по теме «Преобразование проекций».

Методические указания к решению задач

Задача 1. Дано: координаты вершин пирамиды $SABC$.

Определить: расстояние от вершины S пирамиды до основания ΔABC способом замены плоскостей проекций.

Расстояние от точки до плоскости измеряется величиной перпендикуляра, опущенного из точки S на плоскость ΔABC . Задачу следует решить способом замены плоскостей проекций.

Графическое решение задачи 1 приведено на рисунке 5.

Алгоритм графического решения:

1. Расстояние от вершины пирамиды S до основания на чертеже можно определить, если спроецировать ΔABC на новую плоскость так, что он займет проецирующее положение. Проведем в треугольнике ABC горизонталь B_1 (на чертеже это $B_1 1_1$ и $B_2 1_2$).

2. Выберем новую ось X_1 плоскости $\Pi_4 \perp$ горизонтальной проекции горизонтали $B_1 1_1$. Затем из каждой точки горизонтальной проекции пирамиды проведем линии связи и отложим на них от оси X_1 соответствующую координату Z каждой точки. Получим новую проекцию $\Delta A_4 B_4 C_4$ и точки S_4 .

3. Опустим из S_4 перпендикуляр и в основании отметим точку M_4 . Получим проекцию $S_4 M_4$, которая и является натуральной величиной расстояния от S до плоскости ΔABC .

4. Возвратим точку **M** в исходное условие задачи. Для этого проведем горизонтальную проекцию **SM** параллельно оси X_1 (так как знаем, что S_4M_4 - натуральная величина расстояния) и спроецируем на неё точку **M** (получим проекцию M_1). Фронтальную проекцию точки **M** получим, если на линии связи от оси X отложим расстояние от проекции M_4 до оси X_1 (это координата Z).

Задача 2. Дано: координаты вершин пирамиды **SABC**

Определить: действительную величину грани **SAB** пирамиды плоскопараллельным перемещением.

Действительную величину грани **SAB** можно определить, если расположить плоскость параллельно плоскости проекций. Для решения применим способ плоскопараллельного перемещения, при котором точки перемещаются в плоскостях, параллельных плоскостям проекций.

Графическое решение задачи 2 приведено на рисунке 6.

Алгоритм графического решения:

1. Проведем в грани **SAB** пирамиды фронталь **A1** (A_11_1 и A_21_2 на чертеже).
2. Действительную величину фронтали вместе с проекцией $S_2A_2B_2$ переместим так, чтобы A_21_2 заняла проецирующее положение (при этом геометрическая величина проекции не изменяется). Каждая точка перемещается без изменения координаты Y , т.е. в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций (следы этих плоскостей совпадают с линиями связи).
3. Определим горизонтальную проекцию треугольника в новом положении, который спроецировался в линию.

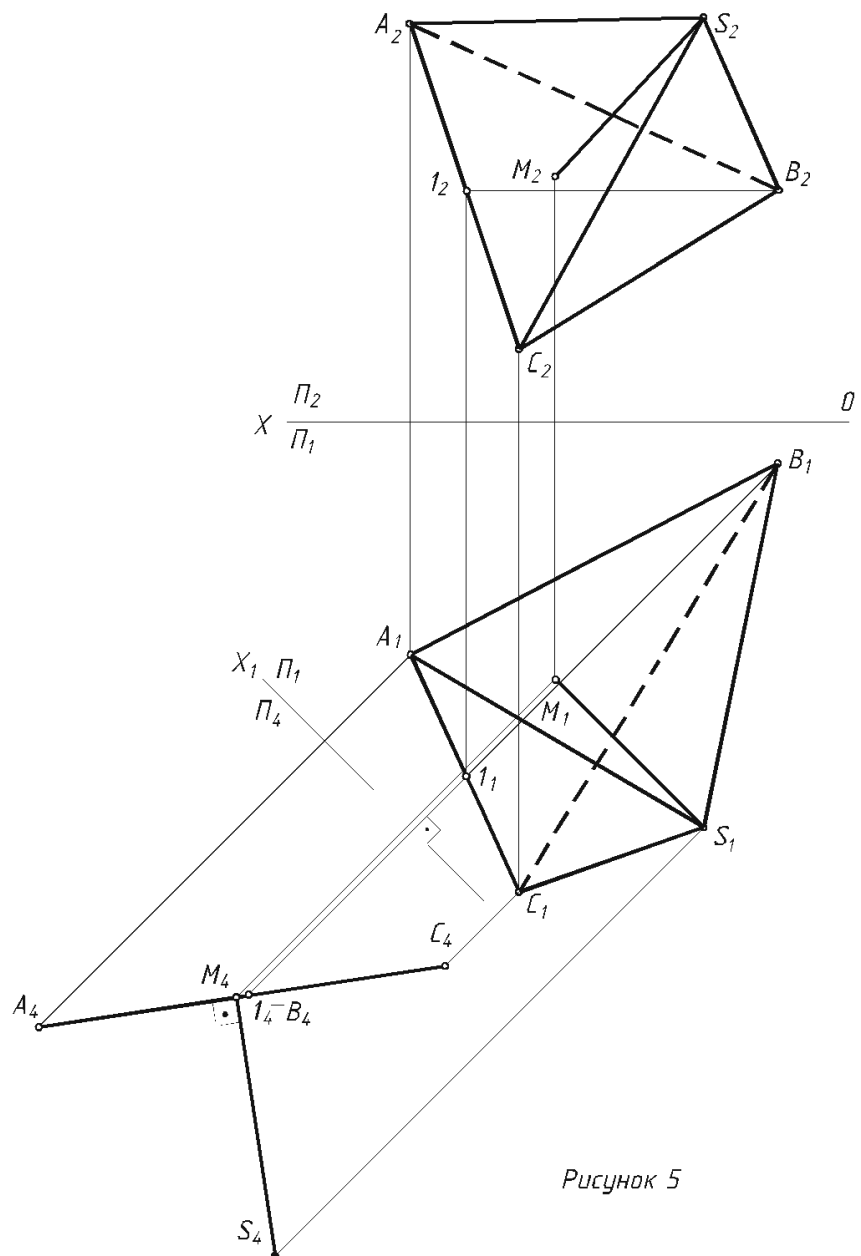


Рисунок 5

4. Выполним еще одно перемещение так, чтобы горизонтальная проекция **SAB** заняла положение фронтального уровня. При этом координата **Z** каждой точки не изменится. Найдем по линиям связи фронтальную проекцию, которая и будет натуральной величиной грани **SAB**.

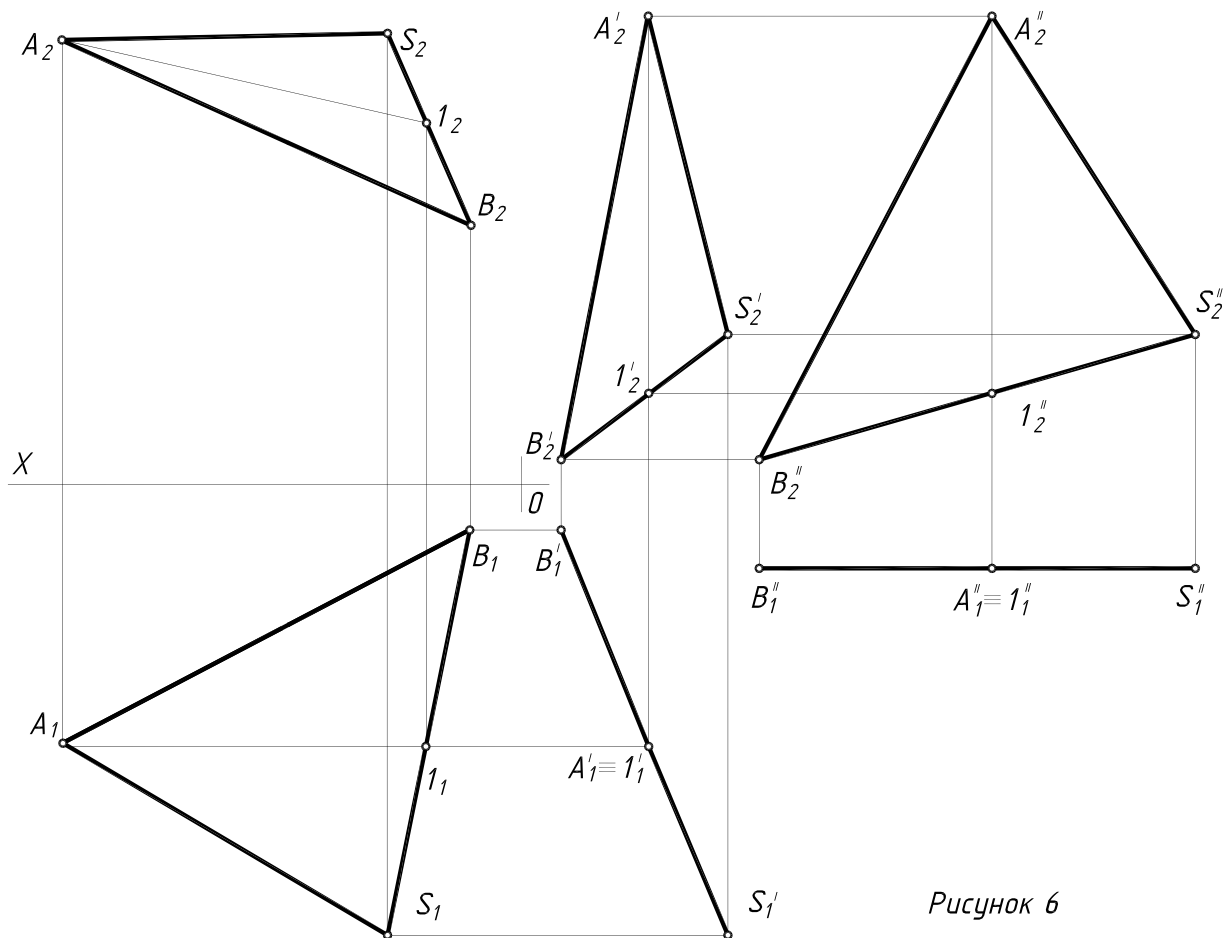


Рисунок 6

Задача 3. Дано: координаты вершин пирамиды **SABC**.

Определить: действительную величину грани пирамиды **SAB** вращением вокруг линии уровня.

Способ вращения вокруг линии уровня позволяет повернуть грань **SAB** так, чтобы она заняла положение уровня и спроецировалась в натуральную величину на одну из плоскостей проекций и одновременно на другую в виде линии, параллельной оси **X**.

Графическое решение задачи 3 приведено на рисунке 7.

Алгоритм графического решения:

1. Проведем в плоскости грани **SAB** фронталь **A1** (на чертеже это **A₁1₁** и **A₂1₂**), которую определим как ось вращения **i** (на чертеже это проекции **i₁** и **i₂**).
2. Построим плоскости вращения точек **S** и **B** перпендикулярно оси вращения. На чертеже это следы **W₂** и **G₂**, которые, пересекаясь с осью **i₂**, определяют центры вращения точек **S** и **B**.

3. Определим действительную величину радиуса вращения точки **S** способом прямоугольного треугольника, где получим **SO** в натуральную величину.

4. Отложим натуральную величину **SO** на фронтальной проекции **W₂** от **O₂**. Учитывая то, что при вращении точки **A** и **1** остаются на оси, проведем проекцию **S₀A₀B₀**, как показано на рисунке 7. Эта проекция является действительной величиной грани **SAB**.

2.3. Пересечение поверхностей. Сечение. Развертка

Задание 4. Тема: «Пересечение поверхностей. Сечение. Развертка»

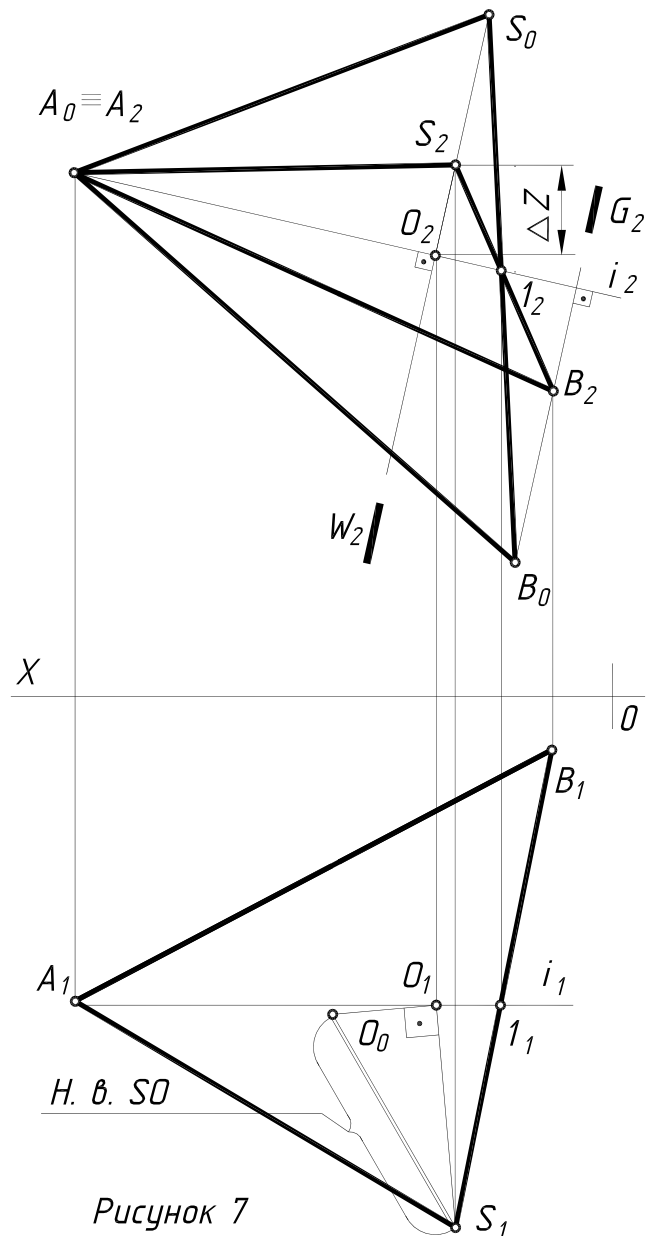
Решить задачи:

1. Построить три проекции линии пересечения заданных поверхностей способом секущих плоскостей и решить видимость на чертеже.

2. Построить сечение заданных поверхностей плоскостью и определить его действительную величину.

3. Построить полную развертку одной из заданных поверхностей и нанести линию пересечения заданных поверхностей.

Цель задания: научиться решать задачи по темам «Пересечение поверхности плоскостью. Пересечение поверхностей».



Методические указания

Для решения подобных задач применяется общий алгоритм:

1. Вводим **вспомогательную плоскость**-посредник, которая пересекает обе поверхности. Плоскость-посредник выбираем так, чтобы в пересечении с поверхностями образовались графически простые в построении линии сечения (окружность, многоугольник, прямая и др.)

2. Строим две линии пересечения посредника с каждой из заданных поверхностей.

3. Находим проекции точек взаимного пересечения найденных в п. 2 линий, которые принадлежат линии пересечения поверхностей.

4. Для определения нужного количества точек, принадлежащих линии пересечения поверхностей, решаем многократно задачу по п. 1, 2, 3.

У линии пересечения двух поверхностей различают опорные (характерные) и случайные точки. Характерные точки - это точки, расположенные на контурных образующих, на основании, наивысшая и наинизшая. Случайные или промежуточные точки позволяют точнее построить линию пересечения поверхностей.

Необходимо помнить, что построенные проекции линии пересечения всегда располагаются в **пределах площади наложения** одноименных проекций пересекающихся поверхностей.

Определение видимости линии пересечения выполняется отдельно для каждого участка, ограниченного точками видимости. При этом видимость всего участка совпадает с видимостью какой-нибудь случайной точки этого участка.

Задача 1. Построить три проекции линии пересечения заданных поверхностей способом секущих плоскостей и решить видимость на чертеже.

Алгоритм графического решения:

1. В качестве посредников выбираем плоскости горизонтального уровня. Такие посредники при пересечении с цилиндрической поверхностью дают прямоугольники, а с призматической поверхностью - шестиугольники.

2. Рассмотрим вспомогательную плоскость-посредник β , которая проведена параллельно Π_1 . Эта плоскость пересекает поверхность цилиндра, образуя прямоугольник, а поверхность призмы – шестиугольник, совпадающий с ее горизонтальной проекцией.

3. Отметим точки взаимного пересечения найденного прямоугольника и шестиугольника – это $4_1, 4_1', 5_1, 5_1'$, а затем отметим их же на фронтальной проекции и построим их профильную проекцию.

4. Аналогично найдем все остальные точки и соединим их так, как показано на рисунке 8. Соединять их следует с учетом видимости. А это в нашем примере только на профильной проекции.

Задача 2. Построить сечение заданных поверхностей плоскостью и определить его действительную величину.

Алгоритм графического решения:

1. Плоскость сечения ϵ задана горизонтально проецирующая как на рис. 8. Это означает, что на следе уже образовалась линия сечения. Построим фронтальную проекцию сечения, обозначив точками C_2, G_2, H_2, F_2 пересечение с призмой и точками $A_2, B_2, D_2, E_2, I_2, J_2, K_2, M_2, R_2, N_2$ – с цилиндром.

2. Для определения действительной величины сечения можно воспользоваться способом плоскопараллельного перемещения. Переместим горизонтальную проекцию сечения с точками $A_1, B_1, D_1, E_1, I_1, J_1, K_1, M_1, R_1, N_2$ в положение, параллельное плоскости Π_2 , но так, чтобы координата Z была постоянной для всех точек линии сечения (см. рис. 8).

3. Последовательно соединив полученные точки, получим натуральную величину сечения.



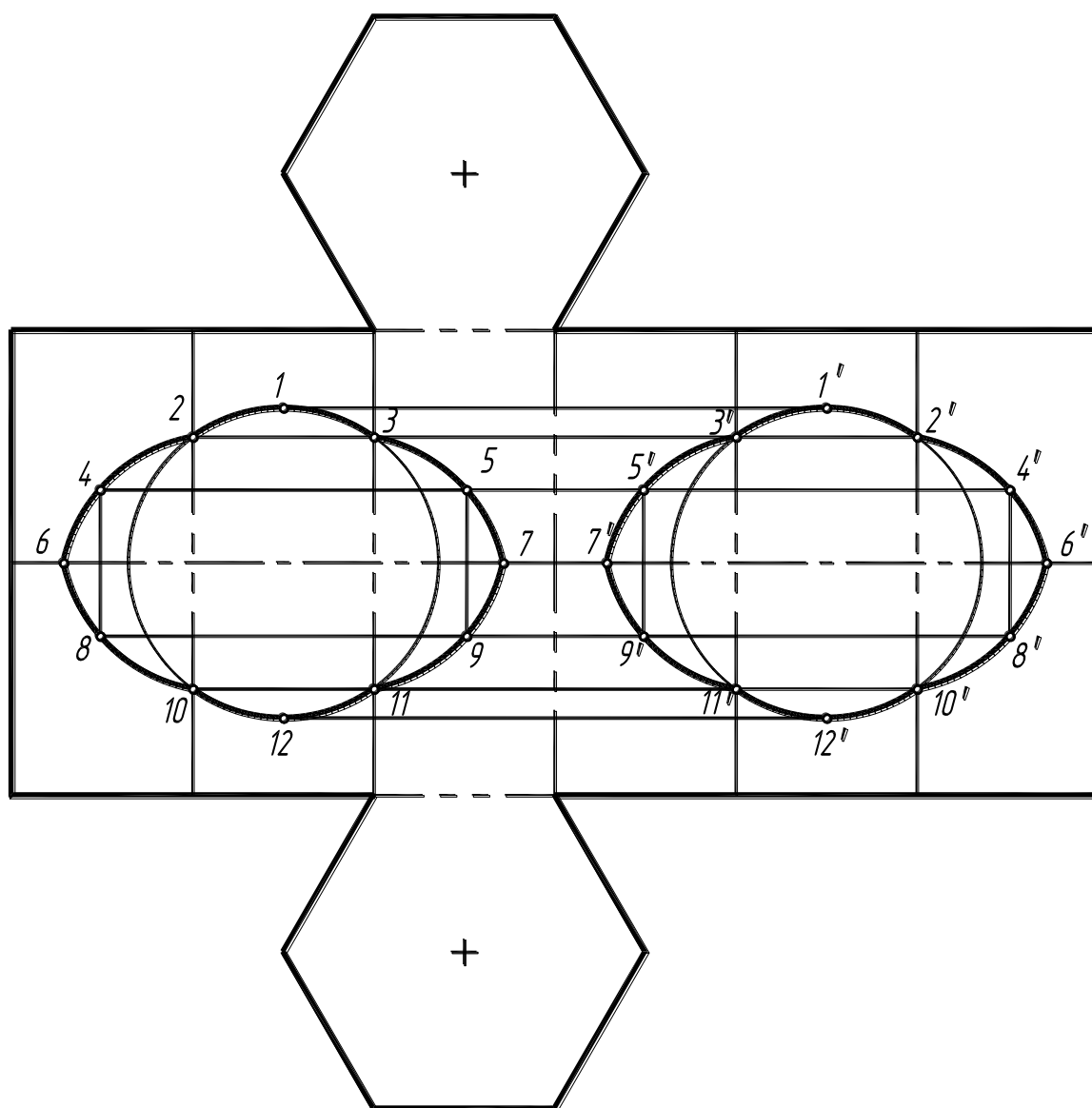


Рисунок 9

Задача 3. Построить полную развертку одной из заданных поверхностей и нанести линию пересечения заданных поверхностей.

Алгоритм графического решения:

1. Для решения задачи 3 выберем поверхность призмы, так как полная развертка ее поверхности состоит из боковой поверхности в виде прямоугольника и двух оснований - шестиугольников.

2. Построение начинаем с двух взаимно перпендикулярных линий, на одной из которых откладываем высоту призмы, а на другой - периметр шестиугольника основания, так, как это показано на рисунке 9. Прочерчиваем ребра призмы.

3. На развертку наносим линии построения точек, принадлежащих линии сечения, измеряя необходимые размеры на проекциях пересекающихся поверхностей.

4. Последовательно соединяем полученные точки и получаем линию сечения на развертке.

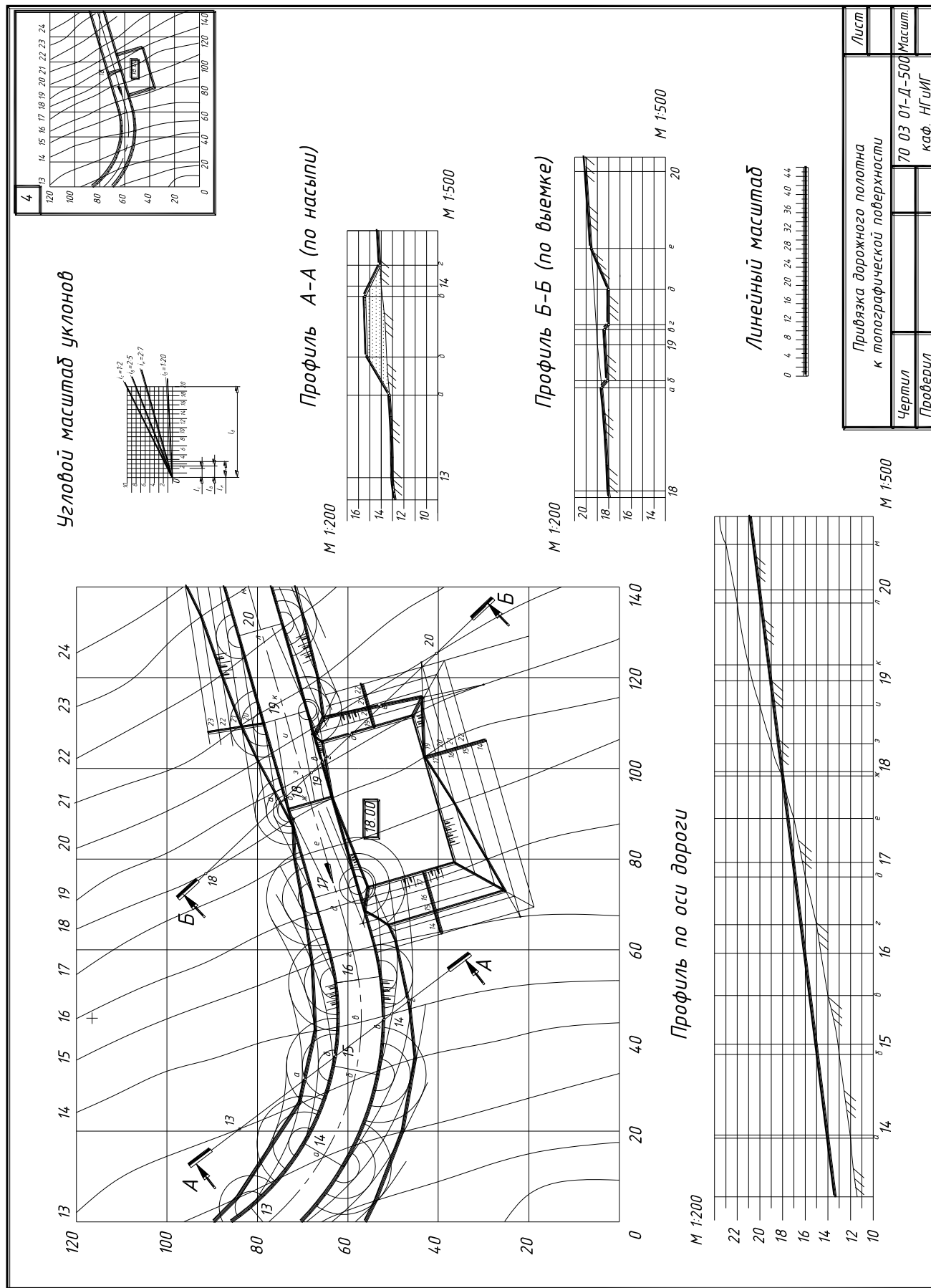


Рисунок 10

2.4. Числовые отметки

Задание № 5. Тема: «Привязка дорожного полотна к топографической поверхности»

Решить задачи:

1. Начертить план дорожного полотна с уклоном $I_d = 1:20$ в М 1:500.
2. Запроектировать стоянку машин, предусмотрев въезд и выезд с уклоном $I_c = 1:2$.
3. Определить границы земляных работ при выполнении откосов насыпей и выемок. Принять уклон откоса выемки $I_v = 2:5$, а насыпи $I_n = 2:7$.
4. Построить: продольный профиль по оси дороги, поперечный профиль стоянки по насыпи (выемке), поперечный профиль дороги по выемке (насыпи).

Цель задания: закрепить теоретический материал, необходимый для решения инженерных задач в проекциях с числовыми отметками.

Задачи решить на формате А2 (420 x 594 мм), оформить карандашом. Пример выполнения приведен на рисунке 10.

Методические указания

Метод проекций с числовыми отметками нашел широкое применение в строительном деле при проектировании дорог, строительных площадок, аэродромов, дамб и подобных сооружений. Сущность метода такова, что позволяет с достаточной для практики точностью изображать объекты, горизонтальные размеры которых значительно больше вертикальных. Объекты изображаются на горизонтальной плоскости, а другие проекции (вертикальные) заменяются числовыми отметками. Границы земляных работ в числовых отметках определяются в результате пересечения **одноименных топографических и проектных горизонталей**. Горизонтали топографической поверхности вычерчиваются по условию задания, а проектные горизонталей откосов строятся с учетом уклонов, которые заданы в условии.

К выполнению задания следует приступать после изучения темы «Числовые отметки» по конспектам и учебной литературе.

Общий алгоритм выполнения задания № 5:

1. Формат А2 расположить горизонтально и, выполнив угловую надпись, вычертить линейный масштаб произвольной длины. Нанести цену деления, которая соответствует одному метру на местности с учетом заданного масштаба 1:500 (на чертеже $1000 \text{ мм} : 500 = 2 \text{ мм}$). В дальнейшем измерения на чертеже выполнять по линейному масштабу (см. рис.11).

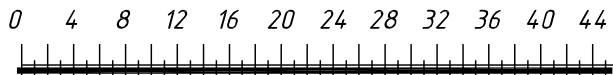


Рисунок 11

2. Вычертить сетку плана топографической поверхности. Сторона каждого квадрата задана 20 м (или 20000 мм), что соответствует 40 мм на чертеже при заданном масштабе, т.е. $20000 \text{ мм} : 500 = 40 \text{ мм}$. Рекомендуется (для хорошей компоновки чертежа) принять расстояние от контуров левого верхнего угла рамки чертежа равным 30 мм.

Далее нанести по сетке **горизонтали топографической поверхности** в соответствии с индивидуальным вариантом студента. Горизонтали закрепить черной тушью тонкими линиями (можно использовать гелевый стержень или другой).

3. Контур земляного сооружения вычертить, пользуясь заданием (стоянку и прилегающие дороги) по выполненной сетке. Ширина дороги 10 м (на чертеже $10000 \text{ мм} : 500 = 20 \text{ мм}$). В первую очередь нанести ось дороги, а затем контуры дорожного полотна. Криволинейный участок начать строить с центра дуги, который задан в условии. Горизонтали дорожного полотна расположены перпендикулярно оси дороги (см. рис. 12) на прямолинейном участке и проходят через центр дуги на криволинейном.

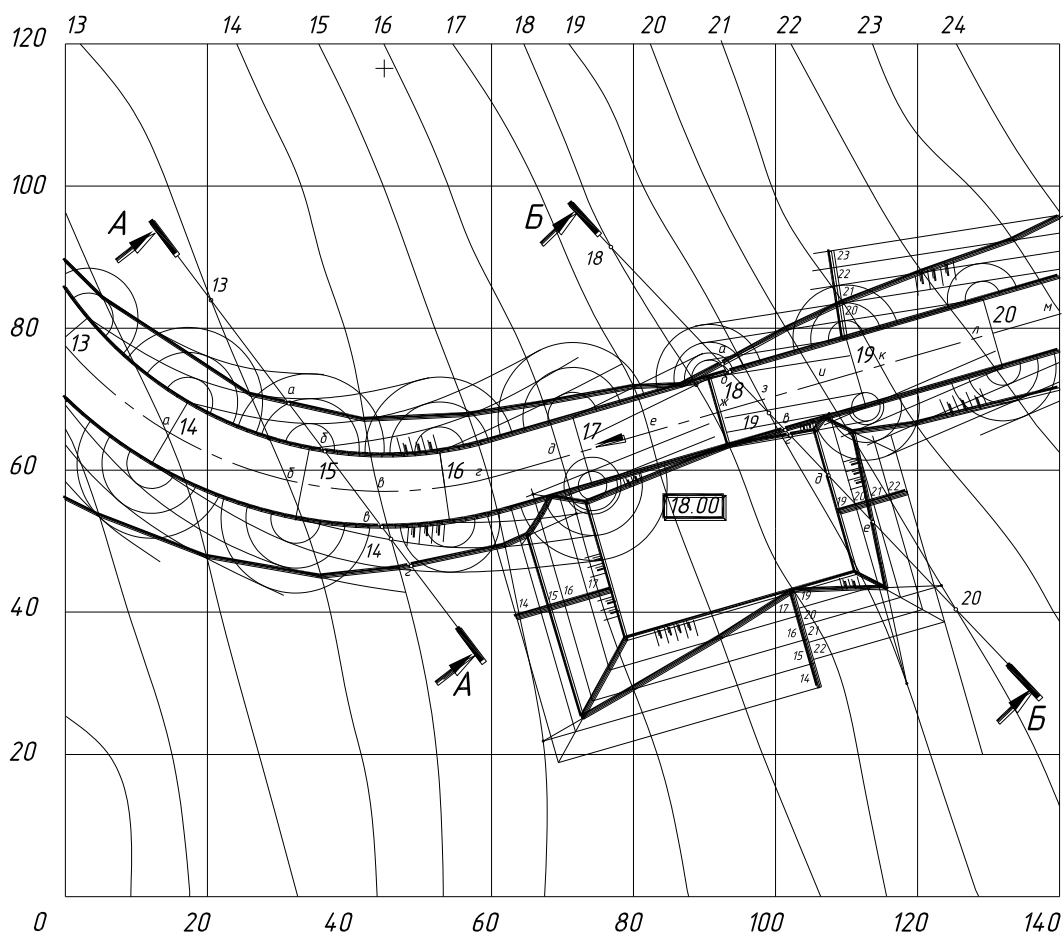


Рисунок 12

4. Вычертить **проектные** горизонтали всех откосов площадки и дороги с учетом заданных уклонов.

Для построения проектных горизонталей нужно определить интервал заложения (l) проектных горизонталей откоса насыпи l_n , интервал откоса выемки l_b , интервал уклона дороги l_d и откосов съездов стоянки l_c . Интервалы можно определить как при помощи вычислений по формуле $l = 1:i$, где i – уклон, так и с помощью углового масштаба уклонов. В первом случае получим числовые значения интервалов

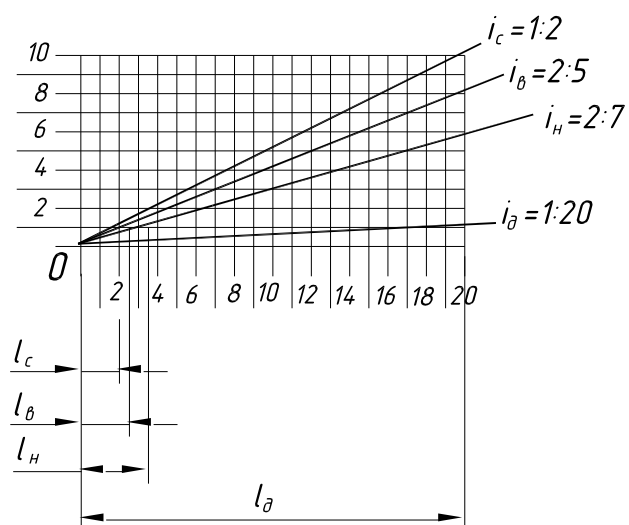


Рисунок 13

$l_n = 1 : i = 1/(2:7)$; $l_b = 1/i_b = 1 : (2:5)$; $l_d = 1 : i_g = 1 : (1:20)$; $l_c = 1 : i_c = 1 : (1:2)$, которые с помощью линейного масштаба переводятся затем в соответствующие длины, используя цену деления на линейном масштабе:

$$l_n = 3,5 \times 2 \text{ мм} = 7 \text{ мм}; \quad l_b = 2,5 \times 2 \text{ мм} = 5 \text{ мм}; \quad l_d = 20 \times 2 \text{ мм} = 40 \text{ мм}; \quad l_c = 2 \times 2 \text{ мм} = 4 \text{ мм}$$

Расстояния между проектными горизонталями (интервалы) определяются в виде отрезков графическим путем с помощью углового масштаба уклонов, который представляет собой график зависимости заложения от уклона плоскости откоса $i = 1 : l$ (см. рис. 13).

Построить сетку квадратов, используя линейный масштаб. Сторона каждого квадрата равна единице длины 1 м (на чертеже это 2 мм). Через точку 0 проводить все графики уклонов (это прямые). Для построения углового масштаба уклонов насыпи, который по условию равен $i_n = 2:7$, необходимо отсчитать от точки 0 в горизонтальном направлении семь единиц (заложение), а в вертикальном направлении - две единицы (превышение) и полученную точку соединить отрезком прямой линии с точкой 0. Аналогично построить график уклона выемки i_b , дороги i_g и откосов съездов стоянки i_c .

Найти линии пересечения откосов между собой, а затем построить границы земляных работ, которые являются линией пересечения откосов с топографической поверхностью.

5. Профиль по оси дороги представляет собой сечение вертикальной плоскостью дороги по ее оси. Построение профиля начать с вычерчивания прямого угла под сеткой, расположив его так, как это приведено на рисунке 18. При построении профилей, где заданный масштаб дает невыразительное изображение на чертеже, допускается использование разных масштабов в вертикальном и горизонтальном направлениях. В связи с тем, что 1.0 м равен 2 мм, принять вертикальный масштаб профиля 1:200 (тогда $1000 \text{ мм} : 200 = 5 \text{ мм}$), а горизонтальный оставить 1:500.

5. Для построения профиля стоянки по выемке (Б-Б см. рис. 20) и дороги по насыпи (А-А см. рис. 19) определить положение секущих плоскостей самостоятельно (выбор насыпи или выемки задается преподавателем).

Рассмотрим на примерах этапы выполнения задания № 5, приведенного на рисунке 10.

Пример 1. Построить горизонтали откосов стоянки и определить границы земляных работ

На рисунке 14 приведен фрагмент выполнения построений горизонталей откосов и линии пересечение с топографической поверхностью.

1. Начинать построения нужно с определения линии нулевых работ, которая совпадает с горизонталью, имеющей отметку 18.00, такую же, как отметка стоянки. Слева от нее будет насыпь, а справа – выемка. Линия пересекает контур стоянки и определяет точку нулевых работ.

2. Из точки нулевых работ перпендикулярно контуру стоянки проводим масштаб уклона откоса и градуируем его со стороны насыпи, а затем выемки. Для этого величиной, равной $l_n = 7 \text{ мм}$, делаем отметки 17, 16, 15, 14 (их число приблизительно определяется количеством рядом расположенных горизонталей топографической поверхности).

На следующем откосе со стороны насыпи выполнить аналогичные построения. После того как будут построены масштабы уклонов откосов насыпи, выполнить горизонтали, проведя линии из отметок 17, 16, 15, 14 параллельно контуру откоса, так как он является уже горизонталью стоянки и одновременно откоса с отметкой 18.0.

3. Пересечение одноименных горизонталей откоса насыпи с горизонталями топографической поверхности определяет точки. Соединив прямыми линиями соседние, мы получим линию пересечения с топографической поверхностью (или границу земляных работ).

4. Со стороны выемки аналогично строим масштабы уклона откосов и градуируем их величиной $l_b = 5$ мм, делая отметки 19, 20, 21, 22. Параллельно контуру стоянки проводим проектные горизонтали откосов выемки и находим линию пересечения откосов выемки.

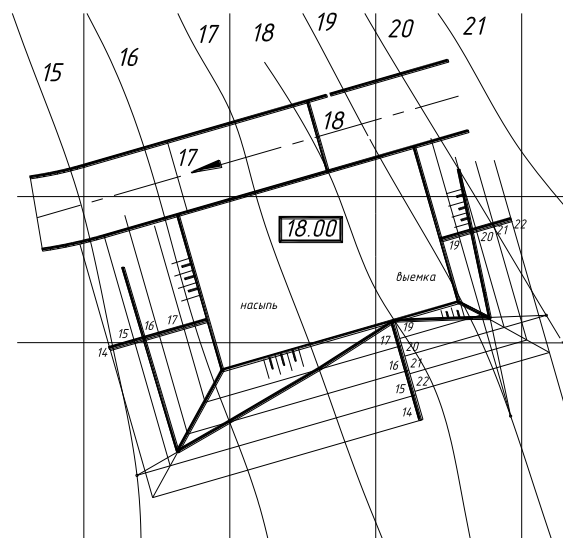


Рисунок 14

Пример 2. Построение границ земляных работ на прямолинейном участке дороги

1. Прямолинейный участок дороги расположен со стороны выемки, у которого интервал заложения горизонталей откоса $l_b = 5$ мм. Начертить горизонтали дорожного полотна перпендикулярно оси дороги (см. рис. 15).

2. Далее из отметок на контуре дороги 18, 19, 20 провести дуги концентрических окружностей радиусом, кратным $l_b = 5$ мм. Прямолинейные горизонтали откосов будут касаться вычерченных дуг (см. рис. 15). Масштаб уклона откоса дороги перпендикулярен этим горизонталям.

3. Найти точки пересечения одноименных проектных и топографических горизонталей, которые соединить прямыми линиями, образовав границы земляных работ на прямолинейном участке дороги.

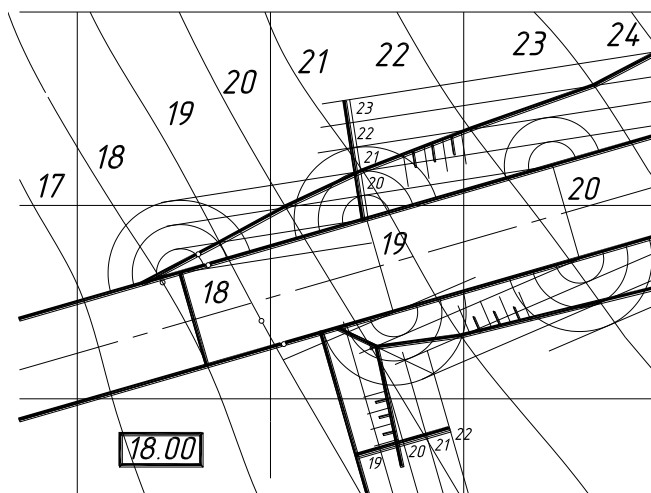


Рисунок 15

Пример 3. Построение границ земляных работ на криволинейном участке дороги

1. Криволинейный участок дороги расположен со стороны насыпи, у которого интервал заложения горизонталей откоса $l_n = 7$ мм. (см. рис. 16).

2. Далее из отметок на контуре дороги 13, 14, 15, 16, 17, 18 провести дуги концентрических окружностей радиусом, кратным $l_n=7$ мм. Криволинейные горизонталы откосов будут касаться вычерченных дуг (см. рис. 16) и построить их надо с помощью лекал.

3. Найти точки пересечения одноименных проектных и топографических горизонталей, которые соединить с помощью лекал, образовав границы земляных работ на криволинейном участке дороги.

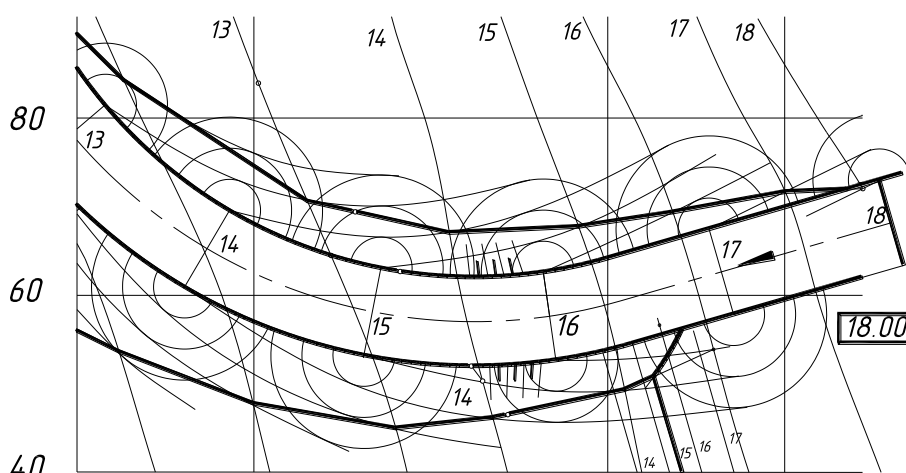


Рисунок 16

Пример 4. Построение границ земляных работ въезда и выезда стоянки

1. С дороги на стоянку следует запроектировать въезд и выезд. Откос в этом месте имеет величину уклона 1:2 и расстояние между проектными горизонталями равно $l_c = 2 \times 2 \text{ мм} = 4 \text{ мм}$.

2. Из отметок на контуре дороги 17 и 19 провести концентрические окружности радиусом, кратным $l_c = 4$ мм.

Касательно к ним выполнить прямолинейные горизонталы (см. рис. 17) и определить их отметки (на чертеже это 17 и 19).

3. Построить линию пересечения откосов со стоянкой и с откосами стоянки так, как это показано на рисунке 17.

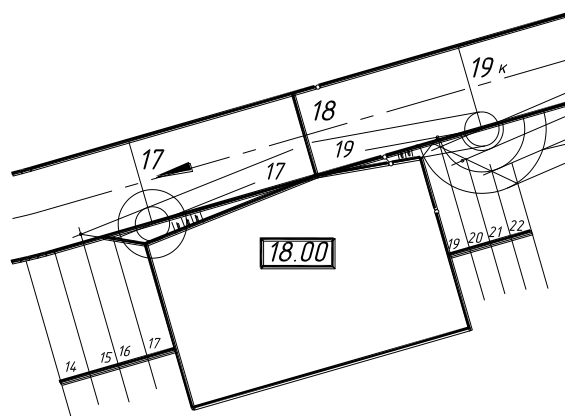


Рисунок 17

Пример 5. Построение профиля по оси дороги

1. Выполнить подготовку на чертеже для построения профиля, для чего отметить точки пересечения оси дороги с горизонталями топографической поверхности буквами алфавита (см. рис. 18).

2. Профиль по оси дороги представляет собой сечение вертикальной плоскостью дороги по ее оси. Построение профиля начать с вычерчивания прямого угла под сеткой, расположив его так, как это приведено на рисунке 18. Расстояние между горизонтальными линиями на чертеже 5 мм, а в действительности 1.0 м, так как вертикальный

масштаб принят 1:200. Проставить их отметки, выбрав диапазон в рамках отметок горизонталей топографической поверхности.

3. Измерить все расстояния по оси дороги между проектными и топографическими горизонталями и нанести на профиль так, как это показано на рис. 18. Из полученных точек провести вертикальные линии до соответствующих отметок горизонтальных линий. Выделить сплошной основной линией профиль дорожного полотна, а земляную поверхность – сплошной тонкой линией.

М 1:200

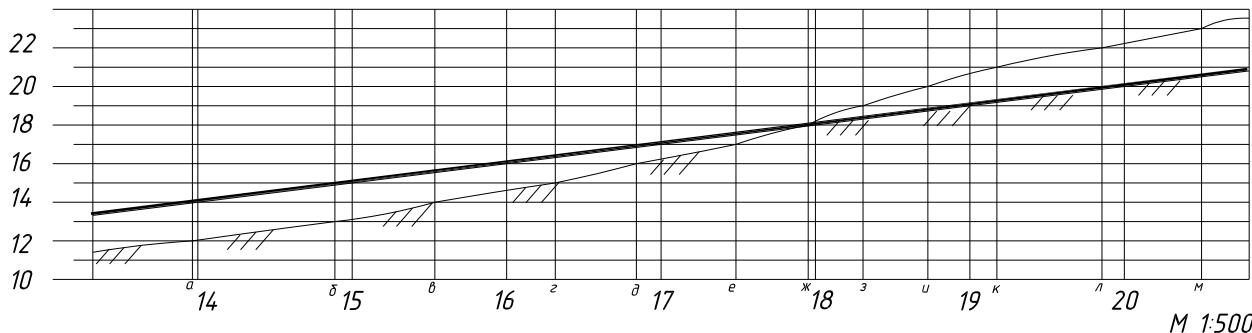


Рисунок 18

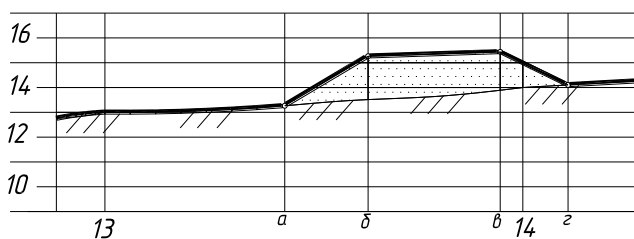
Пример 6. Построение профиля по насыпи

1. Выполнить подготовку на чертеже для построения профиля по насыпи, для этого провести секущую плоскость, обозначив ее А-А (см. рис. 19).

2. Построение профиля начать с вычерчивания прямого угла, расположив его так, как это приведено на рисунке 19. Расстояние между горизонтальными линиями на чертеже 5 мм, а в действительности 1.0 м, так как вертикальный масштаб принят 1:200. Проставить их отметки, выбрав диапазон в рамках отметок горизонталей топографической поверхности.

3. Измерить расстояния между точками пересечения линии А-А всех проектных и топографических горизонталей, а также найденных границ земляных работ и контуров дороги. Перенести их с чертежа на нижнюю горизонтальную линию и провести вертикальные линии до соответствующих отметок горизонтальных линий.

М 1:200



М 1:500

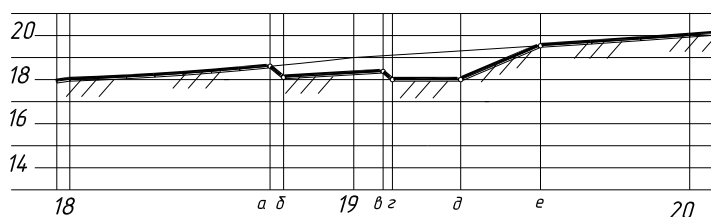
Рисунок 19

Пример 7. Построение профиля по выемке

1. Выполнить подготовку на чертеже для построения профиля по выемке на стоянке. Для этого провести секущую плоскость, обозначив ее Б-Б (см. рис. 20).

2. Построение профиля

М 1:200



М 1:500

Рисунок 20

начать с вычерчивания прямого угла, расположив его так, как это приведено на рисунке 20. Расстояние между горизонтальными линиями на чертеже 5 мм, а в действительности 1.0 м, так как вертикальный масштаб принят 1:200. Проставить их отметки, выбрав диапазон в рамках отметок горизонталей топографической поверхности.

3. Измерить расстояния между точками пересечения линии Б-Б всех проектных и топографических горизонталей, а также найденных границ земляных работ и контуров дороги. Перенести их с чертежа на нижнюю горизонтальную линию и провести вертикальные линии до соответствующих отметок горизонтальных линий.

2.5. Перспектива автомобильной дороги

Задание 6. Тема «Перспектива автомобильной дороги»

Решить задачи:

1. По упрощенному профилю дороги выполнить план оси дороги в масштабе 1:2000 на миллиметровой бумаге.
2. На листе формата А3 выполнить таблицу перспективных координат точек оси дороги и элементов земляного полотна.
3. Вычертить перспективное изображение методом координат участка автомобильной дороги в масштабе 1:50. Перспективное изображение построить с точки зрения водителя автомобиля.

Цель задания: получить навыки решения задач по теме «Построение перспективы автомобильной дороги методом координат».

Методические указания к решению задач

В практике проектирования сложных участков автомобильных дорог наряду с вычерчиванием плана и профилей строят перспективное изображение.

Перспективные изображения позволяют произвести окончательную проверку правильности выбранного решения, обнаружить ошибки и вовремя их устранить.

Для перспективного изображения объектов малой ширины и высоты, но большой линейной протяженности, наиболее целесообразным является метод координат.

Дорожное полотно представляет собой сочетание поверхностей и линий, ось дороги – непрерывная пространственная гладкая линия. При построении перспективы пространственная кривая представляется в виде точечного каркаса. Координатный метод предусматривает построение перспектив точек кривых с помощью перспективных координат, вычисляемых по расчетным формулам.

Рассмотрим построение перспективы точки **А**, находящейся в пространстве (см. рис. 21).

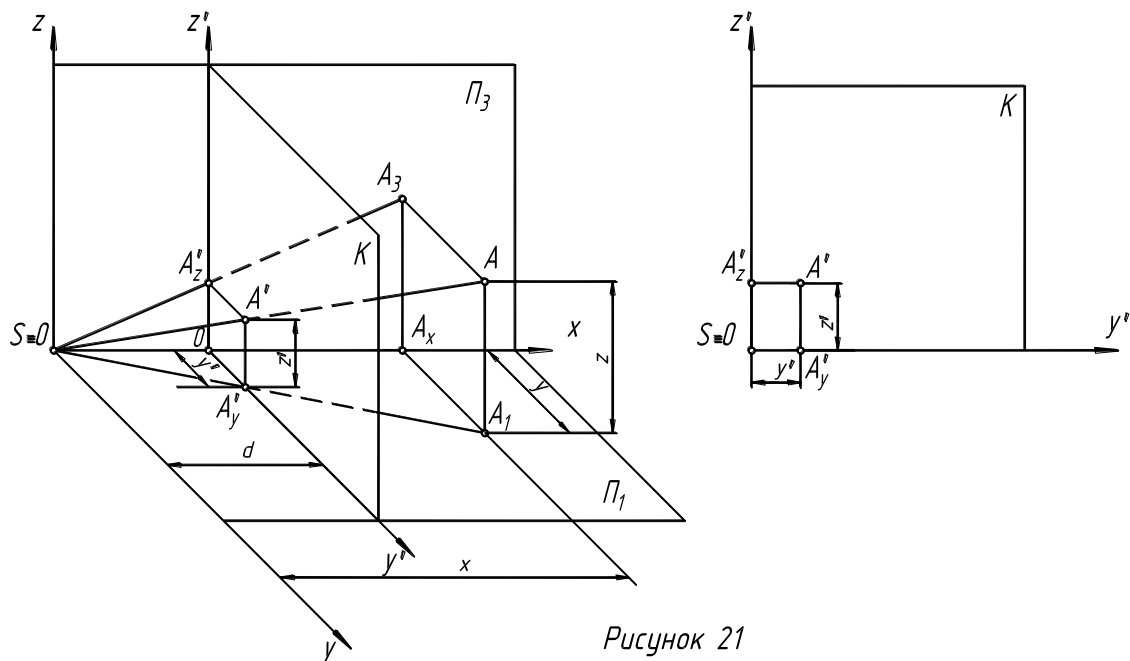


Рисунок 21

К – картинная плоскость, **П₁** – горизонтальная плоскость, **П₃** – профильная плоскость, **S** – точка зрения, **A** – изображаемая точка, **A'** – перспектива точки **A**, **d** – главное расстояние (от точки зрения до картинной плоскости), **x** – глубина точки, **y** – широта точки, **z** – высота точки, **x'**, **y'** – перспективные координаты, **SA** – проецирующий луч.

Рассматривая подобные треугольники **SA₃A_x** и **SA₃O**, получаем

$$\frac{A'_z O}{A_3 A_x} = \frac{SO}{SA_x} \text{ или } \frac{z'}{z} = \frac{d}{x},$$

откуда $z' = z \cdot \frac{d}{x}$, а $y' = y \cdot \frac{d}{x}$.

Для построения плана оси дороги необходимо знать величины элементов круговых кривых, применяющихся для сопряжения прямолинейных участков дороги. На рисунке 22 показаны основные элементы круговой кривой:

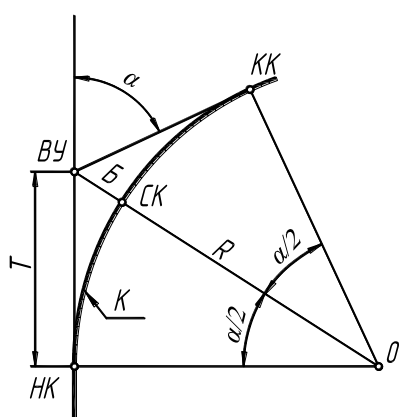


Рисунок 22

- α (Y)** – угол поворота трассы;
- R** – радиус горизонтальной кривой;
- K** – кривая (длина кривой);
- T** – тангенс кривой – длина касательной;
- HK** – начало горизонтальной кривой;
- СК** – середина горизонтальной кривой;
- KK** – конец горизонтальной кривой;
- Б** – биссектриса;
- ВУ** – вершина угла поворота трассы;
- Д** – домер.

Значения элементов **T**, **K**, **Б**, **ВУ** и **Д** определяются по данным **R** и **α** с помощью таблиц прямоугольных координат кривых. Эти данные приводятся в индивидуальных вариантах каждого студента.

На заданном продольном профиле указана точка зрения **S**, главное расстояние **d**, положение картинной плоскости **К**. Линия фактической поверхности земли обозначена тонкой линией, проектная линия дороги – сплошной основной линией.

Под продольным профилем помещена таблица для проектируемой дороги. В графах таблицы указаны:

«**Развернутый план дороги**» - развертка оси дороги и придорожной полосы;

«**Уклон и вертикальная кривая**» - вертикальные кривые и прямые, привязки к пикетам в местах переломов проектной линии, значения радиуса, длины кривой, уклона и касательных в начале и конце кривой;

«**Отметка бровки земляного полотна**» - проектные отметки бровки земляного полотна;

«**Отметки земли**» - фактические отметки поверхности земли по оси дороги;

«**Расстояние**» - расстояние между точками перелома местности и пикетами;

«**Прямая и кривая в плане**» - прямые и кривые по оси дороги, числовые значения длин участков прямых и элементов кривых: углов поворота, радиусов, тангенсов, длин переходных кривых. Поворот дороги вправо изображают кривой, направленной вверх по отношению к прямому участку дороги, а влево – направленной вниз.

Алгоритм графического решения:

1. Построение плана оси дороги в масштабе 1:2000.

Рассматриваем построение перспективы участка дороги с точки зрения водителя легкового автомобиля. Высота точки зрения – 1 м, смещение точки зрения от оси дороги – вправо на 2 м (см. рис. 23).

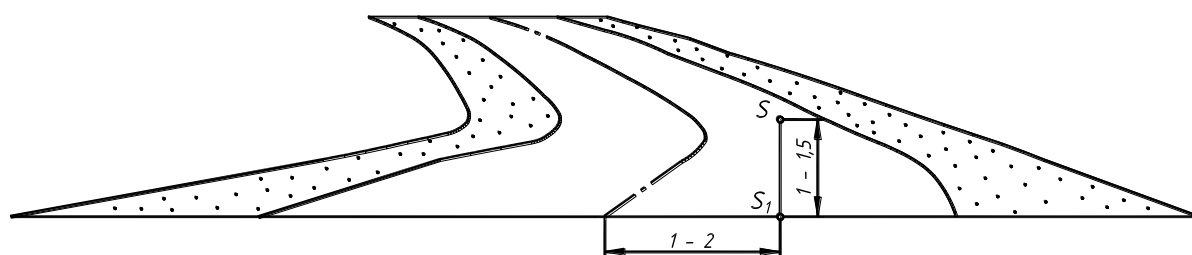


Рисунок 23

Главное расстояние d принимаем 100 м.

В приведенном примере для угла поворота $\alpha (Y) = 7^\circ 40'$ и $R = 4000$ м значения элементов кривой определены по таблицам и составляют:

$K = 535,2$ м;

$B = 9,36$ м;

$T = 268,0$ м;

$D = 0,8$ м.

На миллиметровой бумаге наносим ось X . Ось дороги отстоит от оси X на 2 м (в масштабе 1 мм). При правом повороте откладываем ось дороги влево от оси X , при левом повороте – вправо (рис. 24). В данном примере представлен левый поворот.

На ось дороги наносим пикеты прямолинейного участка дороги. Расстояние между пикетами – 100 м (в масштабе 50 мм) (см. рис. 25).

Обозначаем начало кривой **НК**. Пикетаж начала кривой равен:

$ПК\ НК = ПК1 + 65$ м (в масштабе – 82,5 мм).

Выполняем приближенное построение кривой. Откладываем от точки **НК** вдоль оси дороги расстояние $T = 268$ м (в масштабе 134 мм) и отмечаем точку вершины угла поворота трассы **ВУ**, от которой откладываем по горизонтали влево величину $B = 9,36$ м (в масштабе – 4,7 мм) и отмечаем точку **СК** (углом поворота, ввиду его малой величины, пренебрегаем).

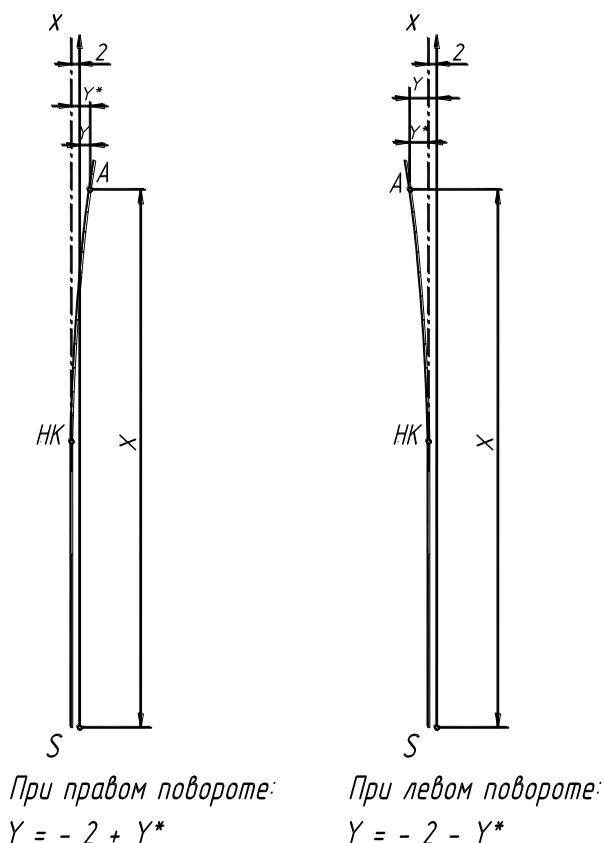


Рисунок 24

Координаты конца кривой **КК** согласно параметрам кривой:

$$X_{\text{КК}} = X_{\text{НК}} + T + X^*,$$

$$\text{где } X^* = T \cos \alpha = 268 \times 0,991 = 265,6 \text{ м.}$$

$$X_{\text{КК}} = 165 + 268 + 265,6 = 698,6 \text{ м (в масштабе 349,3 мм).}$$

Координата **Y** конца кривой при левом повороте (см. рис. 24):

$$Y_{\text{КК}} = -2 - Y^*_{\text{КК}},$$

$$\text{где } Y^*_{\text{КК}} = T \sin \alpha = 268 \times 0,133 = 35,6 \text{ м.}$$

$$Y_{\text{КК}} = -2 - 35,6 = -37,6 \text{ м (в масштабе - 18,8 мм).}$$

По координатам наносим точки **СК** и **КК** на профиль и соединяем точки начала, середины и конца кривой плавной линией.

Определяем пикетаж характерных точек кривых:

$$\text{ПК СК} = \text{ПК НК} + K/2 = 165 + 267,6 = 432,65 = \text{ПК4} + 32,6 \text{ м.}$$

$$\text{ПК КК} = \text{ПК НК} + K = 165 + 535,24 = 700,2 = \text{ПК7.}$$

Пикеты наносим на кривую, откладывая соответствующие расстояния в масштабе

при помощи измерителя. За пикетом 7 криволинейный участок дороги заканчивается, поэтому **ПК8** откладываем по прямой (см. рис. 25).

2. По построенному плану оси дороги определяем действительные координаты **X** и **Y** и заносим их в таблицу.

Например, для точки **ПК6** измеряем координаты:

X = 299 мм, **Y** = - 12,9 мм. Умножив их на 2000, получаем действительные координаты точки:

$$X = 598 \text{ мм, } Y = - 25,8 \text{ мм.}$$

Действительные координаты **Z** определяются как разность между отметками поверхности дороги **Н_А** и отметкой точки зрения **Н_С**:

$$Z = H_A + H_S.$$

Для точки **ПК6**:

$$Z = 340,64 - 346,01 = - 5,37 \text{ м.}$$

Координаты **Z** точек трассы, расположенные выше главного луча, принимаются со знаком «плюс», а ниже главного луча – со знаком «минус».

Определяем перспективные координаты точек оси дороги.

$$Y' = Y \cdot \frac{d}{X} \cdot k.$$

Для пикета **ПК1** **d** = 100 м, **X** = 100 м.

Перспективное изображение дороги строим в масштабе 1:50, следовательно **k** = 1000/50 = 20 – переводной коэффициент.

$$Y'_{ПК1} = -2 \cdot \frac{100}{100} \cdot 20 = -40 \text{ мм.}$$

$$Z' = Z \cdot \frac{d}{x} \cdot k ,$$

$$Z'_{ПК1} = -3,3 \cdot \frac{100}{100} \cdot 20 = -66 \text{ м.}$$

Аналогично вычисляем действительные координаты всех точек оси дороги.

Для построения перспективы дороги при определении точек бровок земляного полотна и кромок проезжей части принято считать, что плоскости всех поперечных профилей расположены параллельно картине. В нашем примере при ширине земляного полотна дороги $C = 12$ м и ширине проезжей части дороги $B = 7$ м:

$$C' = C \cdot \frac{d}{x} \cdot k ,$$

$$B' = B \cdot \frac{d}{x} \cdot k ,$$

Для точки **ПК1**:

$$C'_{ПК1} = 12 \cdot \frac{100}{100} \cdot 20 = 240 \text{ м.}$$

$$B'_{ПК1} = 7 \cdot \frac{100}{100} \cdot 20 = 140 \text{ м.}$$

Аналогично определяем величины **C** и **B** всех точек трассы.

3. По перспективным координатам в масштабе 1:50 строим на формате А3 перспективное изображение дорожного полотна (см. рис. 26).

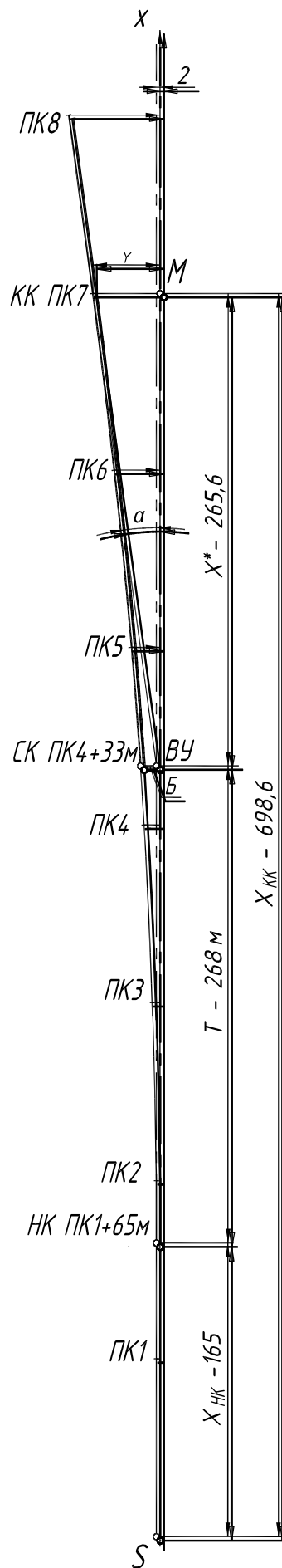


Рисунок 25

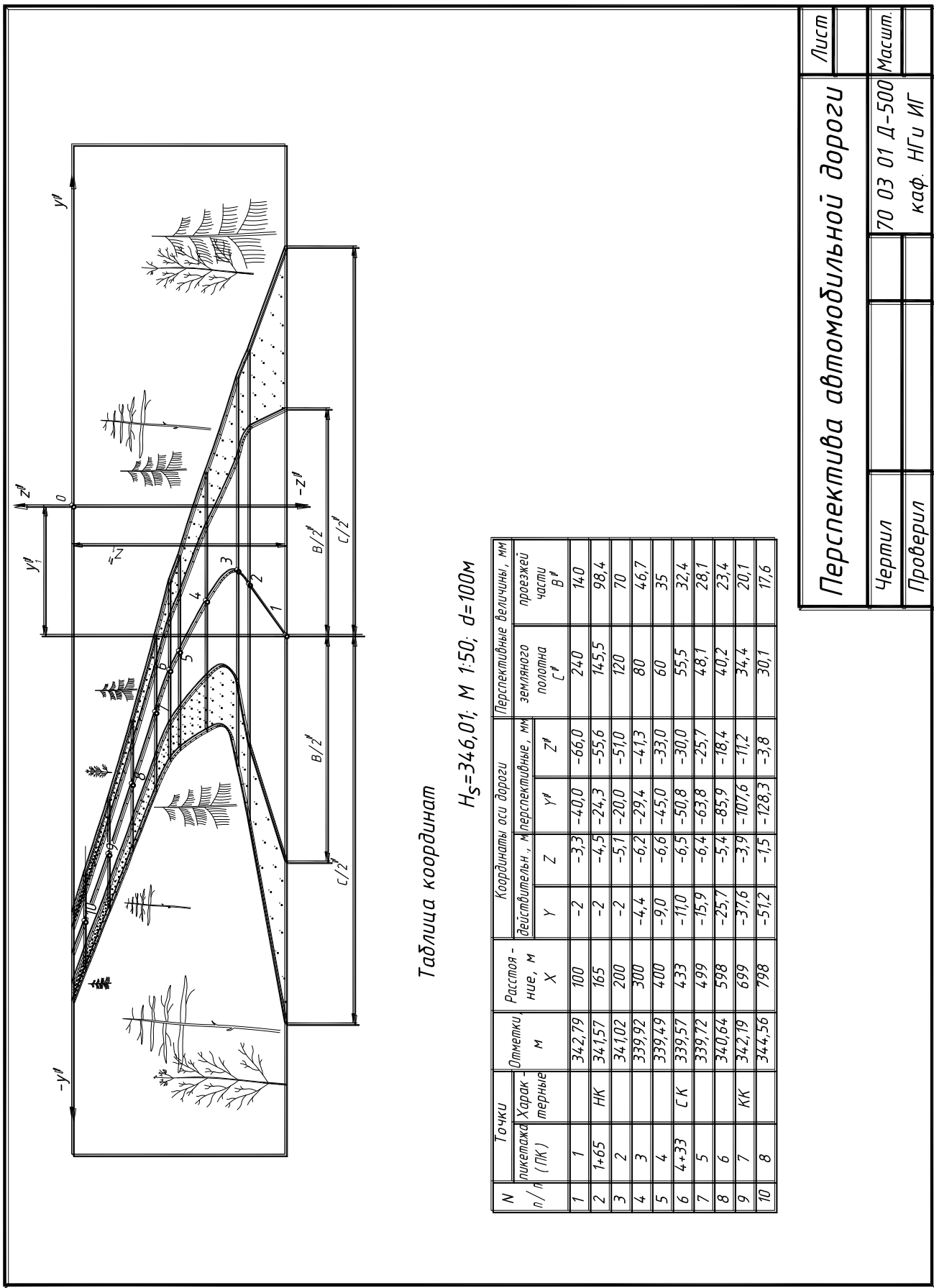


Рисунок 26

3. Методические рекомендации для подготовки к экзамену по начертательной геометрии

Успешная сдача экзамена обеспечена качеством учебы в течение семестра. Подготовка к экзамену осуществляется при наличии конспекта лекций, блока решенных задач, которые оформлены в сборнике и альбоме индивидуальных заданий. Студентам перед сессией выдаются вопросы для подготовки к экзамену по начертательной геометрии, которые содержат также список рекомендованной литературы, используемой студентами для подготовки к экзамену. Все это в совокупности позволяет качественно подготовиться к экзамену и успешно его сдать.

Экзамен по начертательной геометрии проводится в письменной форме. На листах формата А3, подготовленных как сказано на рисунке 1, выполняются задачи билета, приводятся пояснения в краткой алгоритмической форме. Оформление соответствует требованиям ГОСТ и СТБ.

Вопросы для подготовки к экзамену по начертательной геометрии

Все ответы сопровождаются *чертежами*.

1. Сущность предмета «Начертательная геометрия».
2. Метод проецирования.
3. Свойства метода центрального проецирования.
4. Свойства метода параллельного проецирования.
5. Свойства метода ортогонального проецирования. Система взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.
6. Проекция точки, расположенной в различных частях пространства.
7. Классификация прямых.
8. Прямая общего положения. Определение действительной величины отрезка прямой по её проекциям и углов наклона к плоскостям проекций.
9. Следы прямой.
10. Прямые уровня.
11. Прямые проецирующие.
12. Взаимное положение прямой и точки.
13. Деление отрезка в заданном отношении.
14. Параллельные прямые.
15. Пересекающиеся прямые.
16. Скрещивающиеся прямые.
17. Способы задания плоскостей.
18. Следы плоскости.
19. Классификация плоскостей.
20. Плоскости общего положения.
21. Плоскости уровня.
22. Проецирующие плоскости.
23. Прямая и точка в плоскости.
24. Линии уровня плоскости.
25. Линии наклона плоскости.
26. Параллельные плоскости.
27. Пересекающиеся плоскости.
28. Прямая, параллельная плоскости.
29. Прямая, пересекающая плоскость. Алгоритм решения основной задачи начертательной геометрии.
30. Прямая, перпендикулярная плоскости. Теоремы № 1, 2, 3.

31. Взаимно перпендикулярные плоскости.
32. Взаимно перпендикулярные прямые.
33. Способы преобразования проекций.
34. Замена плоскостей проекций.
35. Способ вращения.
36. Вращение вокруг проецирующих осей.
37. Плоскопараллельное перемещение.
38. Вращение вокруг линий уровня.
39. Способ совмещения (вращение вокруг следов плоскости).
40. Классификация поверхностей.
41. Образование поверхностей и их изображение на чертеже.
42. Определитель поверхности.
43. Многогранники.
44. Кривые поверхности: коническая, цилиндрическая, коноид, цилиндроид, сфера, тор.
45. Пересечение гранной поверхности плоскостью.
46. Пересечение кривой поверхности плоскостью.
47. Способы построения разверток.
48. Построение развертки способом «треугольника».
49. Построение развертки способом «раскатки».
50. Построение развертки способом «нормального сечения».
51. Пересечение поверхностей. Принцип определения точек, общих для двух поверхностей. Характерные точки проекции линии пересечения поверхностей.
52. Способ секущих плоскостей при определении проекций линии пересечения поверхностей.
53. Способ секущих концентрических сфер при определении проекций линии пересечения поверхностей.
54. Пересечение поверхности и прямой.
55. Проекция с числовыми отметками. Сущность метода.
56. Точка, прямая и плоскость в проекциях с числовыми отметками.
57. Превышение и заложение отрезка прямой.
58. Градуирование прямой.
59. Уклон и интервал прямой.
60. Масштаб уклона плоскости. Пересечение двух плоскостей.
61. Пересечение прямой и плоскости.
62. Поверхности в числовых отметках.
63. Пересечение поверхности с плоскостью в числовых отметках.
64. Построение границ земляного сооружения.
65. Перспектива, как способ изображения объектов, основанный на применении центрального проецирования. Основные положения.
66. Перспектива точки и прямой.
67. Точки схода прямых.
68. Перспектива точки, прямой, плоскости.
69. Способ построения перспективы методом архитекторов.

Примечания:

1. Экзамен проводится в письменной форме. Задачи выполняются студентом на формате А3 карандашом.
2. Все ответы на вопросы сопровождаются чертежами по теме.
3. По всем темам следует уметь решать задачи.
4. При подготовке вопросов к экзамену следует использовать весь учебный материал, применявшийся в течение семестра на занятиях.

5. Накануне экзамена проводится консультация, на которую следует явиться всем студентам группы (в том числе и неуспевающим) и подготовить неясные вопросы по начертательной геометрии.

Список рекомендуемой литературы

основной:

1. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский / под ред. В.О. Гордона, Ю.Б. Иванова. – М.: Высш. Шк., 1999. – 272 с.: ил.
2. Гордон, В.О. Сборник задач по курсу начертательной геометрии: учебное пособие для вузов / Гордон, В.О. [и др.]; под ред. Ю.Б. Иванова. – М.: Высш. Шк., 1998.- 320 с.: ил.
3. Начертательная геометрия: учебник для вузов / Под ред. проф. Н.Н. Крылова. - М.: Высшая школа, 2000. – 224 с.: ил.
4. Начертательная геометрия: учебник для вузов / Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Н. Николаев [и др.]; под ред. Н.Н. Крылова. - М.: Высшая школа, 2000. – 224 с.: ил.
5. Кузнецов, Н.С. Начертательная геометрия. – М., 1981
6. Арустамов, Х.А. Сборник задач по начертательной геометрии. - М.: Машиностр., 1978
7. Винницкий, Н.Г. Начертательная геометрия. – М.: Высш. шк., 1975.
8. Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД, СПДС и СТБ)
9. Стандарт университета. Общие требования и правила оформления / Под ред. Т.Н. Базенкова. – Брест: БГТУ, 2002.

дополнительной:

1. Бубенников, А.В. Начертательная геометрия. – М., 1985.
2. Бубенников, А.В. Начертательная геометрия: Задачи для упражнений. - М., 1981.
3. Држевецкий, В.В. Основы начертательной геометрии и проекционное черчение / Под ред. Л.С. Шабеки. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 112 с.: ил.
4. Локтев, О.В. Краткий курс начертательной геометрии: учеб. для втузов. – М.: Высш. Шк., 1999. – 136 с.: ил.
5. Локтев, О.В. Задачник по начертательной геометрии: учеб. пособие для втузов. – М. – Высш. шк., 1999. – 104 с.: ил.
6. Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика: учебник для строит. спец. вузов / К.И. Вальков, Б.И. Дралин, В.Ю. Климентьев, М.Н. Чукова; Под ред. К.И. Валькова. – М.: Высш. шк., 1997. – 495 с. : ил.
7. Фролов, С.А. Начертательная геометрия. – М., 1983.
8. Фролов, С.А. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1980.

Министерство образования Республики Беларусь Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики		АЛЬБОМ ЧЕРТЕЖЕЙ		по начертательной геометрии и компьютерной графике	
60	25	35	16	22	175
10	7	20	6	10	85
12	7	20	10	10	Выполнил студент
12	7	20	10	10	строительного факультета
12	7	20	10	10	группы Д500 Иванов И.И.
20					Брест 2012
					160

Учебное издание

Составители:

*Кондратчик Наталья Ивановна
Шевчук Татьяна Вячеславовна*

Методические указания

к выполнению индивидуальных графических заданий по начертательной геометрии

**для студентов специальности 1-70 03 01
«Автомобильные дороги»
дневной и заочной форм обучения**

Ответственный за выпуск: Шевчук Т.В.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная верстка:
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 22.06.2012 г. Формат 60x84 ¹/₈. Бумага «Снегурочка».
Усл. п.л.4,18. Уч. изд. л.4,5. Тираж 60 экз. Заказ № 758.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет.
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.