

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная графика»

# НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
очной и заочной форм обучения*

**ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА РАЗВЯЗКИ  
АВТОДОРОГИ И КАНАЛА**

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета  
<http://e.biblio.bru.by/>



Могилев 2019

УДК 744.69  
ББК 514  
Н 36

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Инженерная графика» «22» января 2019 г., протокол № 6

Составитель ст. преподаватель И. В. Войцехович

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» являются руководством для самостоятельной работы при выполнении чертежа горизонтальной планировки развязки автодороги и канала. В них рассматривается применение раздела начертательной геометрии «Проекции с числовыми отметками» к решению инженерной задачи по привязке земляного сооружения к топографической поверхности. Приведен образец выполнения горизонтальной планировки, сформулированы требования к оформлению чертежа.

Учебно-методическое издание

## НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. Ю. Поляков
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84 /8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 41 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

1 Характеристика задания .....	4
2 Требования к оформлению чертежа. Подготовка графического условия задания, построение исходных данных.....	5
3 Последовательность выполнения построений на чертеже горизонтальной планировки.....	6
4 Построение поперечных профилей канала и дороги .....	9
Список литературы .....	10
Приложение А .....	11



## 1 Характеристика задания

Целью изучения дисциплины «Начертательная геометрия и компьютерная графика» является развитие пространственного воображения, конструктивно-геометрического, абстрактного и логического 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; знание общих методов построения и чтения чертежей; решение большого числа разнообразных инженерно-геометрических задач, возникающих в процессе проектирования, конструирования и эксплуатации различных строительных объектов – зданий и сооружений, дорог и проездов, строительных и инженерных конструкций; знание стандартов ЕСКД и СПДС.

Целью методических рекомендаций является ознакомление студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» с последовательностью построений на чертежах при выполнении сложной горизонтальной планировки.

Чертеж выполняется по индивидуальной карточке-заданию, которая содержит участок топографической поверхности, заданный горизонталями с высотными отметками. На данной поверхности располагается дорога шириной 3 м, имеющая постоянную заданную высотную отметку, идущая по насыпи. Уклон откосов насыпи дороги составляет 1:2 или 1:1,5 в зависимости от варианта. С дорогой пересекается наклонный канал трапециевидального сечения с шириной дна 2 м, уклоном боковых сторон трапеции 1:1, уклоном вдоль оси 50 ‰ (промилле). Задана одна из высотных отметок дна канала и стрелкой указано направление понижения отметок. Уклон откосов выемки и насыпи вдоль канала для всех вариантов составляет 1:1. На участке, где канал проходит сквозь насыпь дороги, выполняется устройство туннеля. Профиль туннеля приведен в задании, в зависимости от варианта он прямоугольный или полуцилиндрический. Туннель опирается на бермы канала шириной 1 м.

При выполнении чертежа требуется построить горизонтальную планировку развязки автодороги и канала, применив на практике раздел начертательной геометрии «Проекция с числовыми отметками» к решению инженерной задачи по привязке земляного сооружения к топографической поверхности. Необходимо построить примыкание по бермам для туннеля, а также линии «врезки», т. е. линии пересечения туннеля с откосами насыпи дороги, определить границы земляных работ, т. е. линии пересечения откосов выемки канала и насыпи дороги с топографической поверхностью, построить линии водоразделов откосов, т. е. линии пересечения откосов канала и дороги между собой. На завершающем этапе выполняется построение поперечного профиля канала, лежащего в выемке, и поперечного профиля дороги, проходящей по насыпи.



## 2 Требования к оформлению чертежа. Подготовка графического условия задания, построение исходных данных

Чертеж выполняется на листе чертежной бумаги формата А1 (594 × 841 мм). Лист имеет рамку на расстоянии 5 мм от линий обреза, а слева – на расстоянии 20 мм. В правом нижнем углу листа располагается основная надпись (185 × 55 мм) по ГОСТ 21.101–93, форма 3 – это основная надпись для архитектурно-строительного комплекта чертежей и комплекта чертежей генеральных планов. Размеры основной надписи и ее заполнение приведены на рисунке А.1. В верхней графе помещается обозначение чертежа, например ГП 10.30.01. Здесь ГП – комплект чертежей генеральных планов, 10 – номер задания, 30 – вариант по индивидуальной карточке-заданию, 01 – номер листа. Обозначение повторяется в перевернутом положении в дополнительной рамке (70 × 14 мм) в верхнем левом углу чертежа. Наименование чертежа – «Привязка сооружения к местности».

Все надписи и обозначения должны быть выполнены чертежным шрифтом размером 3,5 и 5 в соответствии с ГОСТ 2.304–81. Построения выполняются карандашом, сплошными тонкими линиями, с последующей обводкой. Главное требование – чёткость всех линий чертежа, в том числе тонких линий построения, букв и цифр. Контуры канала, берм, кювета и дороги, линии пересечения откосов между собой и откосов с топографической поверхностью, входы в туннель обводятся основной линией толщиной 1...1,5 мм, линии масштаба уклона откосов – двойной линией (основной и тонкой), конечные штрихи обозначения следов секущих плоскостей профилей А–А и Б–Б – разомкнутой линией толщиной 1,5...2 мм. Бергштрихи на откосах насыпей и выемок, состоящие из длинных и коротких штрихов, перпендикулярных горизонталям соответствующего откоса, проводят линиями толщиной 0,25...0,3 мм. Расстояние между соседними штрихами – 3...5 мм. Короткие штрихи имеют длину, примерно равную 1/3 от длинных штрихов.

В левой верхней части листа располагаем план участка топографической поверхности. Размеры его получаем, увеличив в два раза подоснову из карточки-задания. По этим размерам вычерчиваем внутреннюю рамку, а на расстояниях 8 мм от неё – внешнюю. Толщина линий внутренней рамки чертежа – 0,8...1 мм, наружной – 0,4...0,5 мм. С бланка задания переносим на план участка горизонтали местности. Примыкания их к внутренней рамке измеряем точно и увеличиваем в два раза. Кривые линии горизонталей воспроизводим в глазомерном масштабе карандашом, затем для большей наглядности обводим шариковой или гелиевой ручкой зелёного цвета. Высотные отметки горизонталей топографической поверхности выставляем в просвете между внешней и внутренней рамками, ограничивающими участок. Задаёмся масштабом чертежа 1:100 и с отступом в 25...30 мм от основной надписи наносим в две линии шкалу линейного масштаба.

В связи с большим количеством построений на листе желательно горизонтали откосов выемки и насыпи после проверки обвести ручкой синего

или фиолетового цвета, линии построения примыканий по бермам и промежуточных точек – красного.

В соответствии с заданием проводим ось симметрии, вычерчиваем в масштабе 1:100 дорогу шириной 3 м, наносим в прямоугольнике её высотную отметку. Проводим ось симметрии канала и выполняем построение его плана. Ширина дна и глубина канала равны 2 м, его боковые стенки имеют уклон 1:1, поэтому их горизонтальное заложение 2 м. По обе стороны канала вычерчиваем его бермы шириной 1 м. С двух сторон от берм канала размечаем кюветы шириной на уровне берм 1,5 м, глубиной 0,5 м. Кюветы трапециевидального сечения изображаем только внешними границами, т. е. дно кювета не показываем. Внутренняя граница кювета – кромка бермы, а внешняя – линия пересечения плоскости бермы с плоскостью откоса выемки. Кювет необходим на участках, где канал располагается в откосах выемки, откосы насыпи канала примыкают непосредственно к бермам.

### **3 Последовательность выполнения построений на чертеже горизонтальной планировки**

Образец выполнения горизонтальной планировки развязки автодороги и канала приведен на рисунке А.2.

Перпендикулярно кромкам дороги, с двух её сторон, вычерчиваем линии масштаба падения откосов насыпи (основной и тонкой линиями). В соответствии с заданным уклоном 1:2 или 1:1,5, в зависимости от варианта, наносим на них интервальные деления через 20 мм или 15 мм. Через интервальные деления проводим горизонтали откосов насыпи, т. к. дорога горизонтальная, ее горизонтали будут параллельны кромкам дороги. Затем проставляем числовые отметки горизонталей.

Находим точки пересечения одноимённых горизонталей откосов насыпи дороги и горизонталей топографической поверхности подосновы. Через полученные точки проводим границы земляных работ, т. е. линии пересечения откосов насыпи с земной поверхностью.

Отталкиваясь от отметки в карточке-задании, градуируем дно канала. При заданном уклоне 50 ‰ (промилле – от латинского «на тысячу») интервалы между числовыми отметками дна канала будут равны 20 м, в масштабе чертежа 1:100 – 200 мм. В направлении стрелки уклона канала через 200 мм перпендикулярно оси канала наносим его остальные отметки. В приведенном примере была задана отметка 9, а нанесены отметки 8 и 7. Одновременно градуируем бермы. При глубине канала 2 м соответствующие числовые отметки на бермах будут на 2 м выше, чем отметки его дна. В приведенном примере это отметки 11, 10, 9.

Строим прямые линии пересечения плоскости берм канала с плоскостями откосов насыпи с левой и правой сторон дороги. Для построения каждой из этих двух линий нужно найти две точки, общие для обеих пересекающихся



плоскостей. При нахождении точек пересекаем одноименные горизонталы плоскости откосов насыпи с одноимёнными горизонталями плоскости берм канала. Для левого входа в туннель в приведенном примере пересекаем горизонталь 9 бермы с горизонталью 9 левого откоса дороги. Построение второй точки с использованием горизонталей с отметками 8 не помещается на чертеже, поэтому взяты промежуточные горизонталы с отметками 8,5 и в их пересечении получена нужная точка. Соединяем прямой линией точки, полученные в пересечении девятых горизонталей и горизонталей с отметкой 8,5. На этой прямой расположена нижняя кромка левого откоса дороги при входе в туннель. На правом откосе выполняем аналогичные построения с использованием горизонталей с отметками 10 и 10,5.

Там, где линии примыкания по бермам пересекают кюветы, обводим линиями основного контура нижние кромки откосов насыпи дороги. У этих кромок кюветы заканчиваются, под насыпью они не проходят.

Выполняем построение линий «врезки», линий пересечения входов в туннель с плоскостями откосов насыпи дороги. Для этого на свободном месте поля чертежа, справа от горизонтальной планировки, чертим профиль туннеля (рисунок А.3). Диаметр полуцилиндрического туннеля равен расстоянию между наружными кромками берм. Одну сторону профиля отводим для построения левого входа в туннель, другую – для правого. Для левого входа в туннель на горизонтальной планировке определяем высотную отметку прямой линии пересечения плоскости берм канала с плоскостью откосов насыпи дороги. При этом незначительной непараллельностью данной линии с горизонталями откоса дороги пренебрегаем. В приведенном примере высотная отметка по низу туннеля с левой стороны – 8,7 м. Выдерживая соотношение высот, наносим на профиль туннеля горизонталь 9, а затем через 10 мм – другие горизонталы с целыми отметками. Получаем, что верхняя точка входа канала по левой стороне равна 12,7 м. Аналогичные построения выполняем для правого входа в туннель. Получаем отметку по низу туннеля – 10,4 м, а отметку его верхней точки – 14,4 м. Точки пересечения профиля туннеля горизонталями с целыми отметками по левой и правой сторонам проецируем на горизонтальную прямую под профилем туннеля и нумеруем 1, 2, 3, 4.

Переносим построения входов туннеля на горизонтальную планировку. Для этого проводим в произвольном месте (близко к «врезке») по правой и левой сторонам прямые линии, перпендикулярные оси канала. На эти прямые переносим с профиля туннеля расстояния между точками 1, 2, 3, 4 симметрично относительно оси канала, расстояния по правой и левой сторонам туннеля отличаются. Через все эти точки проводим прямые вдоль канала до пересечения с соответствующими горизонталями откоса насыпи дороги. Найденные на пересечениях точки соединяем с двух сторон плавными огибающими кривыми.

Построение входов в туннель прямоугольного профиля значительно более простое, потому что их примыкание к откосам насыпи проходит по прямым линиям, параллельным горизонталям насыпи дороги. Высотные отметки линий пересечения плоскости берм канала с плоскостями откосов насыпи дороги

определяются аналогично построению полуцилиндрического туннеля. На самом профиле туннеля нет необходимости наносить горизонтали с целыми отметками, достаточно к отметке низа канала прибавить его высоту (3 м) и получить отметку примыкания по верху (рисунок А.4).

Туннель, проходящий под насыпью дороги, обводим штриховыми линиями невидимого контура. Контуров канала и берм до входов в туннель обводим основными линиями.

Сверяем числовые отметки по бермам канала и отметки ближайших к ним горизонталей местности, определяем, проходит канал в выемке или по насыпи. В рассматриваемом примере канал преимущественно находится в выемке.

Проводим градуировку примыкающих к кюветам откосов выемки канала. Так как канал имеет уклон, горизонтали откосов не будут параллельны его кромкам, а будут расходиться по касательным к окружностям. Если канал находится в выемке, горизонтали расходятся на повышение (т. е. каждая последующая горизонталь имеет отметку на единицу больше, чем предыдущая) и начинаются в точках числовых отметок на условных внешних границах кюветов. Градуирование выполняется следующим образом. Из точек, имеющих целые отметки на внешних границах кюветов, проводим окружности радиусом, равным интервалу откоса выемки. При уклоне 1:1 в масштабе 1:100 интервал равен 10 мм. Затем из соседних точек с целыми отметками проводим касательные к окружностям. Соединять можно только окружности и касательные с одноименными отметками. Получаем первые, начальные горизонтали с двух сторон канала. Перпендикулярно начальным горизонталям в любом удобном месте откоса, с двух сторон, проводим линии масштаба уклона, затем откладываем на них интервалы 10 мм и проставляем соответствующие числовые отметки. Через интервальные деления проводим параллельно начальным горизонталям остальные горизонтали выемки. Такие же построения выполняем с другой стороны канала.

Выполняем построение границ земляных работ – линий пересечения откосов выемки канала с местностью. Для построения находим все имеющиеся точки пересечения горизонталей местности с одноименными горизонталями откосов выемки канала. Некоторые точки пересечения расположены за пределами откосов под насыпью дороги – это «мнимые» точки, они позволяют точнее вычертить линию земляных работ.

В некоторых вариантах задания, на отдельных участках откосов, основных точек для проведения линии земляных работ недостаточно. В этом случае необходимо построение дополнительных точек. Например, для построения дополнительной точки (на рисунке А.2 справа снизу) между горизонталями местности 15 и 16 задаем отрезок с конечными отметками 15 и 16, через этот отрезок проводим вспомогательную плоскость, задав ее двумя произвольными параллельными горизонталями, проведенными через концы отрезка. Данные горизонтали пересекают 15 и 16 горизонтали откоса канала; через эти точки проводим линию пересечения вспомогательной плоскости с плоскостью откоса. В пересечении с заданным отрезком получаем искомую точку. Нужно заметить, что отрезок 15–16 на местности не является строго прямым, поэтому



для большей точности он должен быть, по возможности, более коротким, т. е. почти перпендикулярным к горизонталям местности.

На рисунке А.2 в правом верхнем направлении глубина выемки канала уменьшается, и линия земляных работ выходит на внешнюю границу кювета, образуя нулевую точку выемки. В данном примере эта точка с достаточной точностью получается в пересечении границ выемки с контуром кювета и какого-либо специального её построения не требуется. В точке нулевых работ кювет раскрывается вровень с землей.

В ряде вариантов задания в границы работ попадает переход от выемки канала к участку, где бермы канала расположены выше местности, и канал находится на насыпи. На участке насыпи кюветы отсутствуют, откосы начинаются непосредственно от кромок берм. Горизонтالي откосов насыпи расходятся на понижение (т. е. каждая последующая горизонталь имеет отметку на единицу меньше, чем предыдущая), по касательным к окружностям радиусом, равным интервалу 10 мм. Направление горизонталей насыпи канала всегда обратно направлению горизонталей его выемки. Градуируем откосы, выполняем построение границ земляных работ, для этого находим все имеющиеся точки пересечения горизонталей местности с одноименными горизонталями откосов насыпи. Линии земляных работ продолжаем до кромок берм, получая нулевые точки границ насыпи.

Выполняем построение линий пересечения плоскостей откосов выемки канала и насыпи дороги. Эти линии называют линиями водоразделов или тальвегами. Линии водоразделов начинаются от примыканий на стыке кювета и нижней кромки насыпи дороги и проходят через точки пересечения одноименных (т. е. с одинаковыми числовыми отметками) горизонталей откосов канала и дороги.

На откосах выемки и насыпи перпендикулярно горизонталям откосов наносим бергштрихи, показывающие направление стока воды с откосов (поэтому всегда направленные от большей отметки в сторону меньшей). Выполняем окончательную обводку горизонтальной планировки развязки линиями основного контура.

## 4 Построение поперечных профилей канала и дороги

Профиль – это сечение топографической поверхности и находящегося на ней земляного сооружения мнимой вертикальной плоскостью. След секущей плоскости профиля А–А проводим перпендикулярно оси дороги. Для его построения вначале проводим основание – горизонтальную прямую. Её высотная отметка должна быть меньше отметки самой нижней горизонтали на всём протяжении профиля местности. Выше проводим ряд горизонтальных прямых через 1 м в масштабе чертежа 1:100, т. е. через 10 мм. На основании профиля откладываем интервалы между горизонталями местности, измеренные на горизонтальной планировке по следу секущей плоскости А–А, находим соответствующие им точки местности. Проходящая через эти точки кривая

является профилем местности. Затем, зная отметку дороги, строим точки кромок дороги и границ насыпи. Пример выполнения профиля дороги А–А приведен на рисунке А.5.

Построение профиля Б–Б начинаем с вычерчивания профиля канала с бермами, кюветами и откосами. След секущей плоскости профиля Б–Б должен быть перпендикулярен оси канала, тогда все размеры и уклоны профиля не будут искажены. Кроме того, след секущей плоскости профиля удобно провести через конкретную высотную отметку дна канала, на примере (рисунок А.6) она равна 8,5. На чертеже профиля через дно канала проводим горизонталь с отметкой 8,5, на 5 мм выше – горизонталь 9. Затем выше проводим ещё ряд горизонталей до 16 включительно. Измеряем на горизонтальной планировке по следу секущей плоскости Б–Б расстояния от оси канала до горизонталей местности, откладываем их на чертеже профиля, находим соответствующие им точки местности. Соединяем их плавной линией и получаем профиль местности.

### Список литературы

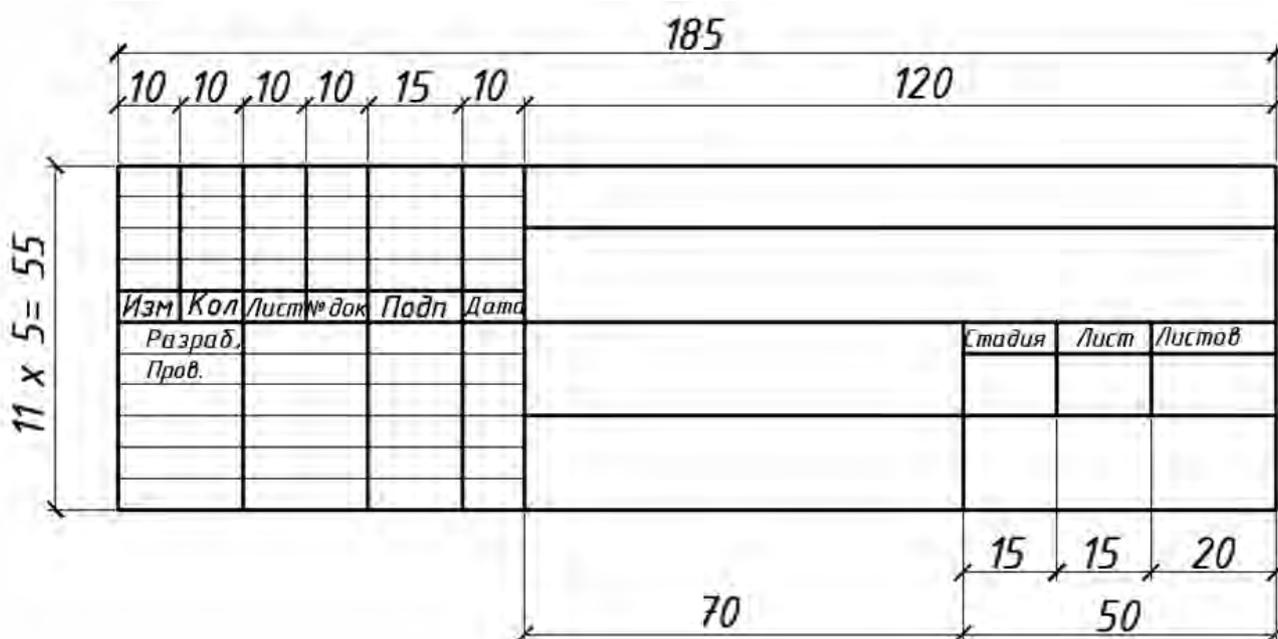
1 **СТБ 2073–2010.** Система проектной документации для строительства. Правила выполнения чертежей генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов. – Минск: Госстандарт, 2011. – 32 с.

2 **СТБ 2235–2011.** Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. – Минск: Госстандарт, 2012. – 30 с.

3 **Каминский, В. П.** Строительное черчение / В. П. Каминский, О. В. Георгиевский, Б. В. Будасов. – Москва: Архитектура-С, 2004. – 456 с.: ил.



## Приложение А (обязательное)



						<b>ГП.10.30.01.</b>			
						<b>г. Могилев</b>			
<b>Изм</b>	<b>Кол</b>	<b>Лист</b>	<b>№ док</b>	<b>Подп</b>	<b>Дата</b>				
Разраб.						<b>Привязка сооружения к местности</b>	<b>Стадия</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
Пров.							У	1	2
						<b>Генплан(1:100)</b>	<b>АД.</b>		

Рисунок А.1 – Основная надпись на листах основного комплекта генеральных планов и пример ее заполнения

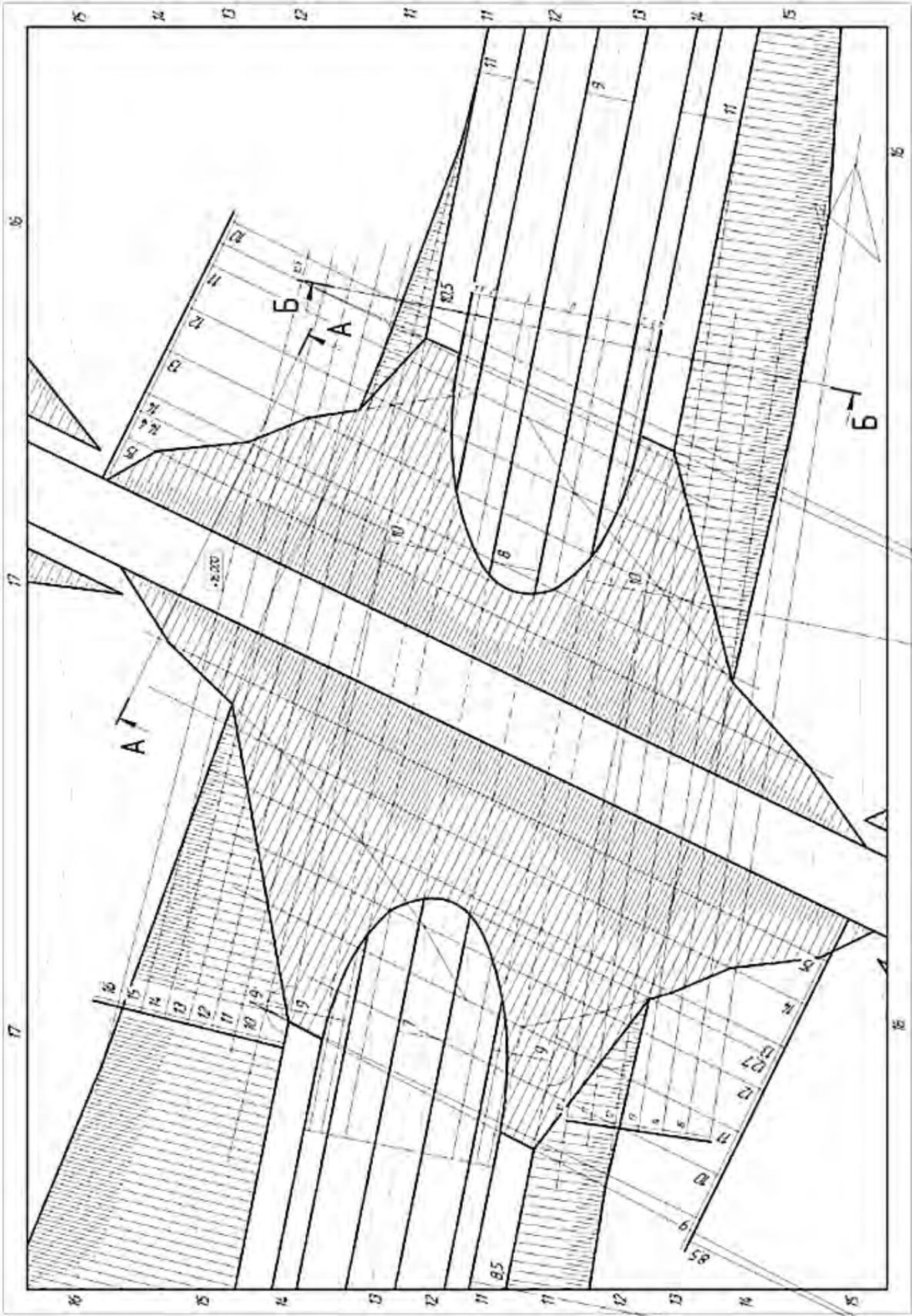
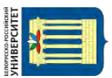


Рисунок А.2 – Пример выполнения горизонтальной планировки развязки автодороги и канала



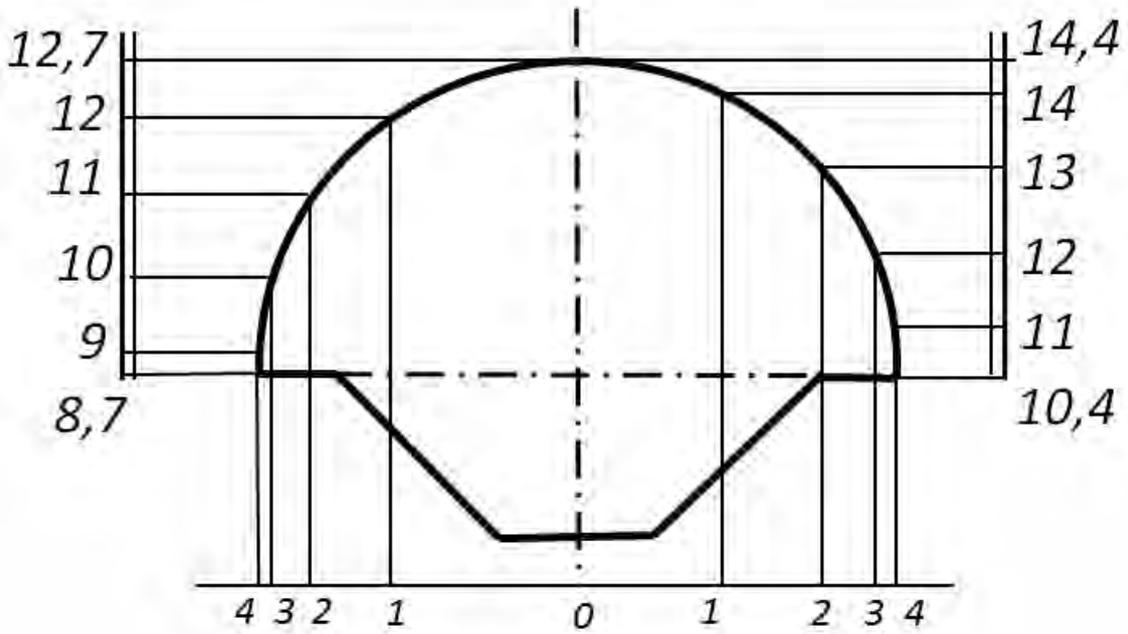


Рисунок А.3 – Пример выполнения профиля полуцилиндрического туннеля

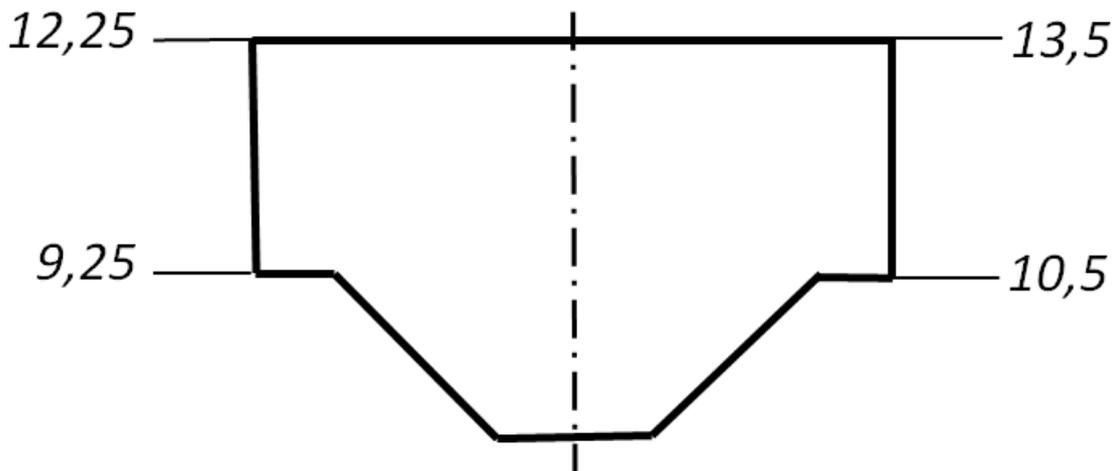


Рисунок А.4 – Пример выполнения профиля прямоугольного туннеля

### Профиль А-А

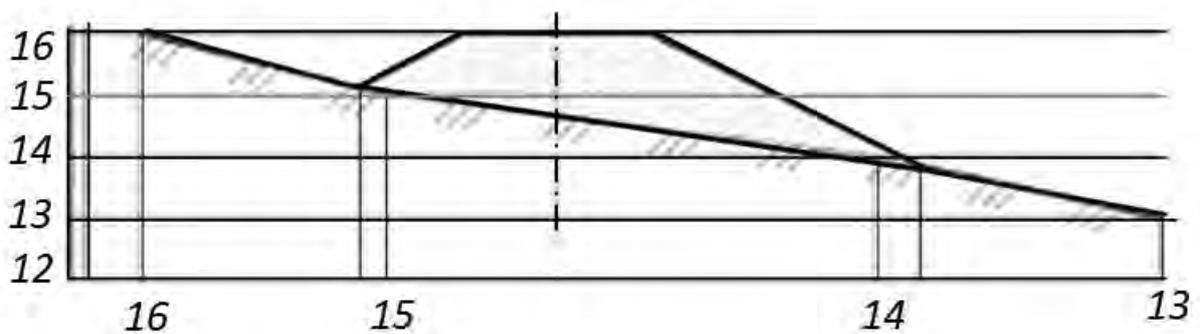


Рисунок А.5 – Пример выполнения профиля дороги, идущей по насыпи

## Профиль Б-Б

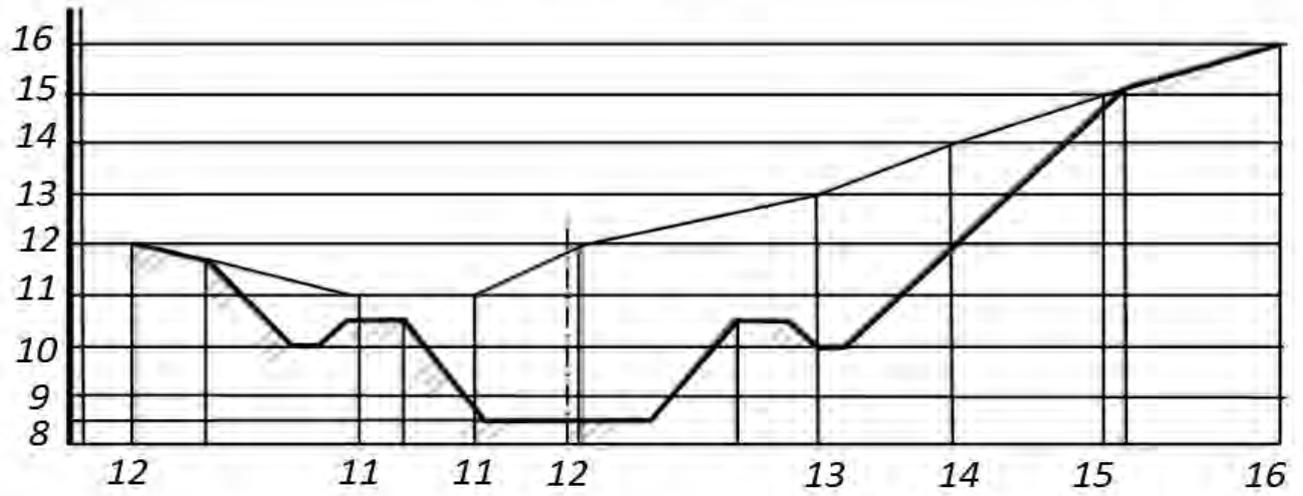


Рисунок А.6 – Пример выполнения профиля канала, расположенного в откосах выемки