

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Двоеглазов Семен Иванович
Должность: Директор
Дата подписания: 30.06.2025 16:23:35
Уникальный программный ключ:
2cc3f5fd1c09cc1a69668dd98bc371744c41875



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе»
СОФ МГРИ

Кафедра «Горного дела, экономики и природопользования»

ГОРЕТЫЙ В.В.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

**Учебное пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов очной и заочной форм обучения
специальности 21.05.04 – «Горное дело»**

Рекомендовано Ученым советом СОФ МГРИ

Старый Оскол, 2022

УДК 514
ББК 22.151.3
Г 686

Рецензент
Доцент, кандидат технических наук
А.В. Александров

Горетый В.В.

Г 686 Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика: учебное пособие по выполнению курсового проекта / В.В. Горетый. – старый Оскол: Изд-во СОФ МГРИ, 2022. – 32 с.

Учебное пособие содержит варианты и указания по выполнению курсового проекта. Изложены теоретические основы проекций с числовыми отметками. Показано решение геологической задачи на построение границы земляных работ в проекциях с числовыми отметками. Большое внимание уделено использованию компьютерной графики для решения инженерно-геологических задач.

Утверждено и рекомендовано к изданию Ученым советом СОФ МГРИ (протокол № 10 от 29 августа 2022 г.).

УДК 514
ББК 22.151.3

© Горетый В.В., 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Исходные данные для проектирования	5
2. Правила выполнения построений и оформления	8
3. Сущность метода проекций с числовыми отметками	9
3.1. Прямая линия в проекциях с числовыми отметками	11
3.2. Уклон и заложение прямой	13
3.3. Плоскость в проекциях с числовыми отметками	15
3.3.1. Пересечение плоскостей между собой	19
3.4. Топографическая поверхность	20
3.5. Пересечение топографической поверхности с плоскостью	20
4. Определение границ выемки и насыпи земляного сооружения	22
5. Построение геологического профиля	28
Заключение	29
Список использованных источников	30

Введение

Курсовой проект является заключительным этапом изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика» и предназначен для закрепления практических навыков самостоятельного решения инженерно-геологических задачи.

С этой целью, предстоит выполнить две задачи, связанные с определением границ земляных работ при возведении земляного сооружения в проекциях с числовыми отметками, и построение профиля земляного сооружения.

Известно, что горно-геологические объекты (геологические тела, горные выработки, буровые скважины и т.д.) в подавляющем большинстве случаев имеют сложнейшее пространственное строение. Точно отобразить эти объекты на чертеже со всеми их геологическими особенностями практически невозможно. Поэтому горный инженер должен уметь не только представлять себе положение их в пространстве, но и при отображении на бумажном носителе уметь упрощать, моделировать, приводить к более или менее простым геометрическим телам, не внося при этом существенных погрешностей в форму и размеры изображаемого объекта.

Сама по себе это уже достаточно сложная позиционная задача и ее успешное решение требует от студента определенных навыков и инженерной интуиции. Во многих случаях ее решение требует привлечения компьютеров и компьютерных технологий [1, с. 8].

В практику инженерной деятельности, в том числе, в геологической отрасли, все шире внедряются компьютеры,

и горный инженер должен владеть методами компьютерной графики.

Курсовой проект представляет комплексное задание, содержащее все основные элементы теоретического курса. При выполнении проекта закрепляются полученные теоретические знания и приобретаются практические навыки самостоятельного решения инженерно-геологической задачи графическими методами.

1 Исходные данные для проектирования

Для всех вариантов задан участок $40 \times 40 \text{ м}^2$ топографической поверхности (рис. 1). Горизонтали участка можно получить у преподавателя в формате файла AutoCAD 15.

Для всех вариантов уклоны откосов выемки, насыпи и дороги заданы одинаковыми. Откосы выемок имеют уклон 1:1, откосы насыпей – 1:1,5 и уклон дороги – 1:6 (рис. 2).

Вариант земляного сооружения и азимут (наклон оси сооружения к меридиану) выбрать по рис. 3. и по таблице 1.

Примечание: 1. Вариант задания на курсовой проект у каждого студента индивидуальный.

2. В случае, если число студентов в группе превышает 18, получить вариант задания у преподавателя, согласно списка по приказу.

Требуется: 1 – построить линию пересечения откосов выемок и насыпей земляного сооружения (площадки и дороги) с топографической поверхностью и между собой.

2 – построить профиль земляного сооружения по сечению вертикальной плоскостью Е-Е.

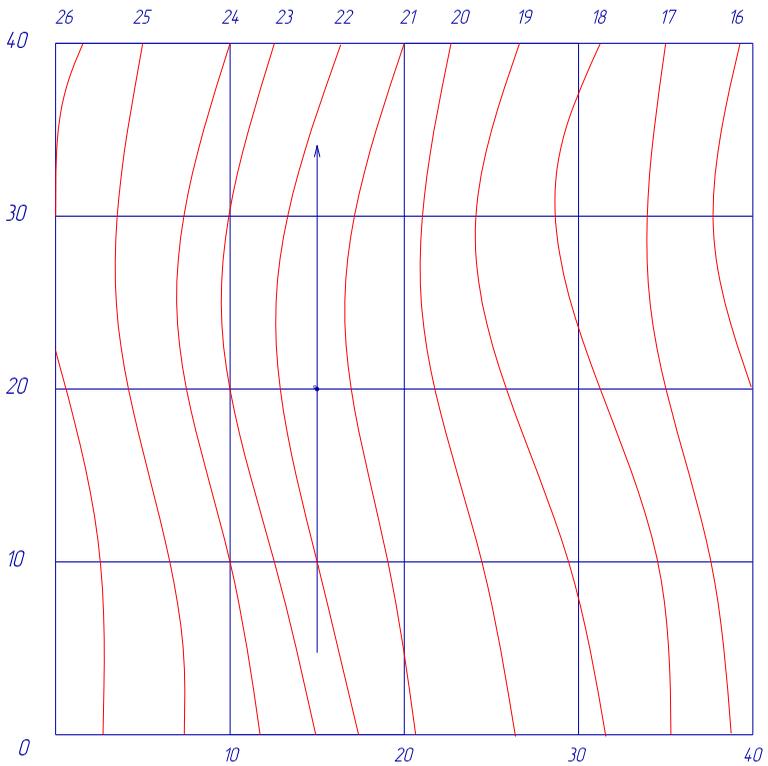


Рис. 1. Горизонталы топографической поверхности

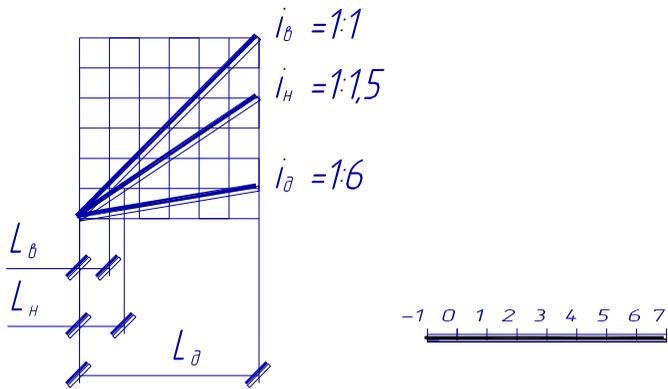


Рис. 2. Масштабы уклонов откосов

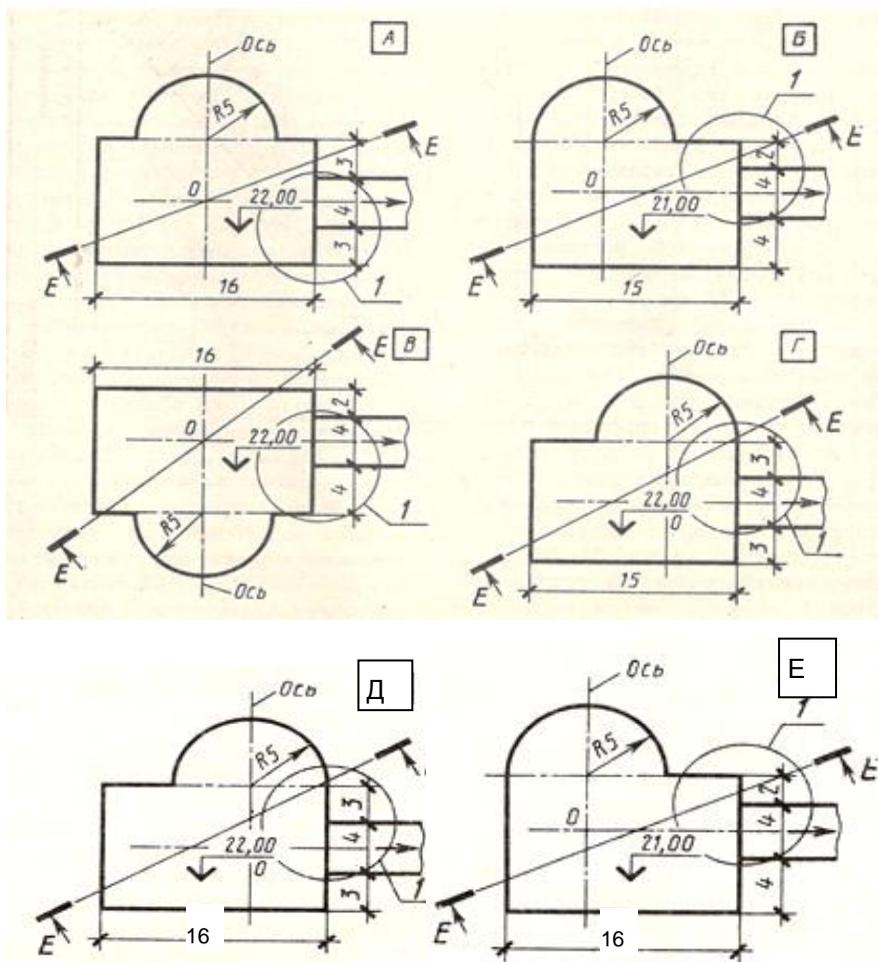


Рис. 3. Тип земляного сооружения

Таблица 1. Варианты задания

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип сооружения	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б
Азимут	0	0	0	0	15	15	15	15	345	345
Номер варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	0
Тип сооружения	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
Азимут	345	345	30	30	30	30	330	330	330	330

2. Правила выполнения построений и оформления

Курсовой проект является заключительным этапом изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика». Поэтому, пример выполнения курсового проекта в данном учебном пособии приведен с использованием прикладного пакета AutoCAD 2020, который изучался на учебных занятиях, или другие прикладные пакеты, например КОМПАС 3D-19.

Для удобства работы при выполнении построений откосов выемки и насыпи горизонтали топографической поверхности и разбивочную сетку участка необходимо получить у преподавателя в формате файла AutoCAD. Сетку и горизонтали необходимо разместить на заблокированном слое, что исключает возможность их несанкционированного изменения.

Контур земляного сооружения и линии пересечения откосов с топографической поверхностью и между собой необходимо задать толщиной 0,6...0,8 мм.

Штриховку (бергштрихи) откосов выемок и насыпей задать толщиной 0,1...0,2 мм перпендикулярно

проектным горизонталям откосов при расстоянии между штрихами 1,5...2,5 мм. Все вспомогательные линии построения необходимо сохранить на чертеже, и задать также толщиной 0,1...0,2 мм.

Для построения горизонталей откосов выемки, насыпи и дороги при помощи масштаба уклонов требуется определить величину интервала.

Интервал для откосов выемки, при выполнении построений в масштабе 1 : 200, составляет 5 мм. Интервал откосов насыпей – 7,5 мм. Интервал откосов дороги – 30 мм. Масштаб уклонов откосов для расчета интервалов приведен ранее на рис. 2.

Интервалы откосов выемки наносятся на масштабы уклонов всех элементов плоскостей откосов и проводятся горизонтали перпендикулярно масштабам уклонов, как показано на рис. 5. Аналогичные построения необходимо выполнить для откосов насыпи (рис.6) и аппарелей дороги (рис.7).

Выемка грунта на проектируемой площадке производится слева от линии нулевых работ. Соответственно насыпь на проектируемой площадке располагается справа от линии нулевых работ.

3 Сущность метода проекций с числовыми отметками

В прямоугольных проекциях предмет проецируют на две или три плоскости проекций.

Однако, если вертикальные размеры изображаемого предмета невелики по сравнению с горизонтальными (длиной и шириной), то построение фронтальной проекции затруднено, а практическое ее использование неудобно. В таком случае пользуются особым методом построения

изображений, называемым методом проекций с числовыми отметками. Наибольшее применение этот метод нашел в решении задач при горном и геологоразведочном производстве.

Проекции с числовыми отметками были впервые применены для изображения на морских картах глубины в различных пунктах водных бассейнов. В XVI веке был предложен способ изображения топографической поверхности кривыми линиями, которые соединяли целый ряд точек, лежащих на одном уровне. Данные кривые линии получили название горизонталей.

Сущность метода проекций с числовыми отметками заключается в следующем. Изображаемый предмет прямоугольно проецируют только на одну горизонтально расположенную плоскость проекций P_0 , называемую плоскостью нулевого уровня.

На чертеже в этом случае отображаются только два его измерения: длина и ширина. Третье измерение – высота изображаемого предмета – выражается числами, определяющими расстояние от точек предмета до плоскости проекций.

Эти числа называют числовыми отметками. Плоскость проекций P_0 , относительно которой ориентируют точки пространства, называют основной или плоскостью нулевого уровня. В решении географических, геодезических и геологических задач за такую плоскость принимают уровень воды моря и океана. В России все абсолютные высоты отсчитываются от нуля Кронштадтского футштока. Изображение в проекциях с числовыми отметками называется планом (рис. 4).

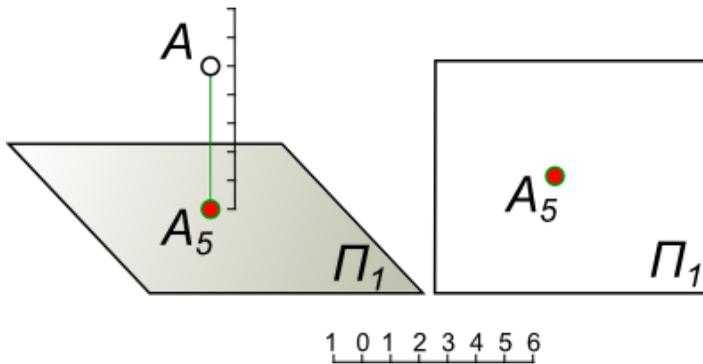


Рис. 4

Для полного определения пространственного расположения изображенных на чертеже точек необходимо наличие масштаба (масштаб всегда указывается на чертеже) и указания линейной единицы, в которой выражены числовые отметки.

Например, точка A_5 на плане имеет две координаты X и Y , а ее высота от нулевой плоскости будет равна 5 масштабным единицам.

3.1. Прямая линия в проекциях с числовыми отметками

В зависимости от расположения относительно плоскости проекций различают три вида прямых: наклонные, горизонтальные и вертикальные.

Прямая AB , расположенная в пространстве произвольно, на чертеже имеет проекцию - прямую линию, которая соединяет проекцию точки A - A_1 и проекцию точки B - B_6 . Проекция A_1B_6 соответствует только одному положению прямой в пространстве, при условии, что задан масштаб чертежа (Рис. 5). Угол наклона прямой AB к горизонтальной плоскости является угол между отрезком

прямой AB и ее проекцией. Если крайние точки отрезка прямой имеют одинаковые отметки, например A_8B_8 , это означает что прямая горизонтальная. Фронтальная проекция такой прямой, построенной с помощью линий связи будет параллельна оси проекций.

Проецирование прямой AB в проекциях с числовыми отметками, позволяет найти натуральную величину отрезка.

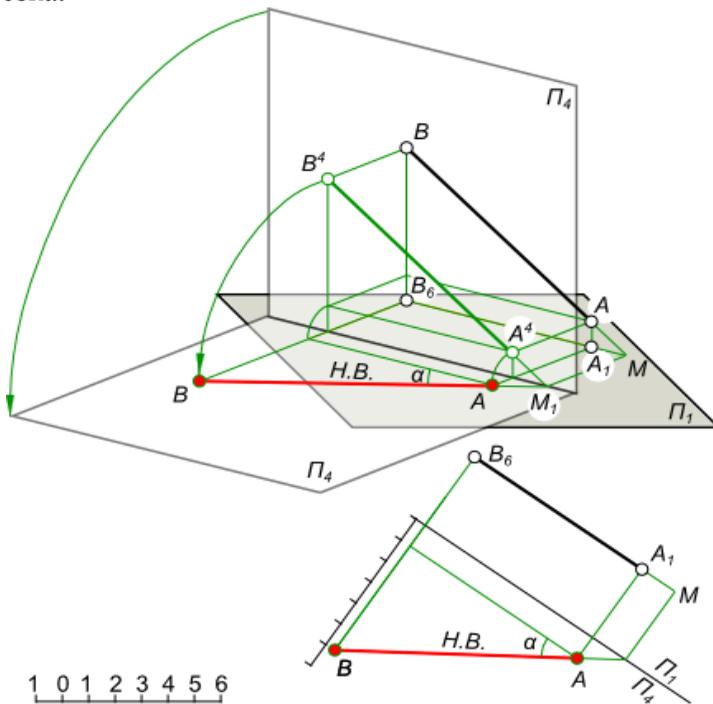


Рис. 5

Проецируем прямую AB на вспомогательную вертикальную плоскость Π_4 , совмещаемую затем с горизонтальной плоскостью Π_1 . Плоскость Π_4 также параллельна прямой AB , вследствие чего прямая AB проецируется на нее в натуральную величину. Угол

наклона прямой к плоскости Π_1 - угол между отрезком АВ и его проекцией.

3.2. Уклон и заложение прямой

В проекциях с числовыми отметками для задания прямой необходимо указать направление проекции, или отметки одной из ее точек, или уклон и интервал. Стрелка указывает направление понижения отметок.

Заложение прямой - это длина проекции данной прямой, обозначаемая L .

Уклон прямой - это отношение разности высотных отметок концов прямой к заложению прямой: $i = (h_1 - h)/L = \operatorname{tg}\alpha$.

Интервал прямой - это горизонтальная проекция отрезка между двумя точками прямой, имеющими разность уровней в одну единицу (Рис. 6).

$$l = L/i = (h_1 - h) = \operatorname{ctg}\alpha.$$

Так как $\operatorname{ctg}\alpha = 1/\operatorname{tg}\alpha$, то $l = 1/i$ то есть уклон и интервал - величины обратные друг другу.

В частном случае: - если прямая линия горизонтальна, угол $\alpha=0$ и $i=0$, интервал $l=1/i=\infty$; - если прямая линия вертикальна, угол $\alpha=90^\circ$ тогда $i=\infty$, интервал $l=1/i=0$.

Уклон откосов выемок и насыпей задается отношением, например: 1:2, 1:3; или в процентах - 10%, 20%; или в промиллях - 20%, 50% для уклонов вдоль дорог и каналов. Промилле - одна тысячная какого-либо числа, десятая часть процента.

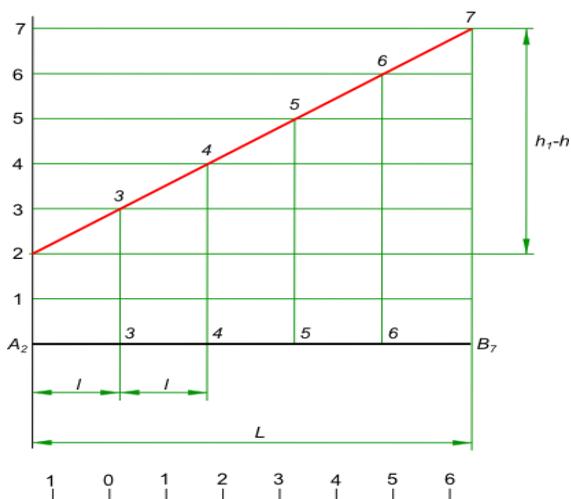


Рис. 6

У наклонной прямой различают два направления: направление падения и противоположное ему направление восстания. Каждое из направлений с северным направлением меридиана составляет на плане угол, который носит название азимута.

Угол β (*азимут*) отсчитывают по ходу часовой стрелки.

В горно-геологической практике, помимо перечисленных выше двух способов, используется задание прямой ее элементами залегания: точкой, азимутом падения и углом наклона прямой к плоскости проекций, который носит название угла падения прямой. Под азимутом падения понимают правый угол, составленный на плане северным направлением меридиана и направлением падения прямой.

У горизонтальной прямой различают два направления, которые носят название направлений простираения. На плане с северным направлением

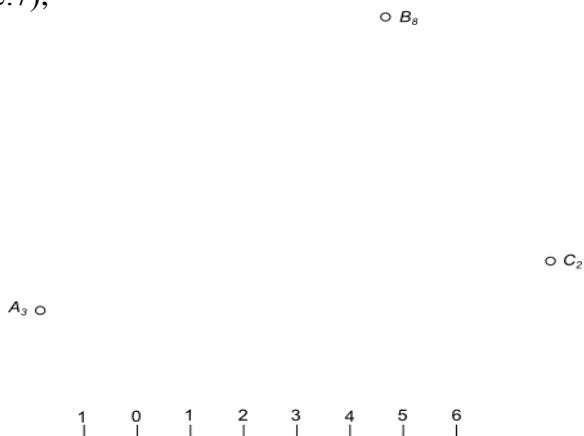
меридиана они составляют углы, которые называют азимутами простираения. Под азимутом простираения понимают правый угол, составленный на плане северным направлением меридиана и одним из направлений простираения прямой.

Определение на проекции прямой точек, отметки которых имеют постоянную разность, называют интерполированием (градуированием) прямой. Интерполяция прямой на плане сводится к определению заложения прямой, соответствующего заданной высоте сечения. Если прямая задана двумя точками, то длина отрезка, соединяющего их проекции, будет заложением прямой для высоты сечения, равной разности числовых отметок этих точек.

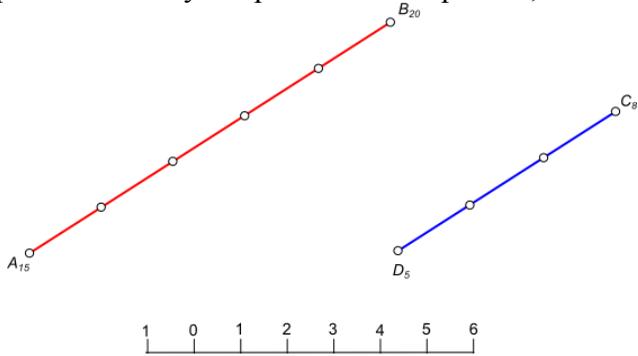
3.3. Плоскость в проекциях с числовыми отметками

Плоскость в проекциях с числовыми отметками может быть задана различным способом. Например:

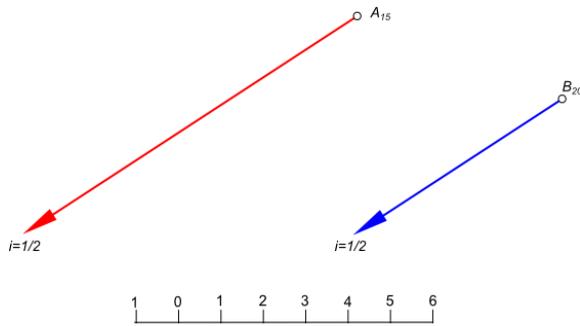
- проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис.7);



- проекциями двух параллельных прямых;



ИЛИ



- проекциями двух пересекающихся прямых АВ и ЕF.

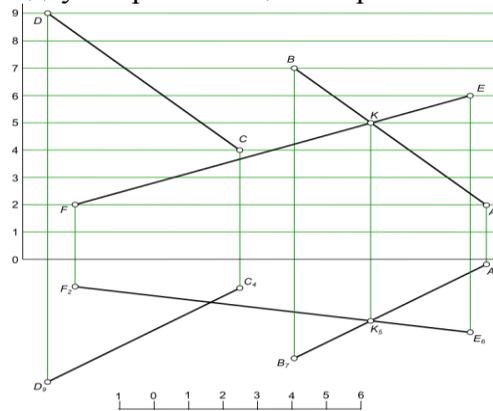


Рис. 7

Угол падения плоскости в проекциях с числовыми отметками - это угол между линией ската плоскости и ее проекцией. Также этот угол называют углом наибольшего ската плоскости (Рис. 8).

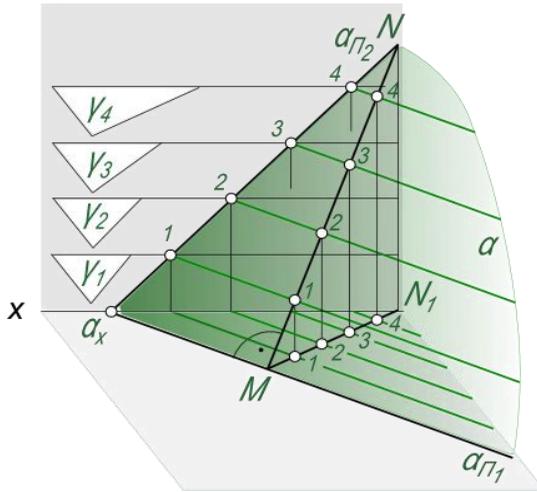


Рис. 8

Угол α между линией ската MN и ее проекцией $MN1$ называется углом падения плоскости, или углом наибольшего ската плоскости (Рис. 9).

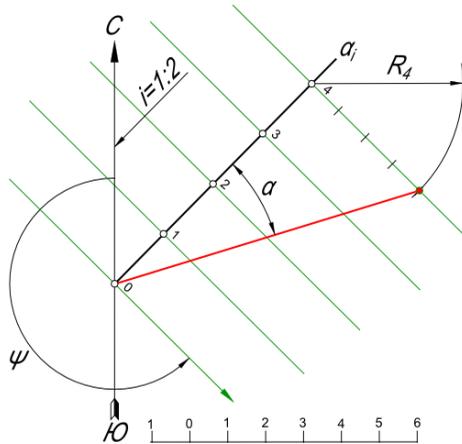


Рис. 9

Масштаб уклона плоскости в проекциях с числовыми отметками - это проекция линии наибольшего ската плоскости и проекции горизонталей плоскости, нанесенных на ней с заданным интервалом.

Угол падения плоскости определяется как угол между натуральной длиной линии наибольшего ската и масштабом уклона плоскости. Для того чтобы найти угол α необходимо построить натуральную длину линии наибольшего ската MN. Масштаб уклона плоскости определяет положение плоскости в пространстве. Чем меньше уклон плоскости, тем больше интервал между горизонталями плоскости.

Направление плоскости и угол простираения плоскости - эти понятия используют, в тех случаях, когда ориентируют плоскость относительно сторон света. Направление плоскости - это правое направление горизонталей, если смотреть в сторону подъема плоскости. Угол простираения плоскости Ψ - это угол, измеряемый в горизонтальной плоскости против хода часовой стрелки, от северного конца магнитной стрелки до направления линии простираения плоскости (Рис.8).

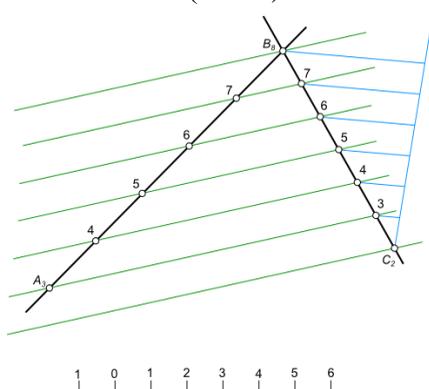


Рис. 8

3.3.1. Пересечение плоскостей между собой.

Линия пересечения плоскостей в проекциях с числовыми отметками может быть построена, если найдены две точки, принадлежащие обеим плоскостям (Рис. 9).

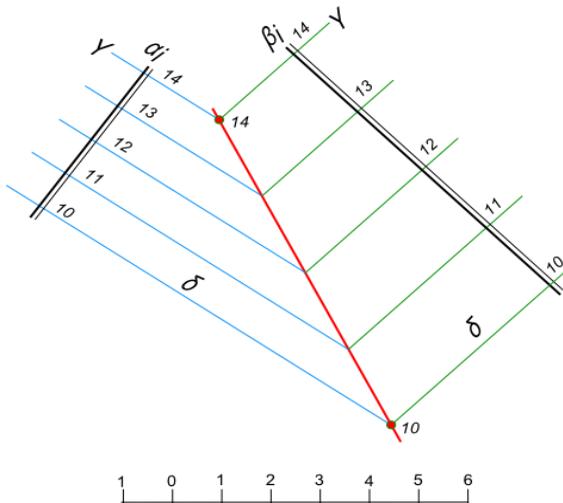


Рис. 9. Пересечение плоскостей

Для нахождения общих точек, принадлежащих плоскостям, проводим горизонтали плоскостей. Пересечение горизонталей с одинаковыми отметками дает две точки, принадлежащие обеим заданными плоскостям.

Линия пересечения плоскостей в проекциях с числовыми отметками строится, если выполняется проектирование земляного сооружения называемого аппарелью. Аппарель - это наклонный въезд или съезд в выемках или насыпях. Здесь имеют место линии пересечения плоскостей откосов аппарели с плоскостью, принятой за условный уровень и откосов между собой. Откосы аппарели можно рассматривать как касательные

плоскости к поверхности прямого кругового конуса, вершина которого скользит по прямой (бровке дороги), а образующая наклонена к плоскости основания под углом, равным углу наклона плоскости откоса.

3.4. Топографическая поверхность.

Топографическая поверхность - это земная поверхность, также это графическая поверхность, закон образования которой неизвестен.

Топографическая поверхность используется при проектировании различных сооружений, дорог, мостов, строительных площадок.

Топографическая поверхность в плане изображается с помощью горизонталей - линий соединяющих точки с одинаковыми отметками. Разность высотных отметок между двумя соседними горизонталями принято брать равными единице. За единицу берут 1 м в том или ином масштабе. Расстояние между горизонталями называется - интервал. Интервал определяет уклон топографической поверхности. Принято считать, что топографическая поверхность в интервалах между горизонталями имеет одинаковый уклон по линии наибольшего ската.

3.5. Пересечение топографической поверхности с плоскостью

Пересечение плоскости с топографической поверхностью находится по точкам пересечения их горизонталей, а они пересекутся, только тогда, когда будут иметь одинаковые отметки.

Если при пересечении плоскостей достаточно было найти две точки, принадлежащие линии пересечения, то

при пересечении с топографической поверхностью необходимо найти пересечение всех ее горизонталей с горизонталями плоскости. Найденные точки соединяются плавной кривой линий.

Задача на пересечение плоскости с топографической поверхностью используется при определении границ земляных работ, при проектировании земляного сооружения на топографической поверхности (Рис. 10).

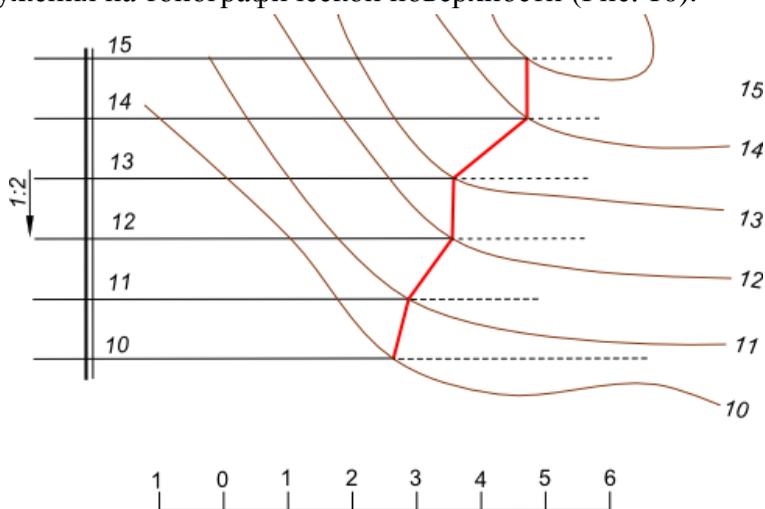


Рис. 10

Профиль - это сечение топографической поверхности вертикальной плоскостью. Горизонтальная проекция такой плоскости проецируется в прямую линию, называемую направлением профилирования.

Профиль применяется для определения рельефа местности и решении специальных задач. Профиль может быть продольным, когда направление профилирования совпадает с продольной осью сооружения; или

поперечным, когда направление профилирования поперек сооружения.

Для построения профиля топографической поверхности:

- все точки пересечения плоскости с горизонталями топографической поверхности переносятся на проведенные в стороне или сверху две горизонтальные прямые;

- слева проводим вертикальную прямую и на ней откладываем единицы масштаба, через которые проводим прямые уровня;

- восстановив перпендикуляры из точек пересечения плоскости с горизонталями топографической поверхности, проводим их до линий соответствующего уровня;

- полученные таким образом точки соединяем плавной кривой линией, которая и представляет собой профиль топографической поверхности. Когда рельеф местности выражен слабо, рекомендуется вертикальный масштаб увеличивать, например, в 5...10 раз.

4. Определение границ выемки и насыпи земляного сооружения

Разберем один из вариантов курсового проекта.

Для выполнения курсового проекта необходимо выбранный по индивидуальному варианту тип сооружения перенести на участок топографической поверхности, рельеф которого задан горизонталями.

Земляное сооружение переносим так, чтобы центр сооружения (точка O) совпал с центром участка. Рассмотрим вариант сооружения типа A , азимут 0 . Откладываем азимут (ось сооружения наклонена к

меридиану под заданным углом) 0 градусов. Отметка уровня площадки земляного сооружения + 22,000 метра. Соответственно, линия нулевых работ на площадке будет проходить по горизонтали с отметкой 22 метра.

Топографическая поверхность с горизонталями и размещенной площадкой земляного сооружения приведена на рис. 11.

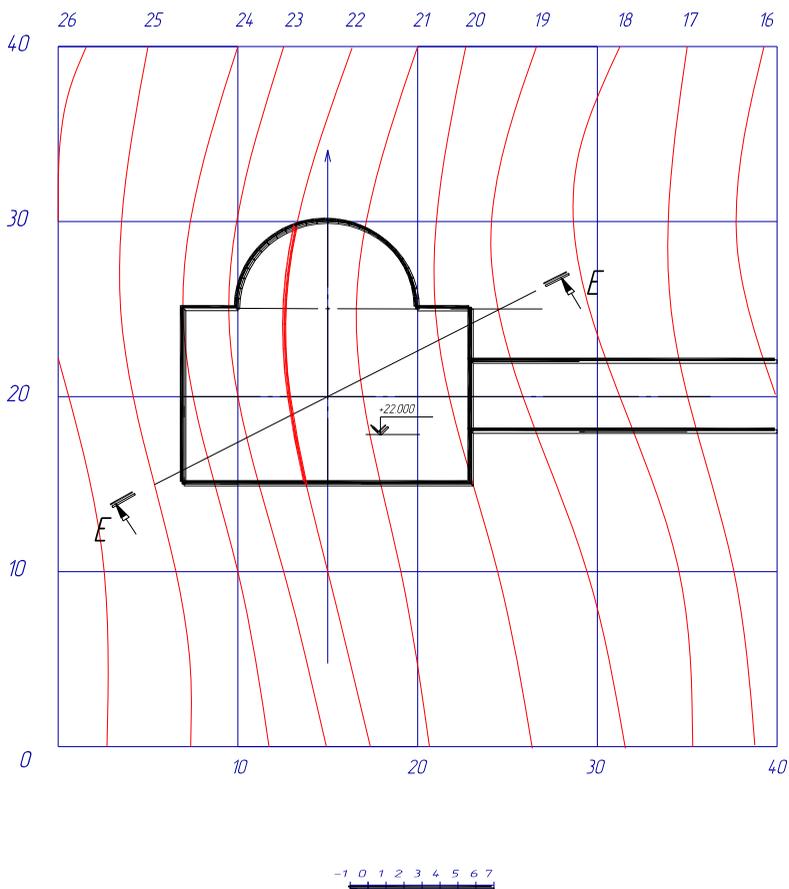


Рис. 11

Границы земляных работ для откосов выемки строим по точкам пересечения горизонталей топографической поверхности с горизонталями плоскостей откосов (рис. 12). При этом, находим точки пересечения откосов соседних плоскостей, которые находятся на линии пересечения плоскостей откосов (биссектрисе угла).

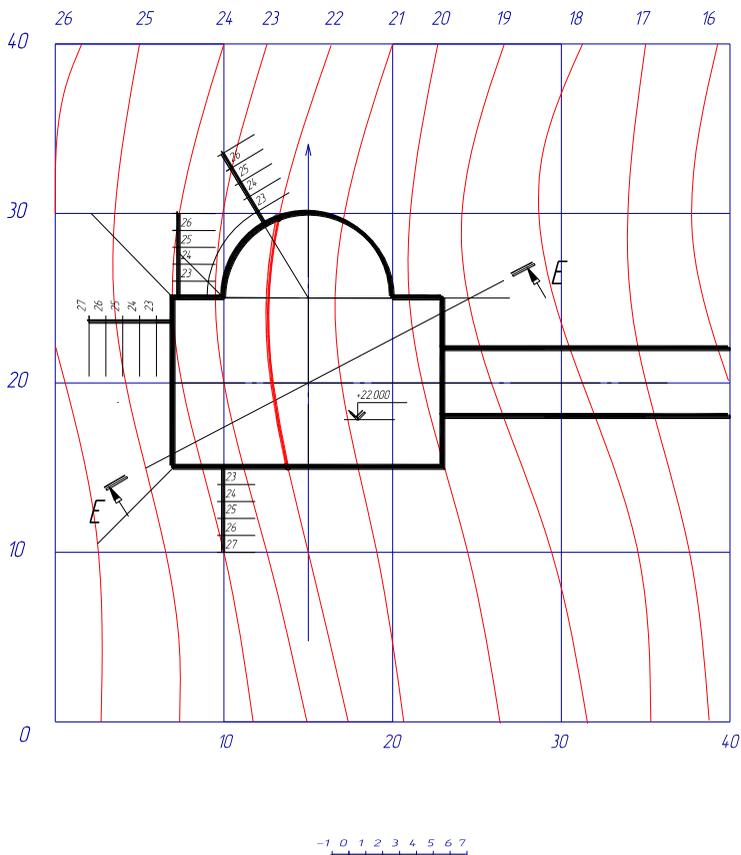


Рис. 12. Горизонталы и масштаб уклонов выемки

Границы земляных работ для откосов насыпи строятся по точкам пересечения горизонталей топографической поверхности с горизонталями откосов насыпи (рис. 13).

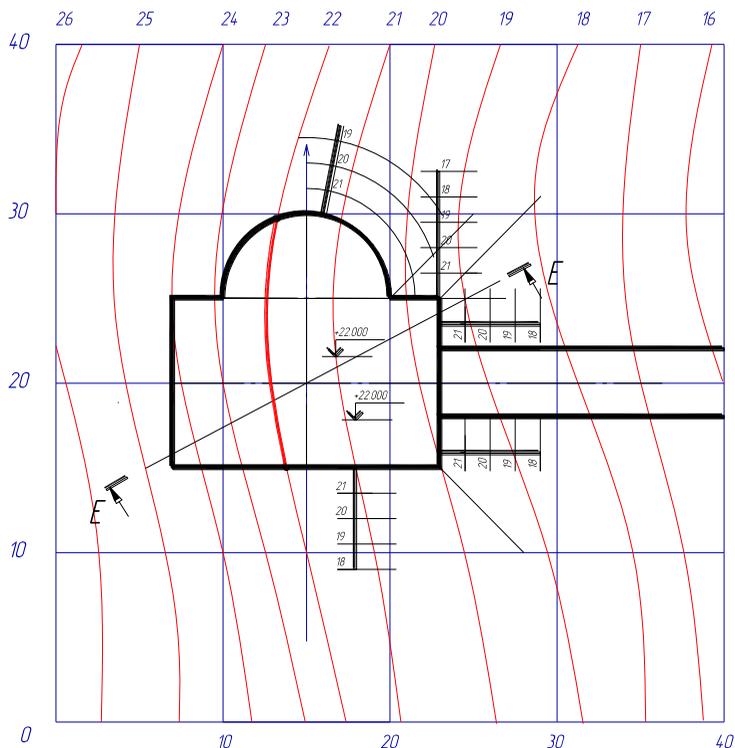


Рис. 13. Горизонталы и масштаб уклонов насыпи

Границу земляных работ на конической поверхности строим по точкам пересечения горизонталей топографической поверхности с горизонталями конической поверхности, которые представляют собой дуги окружностей, проведенные через горизонталы масштаба уклонов конической поверхности.

Построение границы земляных работ на аппаратах дороги строим аналогично. При этом горизонтали плоскости откосов дороги касательные к конической поверхности (рис. 14).

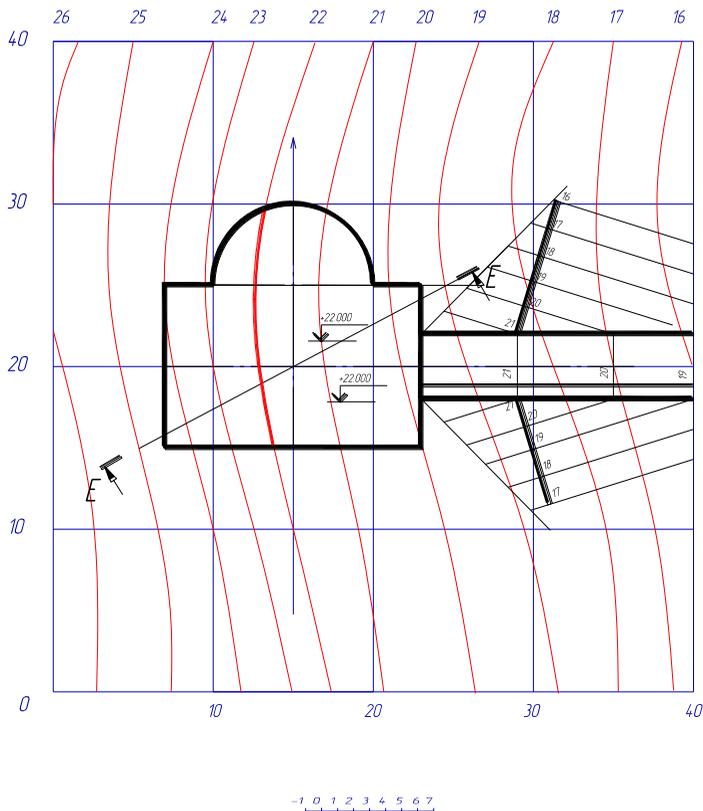


Рис.14 Горизонтали и масштаб уклонов дороги

В результате, соединив все построения на одном листе, получим границы откосов выемки, насыпи и дороги. Полученный чертеж принято называть планом земляных работ, который приведен на рис. 15.

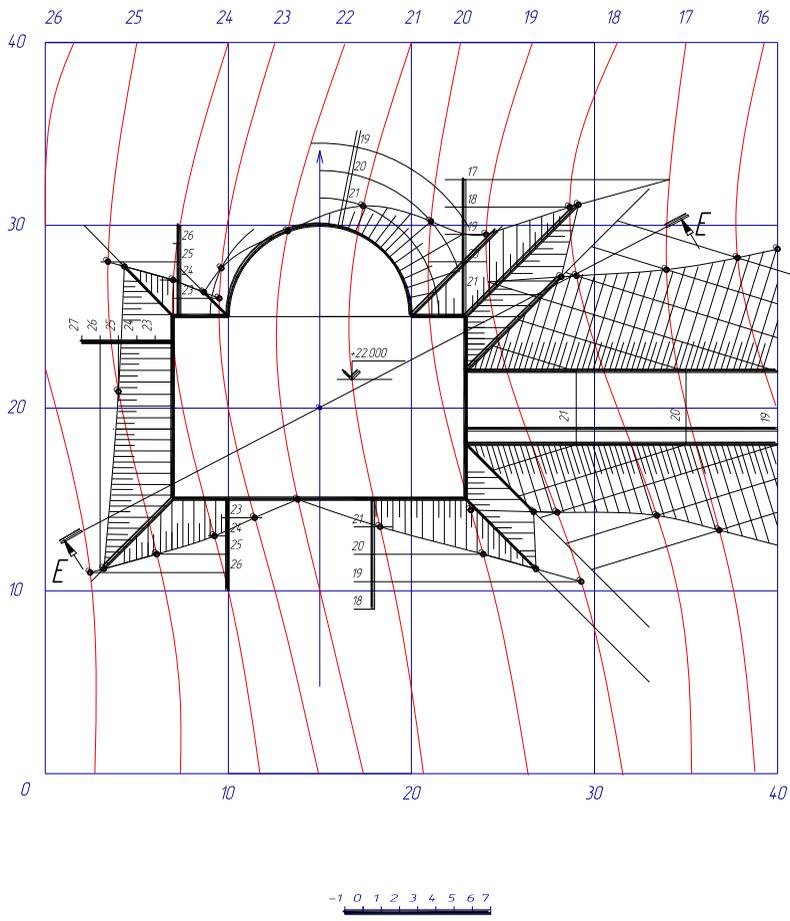


Рис. 15. План земляных работ

5. Построение геологического профиля

Построения профиля земляного сооружения по секущей плоскости Е-Е начинаем с горизонтальной линии, на которой откладываем в масштабе все точки пересечения плоскости с горизонталями топографической поверхности.

Проводим вертикальную линию и на ней в масштабе (можно с увеличением 5:1, или 10:1) откладываем числовые отметки земляного сооружения и горизонталей топографической поверхности.

Восстановив перпендикуляры из точек пересечения плоскости с горизонталями топографической поверхности, проводим их до линий соответствующего уровня;

Полученные таким образом точки соединяем плавной кривой линией, которая и представляет собой профиль топографической поверхности.

Профиль земляного сооружения накладываем на профиль топографической поверхности, повторив все построения. В результате получим искомый геологический профиль – сечение земляного сооружения вертикальной плоскостью Е – Е (рис.16).

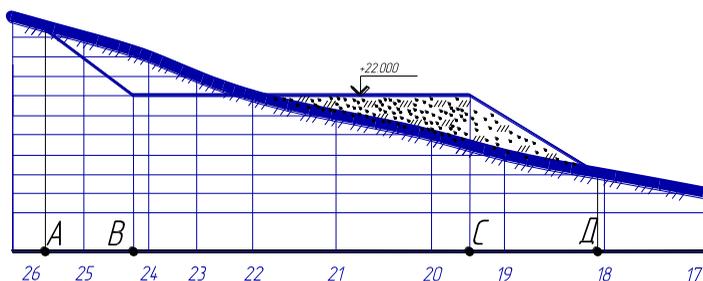


Рис. 16. Профиль земляного сооружения

Заключение

В заключении по курсовому проекту необходимо отразить роль и значение выполненного задания в формировании инженерного мировоззрения. Отразить особенности способа решения инженерно-геологических задач в проекциях с числовыми отметками. А также преимущества графического пакета AutoCAD при выполнении сложных инженерно-геологических чертежей.

Выполнив все построения в пояснительной записке к проекту, необходимо приступить к оформлению графической части.

Графическая часть курсового проекта выполняется на формате А3 в масштабе 1:200.

Графическая часть состоит из плана земляных работ, профиля земляного сооружения и масштаба уклонов.

Основную надпись в нижнем правом углу чертежа выполнить по ГОСТ 2.104-2006.

Список использованных источников

1. Инженерно-геологическая графика: учебник/ Б.М. Ребрик, Н.В. Сироткин, В.Н. Калиничев. – Москва: Изд-во «НТ Прогресс», 2008. – 256 с.

2. ГОСТ 2.851 – 75. Горная графическая документация. Общие правила выполнения горных чертежей /интернет, электронный ресурс/.

3. Государственные стандарты. Единая система конструкторской документации. ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.321-84. – ИПК Издательство стандартов, 2008. – 161 с. /интернет, электронный ресурс/.

4. Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика в задачах и примерах: учебное пособие/ П.Н. Учаев С.Г. Емельянов, К.П. Учаева [и др.]; под общ. ред. проф. П.Н. Учаева. – Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2011. – 288 с. (Гриф УМО АМ).

5. Компьютерные технологии и графика: атлас/ П.Н. Учаев, С.Г. Емельянов, К.П. Учаева, Ю.А. Попов. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 276 с. (Гриф УМО АМ).

6. Инженерная компьютерная графика. Вводный курс: учебник/ П.Н. Учаев, С.Г. Емельянов, С.А. Чевычелов, Г.Ф. Горшков, К.П. Учаев, В.В. Горетый. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 216 с. (Гриф УМО АМ).

7. Горетый В.В. Начертательная геометрия. Лекции для заочников: учебное пособие. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2019. – 87 с.

8. Индекс 38845. Журнал. Геометрия и графика. – Naukaru.ru Web site: <http://nauka2.infa-m.ru>

9. Индекс 72629. Журнал. САПР и Графика. Web site: <http://www.sapr.ru/archive.aspx>.

10. Индекс 72428 Справочник. Инженерный журнал. Web Site: http://www.tstu.ru/win/tgtu/ips/mag_ing/htm

