

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Геодезия»

**Аналитический расчет трассы тоннелей**

**Методические указания**

к выполнению курсовой работы по дисциплине

"Геодезическое обеспечение возведения уникальных

зданий и сооружений"

Ростов-на-Дону

2024

УДК 528.4 (076.5)

Составители: А.Р. Губеладзе, И.О. Губеладзе

Методическое указание по выполнению курсовой работы по дисциплине "Геодезическое обеспечение возведения уникальных зданий и сооружений". – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2024. –

В методических указаниях рассмотрены специальные виды инженерно-геодезических работ при строительстве уникальных сооружений и предназначены для студентов специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия» и направлению подготовки 21.04.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» очной и заочной форм обучения.

УДК 528.4 (076.5)

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Геодезия»

канд. техн. наук, доцент М.А. Николенко

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

В печать ххх

Формат 60х84/16. Объем усл. п. л.

Тираж 100 экз. Заказ № ххх

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный

технический университет, 2024

**1. Особенности построения геодезического обоснования на поверхности**

**1.1 Тоннельная триангуляция**

При строительстве крупных туннелей и больших комплексов подземных сооружений в качестве геодезической основы триангуляция применяется чаще других методов.

Тоннельные триангуляции строят в виде цепочки треугольников, по форме близких к равносторонним. Связующие углы менее 20° не допускаются. Иногда для увеличения надежности определения координат и дирекциоиных углов тоннельные триангуляции строят в виде цепочек геодезических четырехугольников и центральных систем. В качестве базисов измеряют сторон фигур. При этом каждая сеть должна быть обеспечена не менее чем двумя базисами.

Цепь или сеть треугольников строится таким образом, чтобы каждый из треугольников цепи имел общую сторону с соседним треугольником. Схема тоннельной триангуляции представлена на рисунке 1.

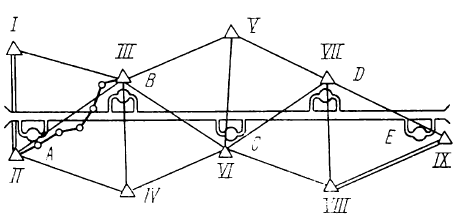


Рисунок 1 - Схема туннельной триангуляции

Если измерить углы полученных треугольников (или других фигур) и определить длину хотя бы одной из сторон, например сторону АВ, называемую выходной, то этого достаточно для вычисления длин сторон всех других треугольников.

Важной особенностью построения геодезического обоснования туннелей является стремление разместить пункты таким образом, чтобы была возможность передачи дирекционного угла в смежные шахты от одной и той же стороны сети. Это исключает влияние ошибки дирекционного угла стороны на сбойку. В тех случаях, когда это требование выполнить нельзя, проектируют сеть таким образом, чтобы между шахтами было наименьшее количество сторон.

Ее основные технические характеристики, установленные инструкцией для случая несбойки 10 см, приведены в таблице 1.

В таблице 1 длина *L* учитывает случай сооружения туннеля из двух крайних его точек. При наличии промежуточных стволов или штолен необходимо определять величину по формуле:*,* где *L* — общая длина туннеля; *l* — среднее расстояние между смежными точками открытия фронта туннельных работ.

Таблица 1 – Технические характеристики триангуляции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Общая длина туннеля *L,* км | Класс триангуляции | Длина сторон триангуляции,  км | Средняя квадратическая ошибка измеренного угла, подсчитанная по невязкам в треугольниках | Допустимая невязка треугольника | Относительная ошибка измерения длины базиса | Средняя относительная  ошибка выходной стороны | Относительная ошибка определения длины наиболее слабой стороны сети | Средняя ошибка дирекционного угла наиболее слабой стороны сети |
| Более 8 | 1 | 4-10 | 0,7" | 3' | 1 : 800 000 | 1 : 400000 | 1 : 200 000 | 1,5" |
| От 5 до 8 | 2 | 2-7 | 1,0 | 4 | 1 : 500 000 | 1 : 300 000 | 1 : 150 000 | 2,0 |
| » 2 » 5 | 3 | 1,5-5 | 1,5 | 6 | 1 : 400 000 | 1 : 200 000 | 1 : 120 000 | 3.0 |
| » 1 » 2 | 4 | 1-3 | 2,0 | 8 | 1 : 300 000 | 1 : 150 000 | 1 : 70 000 | 4.0 |

Схема запроектированной триангуляции и каталог координат приведены в приложении А. Оценка точности запроектированной триангуляции приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Оценка точности запроектированной триангуляции

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | M | Mx | My | a | b | α |
|  |  |  |  |  |  |  |

**1.2. Основная полигонометрия**

Главную плановую геодезическую основу сгущают основной полигонометрией с целью обеспечения опорными пунктами полосы территории шириной, равной четырехкратной глубине заложения тоннеля. На эти пункты опирается геодезическое обоснование, создаваемое на строительных площадках стволов, вестибюлей, наклонных ходов и других сооружений тоннеля для разбивок и передачи координат в подземные выработки.

Основные полигонометрические ходы, прокладываемые при строительстве туннелей, характеризуются следующими техническими данными: максимальная длина хода между пунктами триангуляции 3 км; максимальная длина хода между узловыми точками 1 км; средняя длина линии около 250 м, наибольшая 500 м и наименьшая 150 м; средняя квадратическая погрешность измеренного угла не должна превышать 3". Относительная невязка ходов, проложенных для строительства туннелей метрополитена длиной более 0,5 км, не должна превышать 1:30 000, а ходов, проложенных для строительства туннелей длиной менее 0,5 км — 1:20 000; при строительстве перегонных туннелей с диаметром обделки в свету D = 5,10 м относительная невязка ходов основной полигонометрии не должна превышать 1 :35 000. Если в полигонометрическом ходе более 8 линий, рекомендуется на середину хода передать исходный дирекционный угол.

Привязку ходов основной полигонометрии к пунктам триангуляции, расположенным на крышах зданий, осуществляют методом снесения координат. При этом должно быть построено не менее двух треугольников. Линейные и угловые измерения в треугольниках выполняют с точностью, установленной для основной полигонометрии. Желательно выполнять строгое уравнивание измерений в схеме снесения координат, рассматривая ее как линейно-угловое построение, с получением поправок как в углы, так и в стороны. Схема запроектированной полигонометрии и каталог координат приводятся в приложении. Оценка точности запроектированной полигонометрии для входа в тоннель приводится в виде таблицы 3. Оценка точности запроектированной полигонометрии для выхода из тоннеля приводится в виде таблицы 4.

Таблица 3 - Оценка точности запроектированной полигонометрии для входа в тоннель

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | *M* | *Mx* | *My* | *a* | *b* | *α* |
|  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 4 - Оценка точности запроектированной полигонометрии для выхода из тоннеля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | *M* | *Mx* | *My* | *a* | *b* | *α* |
|  |  |  |  |  |  |  |

**1.3. Подходная полигонометрия**

Разбивку на поверхности осей ствола и подходных штолен, а также передачу координат через ствол в подземные выработки выполняют от пунктов подходной полигонометрии, создаваемой на строительной площадке около ствола.

Длины ходов подходной полигонометрии, опирающейся на пункты основной полигонометрии или главной геодезической основы, допускаются длиной не более 300 м, длины сторон - не менее 30 м. Углы измеряют со средней квадратической ошибкой не более 4". Относительная невязка в ходах или полигонах не должна превышать 1/20000. В коротких ходах абсолютная невязка должна быть до 10мм.

При детальной рекогносцировке приствольных точек полигонометрии места их закрепления выбирают с учетом возможности передач дирекционного угла к стволу шахты непосредственно с пунктов триангуляции. При отсутствии непосредственной видимости от ствола на пункт триангуляции одновременно с выбором приствольной точки рекогносцируют вспомогательную точку на крыше здания, через которую можно произвести падежную передачу дирекционного угла со стороны триангуляции к стволу шахты. Схема запроектированной полигонометрии и каталог координат приводятся в приложении. Оценка точности запроектированной полигонометрии для входа в тоннель приводятся в виде таблицы 5. Оценка точности запроектированной полигонометрии для выхода из тоннеля приводятся в виде таблице 6.

Таблица 5 - Оценка точности запроектированной полигонометрии для входа в тоннель

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | *M* | *Mx* | *My* | *a* | *b* | *α* |
|  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 6 - Оценка точности запроектированной полигонометрии для выхода из тоннеля

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | *M* | *Mx* | *My* | *a* | *b* | *α* |
|  |  |  |  |  |  |  |

Результатом является создание ОГС как представлено на рисунке 2.

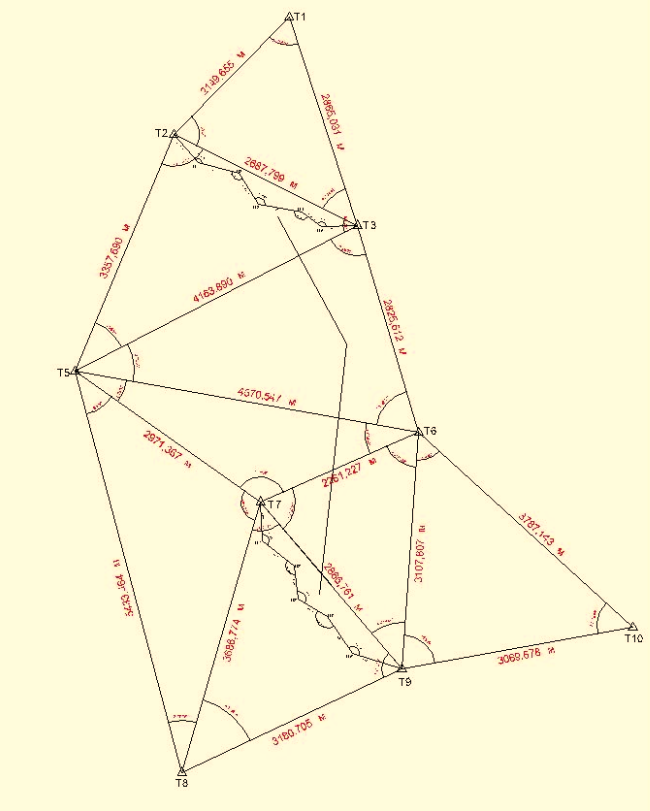


Рисунок 2 - Опорная геодезическая сеть

**2. Ориентирование**

Ориентированием называется процесс передачи дирекционного угла и координат с поверхности в подземные выработки. При этом координаты с поверхности в подземные выработки передают от точек основной или подходной полигонометрии, а дирекционные углы – от сторон тоннельной триангуляции.

Характеристики основных способов ориентирования и их точность приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Способы ориентирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  пп | Название | Точность  (то) | Идея способа |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | Магнитный способ | 5' | На поверхности земли, на линии с известным дирекционным углом с помощью буссоли определяют склонение магнитной стрелки. Затем с буссолью спускаются в подземную выработку и по магнитной стрелке, с учетом склонения, определяют дирекционный угол оси выработки или закрепленного направления. |
|  | Способ створа двух отвесов | до 30" | Для ориентирования применяют два отвеса, опущенных в ствол шахты и закрепленных на поверхности в створе линии с известным дирекционным углом. В подземной выработке в створе двух отвесов устанавливают теодолит, с помощью которого задают исходное направление. |
|  | Способ двух шахт | до 8" | В подземной выработке прокладывается полигонометрический ход, который привязывается к двум опущенным с поверхности отвесам с известными координатами в начале и конце (в промежутке) хода. |
|  | Гироскопическое ориентирование | 2" - 3" | С помощью гиротеодолита измеряется азимут направления в любом месте подземной выработки. |
|  | Автоколлимацион­ный способ | 8" | Для измерений применяют два автоколлимационных теодолита, один из которых устанавливают на поверхности, а другой -в подземной выработке, а также три зеркальных поворотных устройства: верхнее (ВПУ), среднее (СПУ) и нижнее (НПУ). Совмещение визирных лучей (теодолит на поверхности - ВПУ; ВПУ-СПУ; СПУ-НПУ; НПУ - теодолит) в подземной выработке в одной плоскости позволяет получить дирекционный угол линии в подземной выработке. |
|  | Способ  соединительного  треугольника | 10" - 12" | В ствол опускают два отвеса и на поверхности земли путем необходимых измерений определяют дирекционный угол плоскости двух отвесов, который принимается за исходный базис для определения дирекционного угла линии подземной полигонометрии. |

Анализ способов ориентирования позволяет сделать следующие выводы:

1. Способ ориентирования двух шахт позволяет получить дирекционный угол линии подземной полигонометрии непосредственно у забоя, а в остальных способах определяется дирекционный угол первой линии у ствола. Однако, способ ориентирования двух шахт применяется только при наличии дополнительных скважин и в том случае, когда трасса тоннеля прямолинейная или имеет большой радиус круговой кривой.

2. Гироскопическое ориентирование является наиболее прогрессивным способом и позволяет производить контрольные измерения азимутов линий подземной полигонометрии в любом месте подземной выработки.

3. Ориентирование способом соединительного треугольника, ввиду наличия избыточных измерений, позволяет производить уравнивание результатов измерений.

При ориентировании подземной основы способом створа двух отвесов в качестве исходной принимают ось *I - II* подходной штольни, вынесенной в натуру от пунктов подходной полигонометрии А, В, С, Dпо разбивочным элементам , и , . Над точкой *I* центрируют теодолит и наводят его на марку , установленную в точке *II .*Строго в створе визирной линии по теодолиту подвешивают отвесы и *.* Разбивка оси подходной штольни от пунктов полигонометрии показана на рисунке 3.

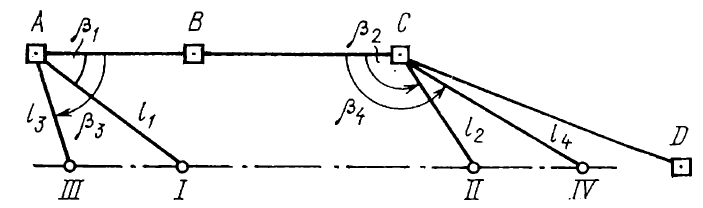


Рисунок 3 - Разбивка оси подходной штольни от пунктов полигонометрии

Затем производится оценка точности запроектированной подходной полигонометрии для первого ствола приведена в виде таблицы 8. Оценка точности запроектированной подходной полигонометрии для второго ствола приведена в виде таблицы 9.

Таблица 8 - Оценка точности запроектированной основной полигонометрии

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | *M* | *Mx* | *My* | *a* | *b* | *α* |
|  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 9 - Оценка точности запроектированной подходной полигонометрии для первого ствола

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пункт | *M* | *Mx* | *My* | *a* | *b* | *α* |
|  |  |  |  |  |  |  |

.

**3. Подземная полигонометрия**

Оси и контуры туннеля и подземных сооружений в процессе строительства разбивают от пунктов подземного полигонометрического хода, прокладываемого в выработках вслед за забоем. Для выхода от ствола на трассу в подходных выработках, которые в большинстве случаев представляют штольни шириной в основании около 3 м и высотой около 2 м, прокладывают ходы подходной подземной полигонометрии. Сравнительно небольшая ширина подходной штольни и малый радиус круговой кривой вынуждают включать в ходы подходной подземной полигонометрии стороны длиной менее 10 м.

Полигонометрические ходы, прокладываемые по трассе туннеля, делятся на два вида: рабочие подземные полигонометрические ходы со сторонами 25-50 м и основные полигонометрические ходы со сторонами 50-100 м. При удалении забоя от ствола более чем на 1 км по пунктам основного подземного полигонометрического хода прокладывают главные ходы, измеряют углы между диагоналями, соединяющими возможно дальше расположенные между собой пункты основного полигонометрического хода. Углы в полигонометрии измеряют с ошибками, не превышающими величин, установленных для различных разрядов тоннельной триангуляции. Другие точностные характеристики представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Точностные характеристики подземной полигонометрии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разряд  полигонометрии | Относительная средняя ошибка измерения  стороны | | Допустимая относительная невязка хода | | |
| для  криволинейного  тоннеля | для  прямолинейного  тоннеля | для криволинейного  тоннеля | для прямолинейного тоннеля | |
| по поперечному  сдвигу | по  продольному  сдвигу |
| I | 1:300 000 | 1:150 000 | 1:200 000 | 1:200 000 | 1:100 000 |
| II | 1:200 000 | 1:100 000 | 1:150 000 | 1:150 000 | 1:70 000 |
| III | 1:150 000 | 1: 70 000 | 1:120 000 | 1:120 000 | 1:60 000 |
| IV | 1:100 000 | 1:50 000 | 1:70 000 | 1: 70 000 | 1:40 000 |

Значения координат пунктов и дирекционных углов линий, на которые опираются ходы подземной полигонометрии, получаются в результате ориентирования через ствол. Ходы подземной полигонометрии могут опираться на пункты геодезического обоснования, созданного на поверхности путем непосредственного примыкания через порталы, штольни или наклонные выработки. Основные полигонометрические ходы прокладывают в виде цепочек вытянутых треугольников. Схема подземной полигонометрии в виде цепочек вытянутых треугольников представлена на рисунке 4.

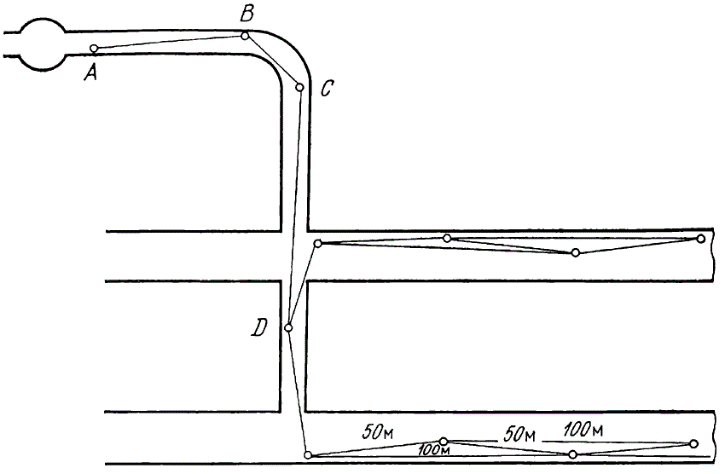


Рисунок 4 - Подземная полигонометрия в виде цепочек

вытянутых треугольников

Часть точек рабочего полигонометрического хода включают в схему основного полигонометрического хода. Пункты рабочих и основных полигонометрических ходов в штольнях закрепляют бетонными монолитами с металлическим стержнем, а в бетонной обделке туннеля отрезками узкоколейных рельсов длиной около 10 см, забетонированными в обделку туннеля. Центр знака фиксируют отверстием диаметром 1-2 мм, зачеканенным медью. В своде туннеля при скальных породах или бетонной обделке полигонометрические знаки закрепляют специальными штырями. В туннелях с металлической тюбинговой обделкой полигонометрические знаки закрепляют на ребре жесткости обделки, при этом запиливают, площадку на уровне головки рельсов (УГ.Р) размером 2-3 см и в середине ее просверливают отверстие, которое зачеканивают медью . Знаки основной полигонометрии в туннелях закладывают примерно на 10 см выше уровня головки рельсов. На каждый закрепленный знак составляют описание. Способы крепления пунктов подземной полигонометрии представлены на рисунке 5.

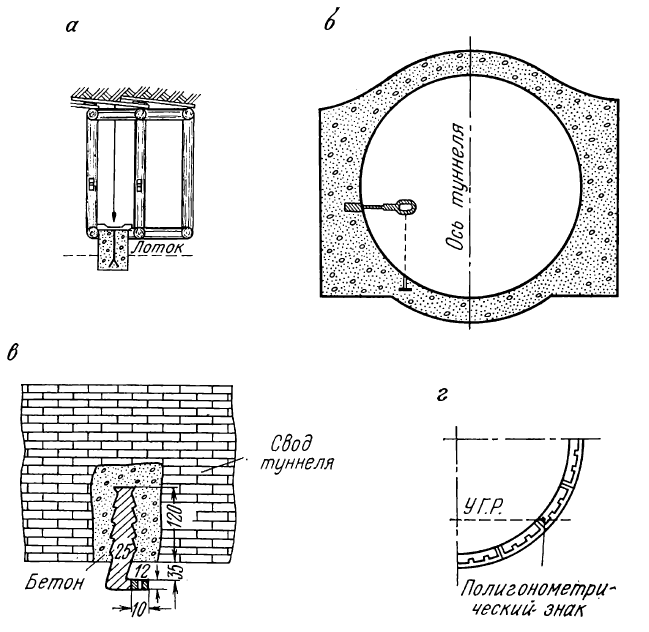


Рисунок 5 - Знаки крепления пунктов подземной полигонометрии

**4. Трасса тоннеля и её аналитический расчет**

Запроектированная трасса тоннеля в плане состоит из прямых участков, сопряженных круговыми кривыми. Для отыскания на местности и вычисления координат начала (НКК) и конца (НКК) круговой кривой по углу поворота трассы *Ө* и заданному радиусу *R* вычисляют: длину линии тангенса (тангенс) *Т*, длину кривой *К* и домер *Д* по формулам:

 (1)

Ось трассы тоннеля, состоящую из прямых участков и круговых кривых, называют разбивочной осью. Для более плавного движения поездов при переходе с прямых участков к круговым заданного радиуса вписывают переходные кривые, радиусы кривизны которых меняются обратно пропорционально длине кривой по закону клотоиды. Геометрические характеристики трассы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Геометрические характеристики трассы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Θ°  (угол поворота) | Радиус  R,м | Тангенс  Т,м | Кривая  К,м | Биссектриса  Б,м | Домер  Д,м |
|  |  |  |  |  |  |

Ось трассы показана в приложении Д. Каталог координат пикетов приведен в приложении Е. Профиль трассы приведен в приложении Ж.

В результате вписывания переходных кривых круговая кривая смещается к центру кривизны в конце переходной кривой (КПК) на величину *р*, определяемую по формуле:

; (2)

где *L* - длина переходной кривой; *С* - параметр переходной кривой; *R* - радиус круговой кривой. Радиус смещенной круговой кривой будет равен *R* - *p*.Ось трассы, включающая прямые отрезки, переходные и смещенные кривые, принято называть осью пути. Проекцию на линию тангенса t1, отрезка переходной кривой между началом переходной кривой и началом или концом круговой кривой вычисляют по формуле:

 (3)

,

а проекцию *t*2, между концом переходной кривой и началом или концом круговой кривой - по формуле:

; (4)

.

Угол φ полного поворота переходной кривой вычисляют по формуле:

 (5)



 .

Для уравнивания действия центробежной силы, возникающей при движении вагона по криволинейному участку, внешний рельс возвышают по отношению к внутреннему на величину *h*. Вследствие возвышения наружного рельса на кривой вагон наклоняется и его центр смещается на величину *q* к центру кривой.

Горизонтальное проложение этого смещения определяется формулой:

; (6)

м.

где *d* - высота центра тяжести вагона над головками рельсов, *а* - расстояние между осями рельсов.

Поэтому на круговых кривых ось тоннеля необходимо сместить на величину *q* относительно оси пути. Такую смещенную кривую называют ось тоннеля. Таким образом, на криволинейных участках в проектных чертежах даются сведения по трем осям трассы тоннеля:

1. Разбивочной оси радиусом *R* = 500 м.

2. Оси пути с радиусом *R*п = *R* - *p* = 500 - 0.208 = 499,792 м.

3. Оси тоннеля с радиусом *RT* = *R* - (*p* + *q*) = 500 – (0,208+0,174) = 499,618 м.

При вычислении координат конца переходной кривой на оси пути по абсциссе и ординате за начало координат принимается точка начала переходной кривой, а за ось *x* -линия тангенса.

Координаты точки конца переходной кривой в этой системе определяется по формулам:

 (7)

 (8)

Зная координаты точки начала переходной кривой и дирекционный угол тангенса, не трудно получить координаты конца переходной кривой в принятой для строительства тоннеля системе координат.

а) вычисление значений основных элементов круговой кривой;

б) вычисление координат пикетов, расположенных на прямых участках разбивочной оси;

в) вычисление значение *t*1 и *t*2 по формулам:

.

.

г) вычисление пикетных значений начала и концов переходных кривых

Затем подсчитывается пикетажное наименование начала кривой (НК) и конца кривой (КК):

*НК = ВУП - Т*; (9)

*КК = НК + К*. (10)

Контроль:

*КК* = *ВУП* + *Т* - *Д*. (12)

Для нахождения середины кривой, измеренный угол делится пополам и по этому направлению откладывается длина биссектрисы. Пикетажное наименование середины кривой вычисляется по формулам:

*СК* = *НК* + 0,5*К*; (13)

*СК* = *КК* - 0,5*К*. (14)

Пример: вычисления пикетажных значений главных точек

Элементы кривой 1:

*НК* = *ВУП* - *Т* = *ПК*46 + 80,00 – 76,95 = *ПК* 46 + 3,05;

*КК* = *НК* + *К* = *ПК*46 + 3,05 + 152,70 = *ПК* 47 + 55,75.

Контроль:

*КК* = *ВУП* + *Т* – *Д* = *ПК* 46 + 80,00 + 76,95 – 1,20 = *ПК* 47+55,75

*СК* = *НК* + 0,5*К* = *ПК* 46 + 3,05 + 0,5152,70 = *ПК* 46 + 79,40

*СК* = *КК* – 0,5*К* = *ПК* 47 + 55,75 – 0,5·152,70 = *ПК* 46 + 79,40

д) вычисление координат *НПК*1 и *НПК*2

е) вычисление координат концов переходных кривых

На оси пути и оси тоннеля через угол поворота *φ* переходной кривой и радиусы

*R*п = *R - p* оси пути и *Rm* = (*p* + *q*) оси тоннеля;

φ=2˚ 51ʹ 53,3ʺ;

Смещение оси пути относительно разбивочной оси в конце переходной кривой равно

*р* = 0,208;

Радиус оси пути *R*п = *R* – *p* =499.792 м.

Смещение оси тоннеля относительно оси пути равно

*q* = *h*(*d*/*a*) =0.174.

Радиус оси тоннеля *R*m

Вычисление координат *НПК*1 и *НПК*2

Вычисление координат концов переходных кривых (*КПК*1 и *КПК*2)

*x*\* = 49,9875 м.

*y*\* = 0,8332 м.

При выполнение контрольных вычислений допускаются расхождения не более 0,002 м. Схема переходной кривой приведена в приложении.

**Литература**

1. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1981. — 438 с.

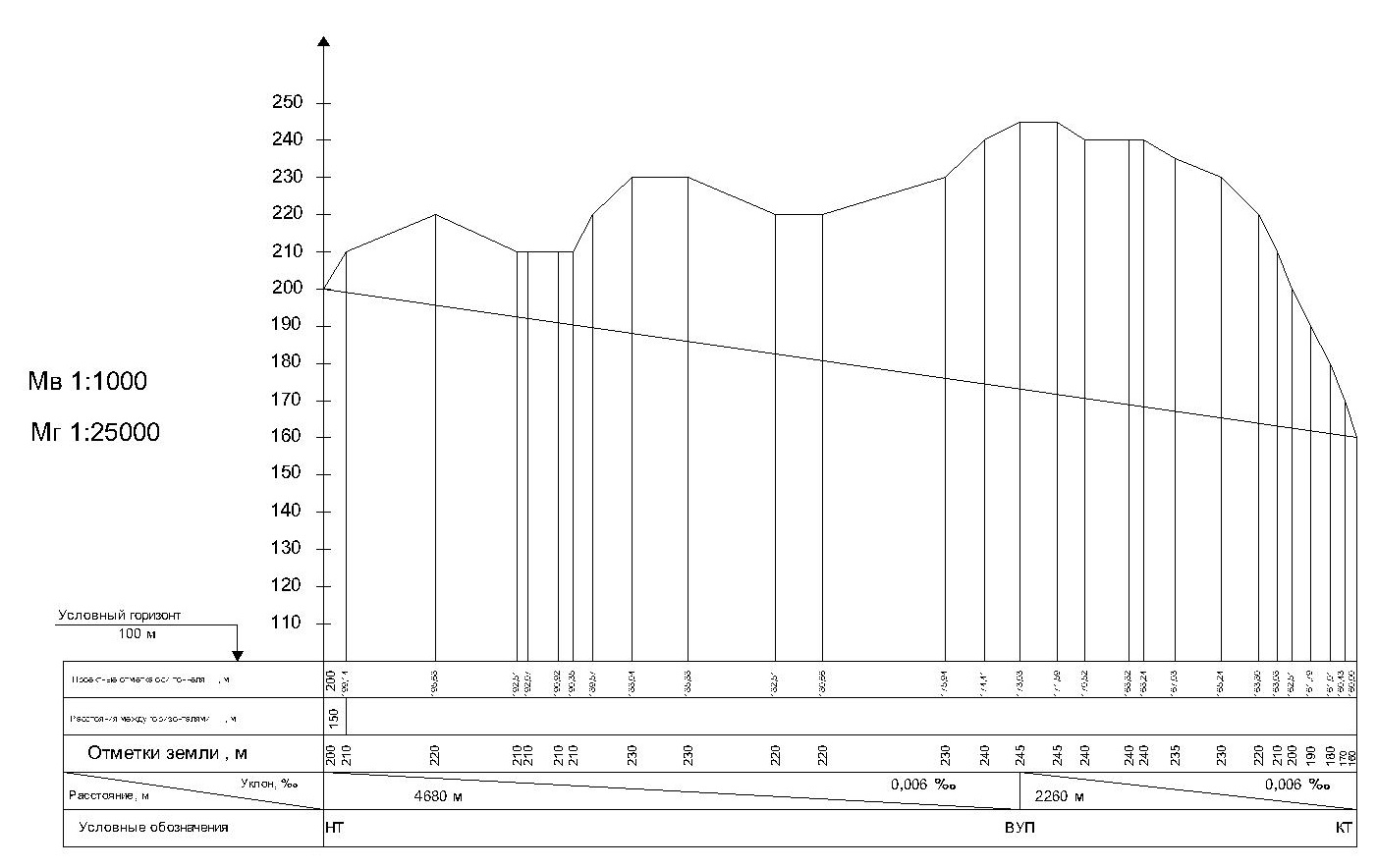
2. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений: Учебник для вузов. М.: Недра, 1983. — 400 с.

3. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. - М.: Высшая школа, 2004.

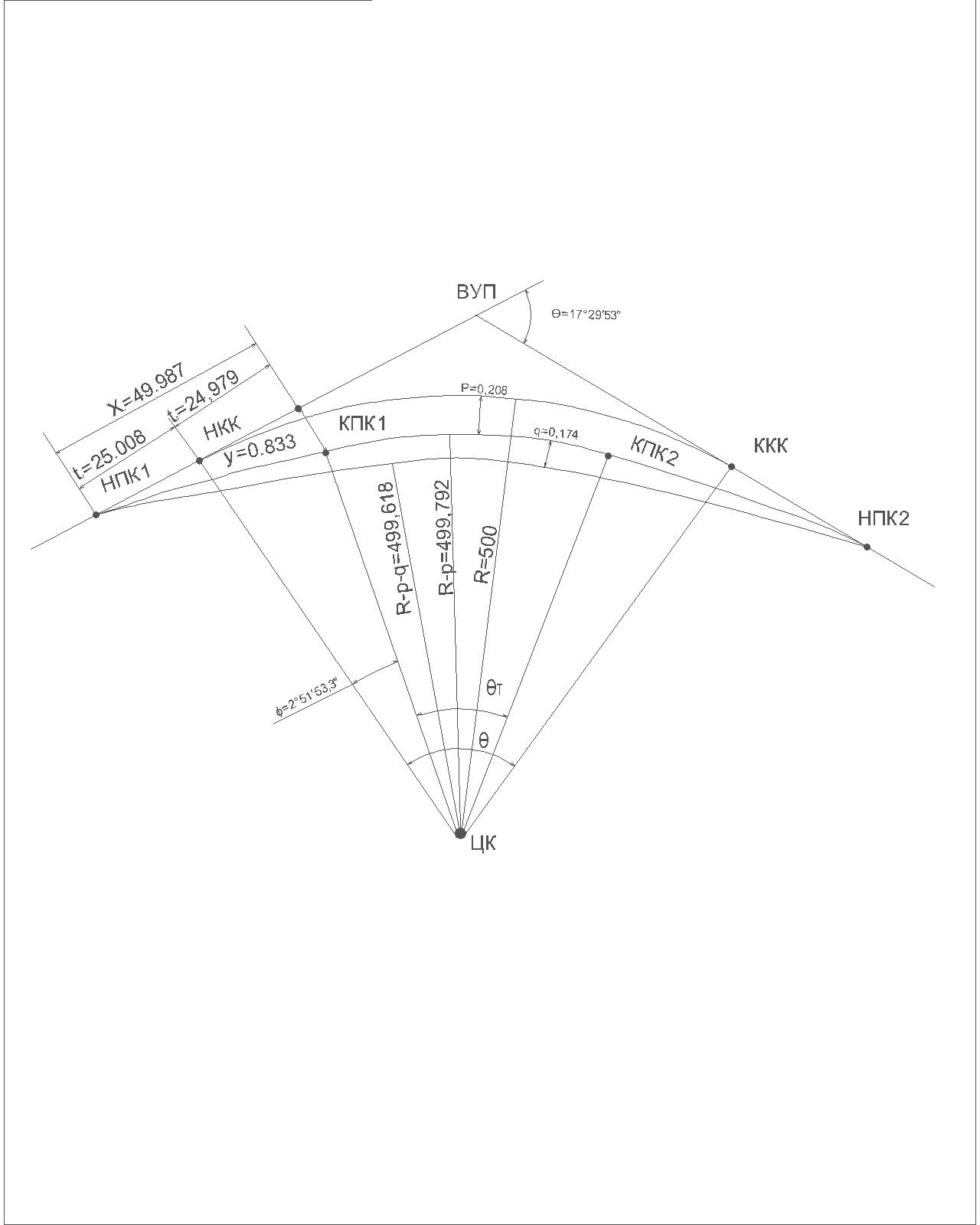
4. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. Учебное пособие для вузов.- М.: Академический Проект, 2007.- 592 с.

5. Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Е. Б. Клюшин, И62 М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; Под ред. Д. Ш. Михелева.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 480 с.

**Приложение А - Пример составления продольного профиля трасы**

****

**Приложение Б - пример разбивки кривой**

****