

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт Геологии, нефти и горного дела имени К.Турысова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезия

**Утеуленова Аяулы Ермаковна**

**«Маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене»**

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В070700 – Горное дело

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт Геологии, нефти и горного дела имени К.Турысова

Кафедра Маркшейдерское дело и геодезия

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой,  
Доктор PhD, ассоц. проф  
Имансакипова Б.Б.Имансакипова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 ж.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

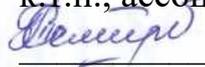
**На тему: «Маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене»**

**по специальности 5В070700 – Горное дело**

Выполнил: Утеуленова А.Е.

Научный руководитель

к.т.н., ассоц. профессор

 С.Т.Солтабаева

21.05.2020 г.

Алматы 2020

## **ЗАДАНИЕ**

### **на выполнение дипломной работы**

Обучающейся Утеуленовой Аяулы Ермековне

Тема: «Маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене»

Утверждена приказом по университету № 762-б от «27». 01. 2020г.

Срок сдачи законченного проекта

Исходные данные к дипломной работе:

1. Геологические данные месторождения.
2. Состояние открытых горных работ на месторождении
3. Выполнение маркшейдерских работ при прокладке рельсовых путей в метрополитене

Краткое содержание дипломной работы:

- а) в работе описывается ведение маркшейдерско-геодезических работ в метрополитене;
- б) в работе также описываются непосредственно маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей.

Рекомендуемая основная литература:

1. Попов И.И., Жаркимбаев Б.М. Маркшейдерское дело. Маркшейдерские работы при подземных разработках. – Алматы, 2000 г. – 247 с.
2. Касенов Б.С., Жаркимбаев Б.М., Солтабаева С.Т. Практикум общего курса маркшейдерского дела / Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ имени К.И.Сатпаева, 2015. – 126 с.
3. Д.Н. Оглоблин «Маркшейдерское дело» – М.: Недра, 1981
4. Ушаков Н.И. «Маркшейдерское дело» М., Недра, 1989
5. Р.Р. Синанян. «Маркшейдерское дело» – М.: Недра, 1988;

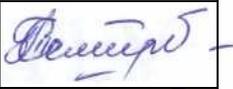
## ГРАФИК

### Подготовки дипломной работы

Наименование разделов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Геология месторождения и горная часть	20.01.2020-15.02.2020	
Маркшейдерские работы на месторождении	17.02.2020-25.04.2020	

## Подписи

### консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу

Наименование разделов	Научный руководитель, консультанты	Дата подписания	Подпись
Геологическая часть и организация строительства	Солтабаева С.Т.	20.05.2020	
Маркшейдерские работы в метрополитене	Солтабаева С.Т.	20.05.2020	
Нормоконтролер	Нукарбекова Ж.М.	20.05.2020	

Задание принял к исполнению Меймановой М.Н.

Заведующий кафедрой МДиГ: *Имансакипова* Б.Б.Имансакипова

Научный руководитель:  - С.Т.Солтабаева

10.11.2019 г.

## АНДАТПА

Осы дипломдық жұмыста «метрополитенде рельс жолдарын салу кезіндегі маркшейдерлік жұмыстар» тақырыбы ашылды.

Дипломдық жұмыс төменде келтірілген бөліктерден тұрады:

1. Геологиялық бөлім;
2. Құрылысты ұйымдастыру;
3. Маркшейдерлік-геодезиялық жұмыстар;
4. Арнайы бөлігі;
5. Қорытынды.

Кіріспеде таңдалған диплом тақырыбының өзектілігі ашылады.

Дипломның геологиялық бөлімінде «Алматыметроқұрылыс» АҚ туралы айтылады. Яғни метроның мәні мен пайдасы, орналастыру аймағы, сондай-ақ оның құрылысы мен геологиясы. Сондай-ақ, Алматы метрополитенінің даму перспективалары және оның жұмыс істеу ережелері туралы айтылады.

Маркшейдерлік бөлімде маркшейдерлер бригадасымен орындалатын жұмыстар сипатталған.

Дипломның арнайы бөлімінде метрополитенде рельс жолдарын салу кезінде маркшейдерлік жұмыстар ашылған. Айта кету керек, жол реперлері, оларды жобалық белгілері бойынша орнату, содан кейін жоспар мен қимада салынған жолдарды тексеру, жоспар мен Профильді алып тастау сияқты тақырыптар сипатталған. Міндеттерді шешу жолдары, жол жабдықтарын тоннельдерге түсіру, жолды түпкілікті нивелирлеу белгіленген.

## АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе раскрыта тема «Маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене».

Дипломная работа состоит из частей, которые приведены ниже:

1. Геологическая часть;
2. Организация строительства;
3. Маркшейдерско-геодезические работы;
4. Специальная часть;
5. Заключение.

В введении раскрывается актуальность выбранной темы диплома.

В геологической части диплома говорится об АО «Алматыметрокурулыс». То есть существующая значимость и польза метро, зона размещения, а также ее строение и геология. Также говорится о перспективах развития алматинского метрополитена и о правилах его функционирования.

В маркшейдерской части описаны работы, которые выполняются бригадой маркшейдеров.

В специальной части диплома раскрыты маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене. Стоит отметить, что описаны такие темы как: дорожные реперы, их установка по проектным признакам, а затем проверка построенных дорог в плане и сечении, снятие плана и профиля. Обозначены пути решения задач, спуск путевого оборудования в тоннелях, окончательное нивелирование пути.

## ANNOTATION

In this thesis, the topic «Surveying work in the laying of rail tracks in the metro» is revealed.

The thesis consists of the following parts:

1. The geological part;
2. Organization of construction;
3. Surveying and geodetic works;
4. Special part;
5. Conclusion.

The introduction reveals the relevance of the chosen topic of the diploma.

The geological part of the diploma refers to JSC «Almatymetrokurylys». That is, the existing significance and use of the metro, the location area, as well as its structure and Geology. It also talks about the prospects for the development of the Almaty metro and the rules of its operation.

The survey section describes the work that is performed by a team of surveyors.

In the special part of the diploma, the survey work for laying rail tracks in the metro is disclosed. It is worth noting that the following topics are described: road markers, their installation according to design criteria, and then checking the built roads in plan and section, removing the plan and profile. The ways of solving problems, the descent of track equipment in tunnels, and the final leveling of the path are indicated.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1. Общие сведения об участке работ	10
1.2. Геологическое строение региона и рабочего места	11
1.3. Гидрогеологическое состояние региона	12
2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
2.1. Строительная площадка	14
2.2. Технология строительства тоннелей	15
3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ	
3.1. Основные маркшейдерские работы, выполняемые в строительстве метрополитена	18
3.2. Вход под землю через штольню(портал) и передача координат	18
3.3. Теодолитные съемки в подземных выработках	19
3.4. Тригонометрическое нивелирование	20
3.5. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости	21
3.6. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости	22
3.7. Приборы, применяемые при маркшейдерско-геодезических работах	24
4. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ:	
4.1. Общие сведения о верхнем строении пути на жестком основании	27
4.2. Габариты тоннелей	28
4.3. Проектные укладочные схемы	29
4.4. Способы закладки путейских реперов в тоннелях	30
4.5. Определение фактического пикетажа путейских реперов	32
4.6. Определение удалений путейских реперов от оси пути	32
4.7. Определение удалений путейских реперов на переходной кривой	35
4.8. Установка рельсов (железнодорожного пути) на проектные отметки	36
4.9. Способы выверки и окончательной установки ж/д пути в плане и в профиле	37
4.10. Тоннельные путевые знаки. Исполнительные чертежи	38
Заключение	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	41

## ВВЕДЕНИЕ

Город Алматы является одним из крупнейших городов Республики Казахстан, поэтому для его экологического состояния и сложности процесса внутригородских перевозок пришлось построить алматинский метрополитен.

Первая очередь метрополитена в г. Алматы расположена между рекой Малая Алматинка, рекой Весновка и Большая Алматинка в дальнейшем направлении конуса выпуска крутизной плоскости. Колебания плоскости равны: 5 – 7 градусов к северу, 2 – 3 градусов к западу.

Маршрут метрополитена идет с севера на юг. Он проходит по проспекту Райымбека вдоль улицы Фурманова с востока на запад до проспекта Абая.

Протяженность трассы, проходящей непосредственно в депо, равна 11,34 км. Количество станций девять: Райымбек, Жибек-жолы, Алмалы, Абай, Байконур, театр М. Ауэзова, станция Алатау, Сайран и Москва.

В данной дипломной работе представлены маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене.

Строительные работы станции метрополитена, проводимые на глубоких территориях, ведутся проектно и относятся к самым сложным работам в строительстве метро.

В городе Алматы, несмотря на большую плотность населения, недостаточно развита сеть общественного транспорта. На дорогах постоянно происходят заторы большой продолжительности, что приводит к утечке воздуха газом. Это одна из причин ухудшения экологии города. Поэтому метрополитен города Алматы является решением многих проблем. Проектирование ее сети началось в 1983 году. В настоящее время завершено строительство метрополитена, сдана в эксплуатацию одна линия, запланирована и ведется строительство второй линии.

Неразрывная часть геодезических работ при строительстве подземных инженерных сооружений, связанных с развитием и ростом народного хозяйства государства, контроль за деформацией земной поверхности. В связи с этим, геодезические работы при наблюдении за деформацией земной поверхности широко используются в тоннеле. Геодезический мониторинг поверхности Земли является ответственным процессом на всех этапах строительства метрополитена. Сроки и эксплуатационные эффекты строящихся объектов зависят от периодического и качественного выполнения геодезического мониторинга поверхности Земли. Для безаварийной эксплуатации метрополитена необходимы непрерывные и высокоточные геодезические наблюдения за развитием поверхностной деформации в ее зоне.

# 1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Общие сведения об участке работ

Город Алматы-крупнейший город Республики Казахстан. С целью улучшения экологической обстановки и обеспечения единства процесса внутригородских перевозок возникла необходимость строительства первой очереди метрополитена.

Первая очередь метрополитена г. Алматы расположена в границах наклона конуса выхода речного перегона малой Алматинки, Есентай и большой Алматинки. К северу наклон поверхности  $5^{\circ}$ - $7^{\circ}$ , к западу  $2^{\circ}$ - $3^{\circ}$ .

Направление первой очереди метрополитена принято с севера на юг от проспекта Райымбека до улицы Фурманова и с востока на запад до проспекта Абая (рис.1).



Рисунок 1-схема метрополитена в городе Алматы

Протяженность этой линии составляет 11,3 км, без разветвления до депо. Количество станций по данным за 2015 год – 9: Райымбек, Жибек Жолы, Алмалы, Абая, Байконур, им.Ауэзова драмтеатр, Алатау, Сайран, Москва.

Электро депо метрополитена расположено в районе станции Райымбек в районе железнодорожной станции Алматы II. Климат местности - безветренный, отличается смещением воздуха вниз по горным склонам. Самые жаркие месяцы - июль и август. Самый холодный месяц-январь. Среднегодовая температура составляет около  $10^{\circ}\text{C}$ , средняя температура января составляет приблизительно -  $4.7^{\circ}\text{C}$ , а в июле -  $+23.8^{\circ}\text{C}$ . Мороз начинается в ноябре и заканчивается в апреле. Температура жарких дней до  $30^{\circ}\text{C}$  - 36 дней. В теплое время выпадает около 600-650 мм осадков.

Рельеф местности. Город Алматы расположен в равнине вдоль пологого северного хребта Заилийского Алатау. Южные кварталы расположены на плато Устюрт, северные-на плоскогорье-наклон. Уклон поверхности  $5^\circ$  к северу. Рельеф местности малогабаритный. Наиболее распространены бугровые местности, неглубокие овраги и долины мелких рек.

В центре проспектов Абая и Райымбека колебания наземных расчетов вдоль трассы метрополитена достигают 100 м, а уклон поверхности составляет  $0,035^\circ$ . Отклонение верхних расчетов между станциями Абай и Алатау по проспекту Абая, расположенным в субкультуре-46,5 м.

Город Алматы характеризуется высокой сейсмичностью, достигающей 9-10 баллов.

## 1.2. Геологическое строение региона и рабочего места.

Геолого-геоморфологическое состояние территории города во многом определяет закономерности распространения, истощения, образования подземных вод.

Горная зона в бассейне рек Большая и Малая Алматинка, Аксай, Каскелен отличается вертикальным наклонным рельефом, глубокими размерами речных массивов. Здесь на земле видны каменные палеозойские породы.

Наиболее распространенными вулканами являются порфиры, порфириты и туфолавы Нижнего каменноугольного возраста ( $C_{IV-II}$  и  $C_{II-VK-12}$ ), а также средние каменноугольные интрузии, преимущественно гранодиориты. В горах происходят процессы физического и химического проветривания, множественного делювиального оседания, обвалов. Широко развиты тектонические нарушения. Периодические землетрясения — это явное доказательство. Геологическое строение региона представлено на рис. 2.

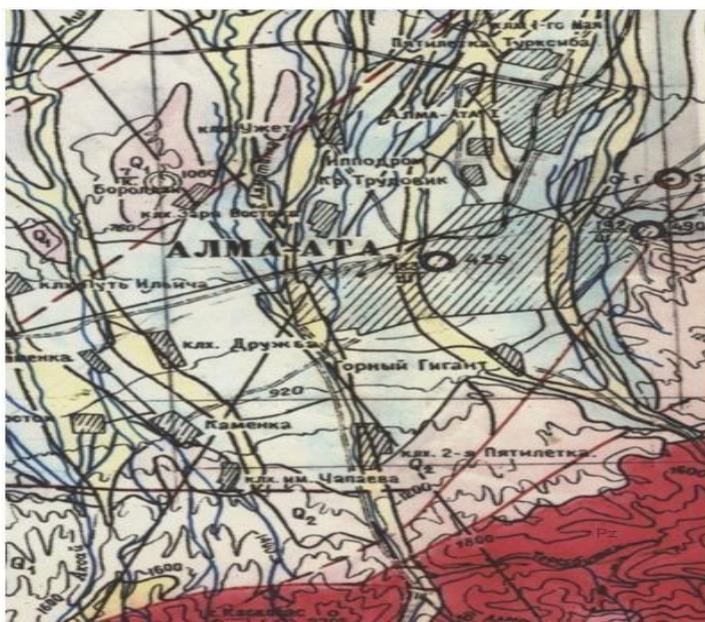


Рисунок 2. Часть геологической карты города Алматы

Верхняя предгорная лестница является остатком нижней четвертиной равнины, которая выражается в системе с ровными водоразборами на рельефе.

Нижняя предгорная лестница-остаток средней четвертичной равнины (выходный конус  $Q_{II}$ ), образована средними четвертичными аллювиально-проллювиальными отложениями (ар  $Q_{II}$ ).

Из рудных месторождений в недра области имеются месторождения полиметаллических (Текелийский), вольфрамовых (Бугунды), молибдена, фарфоровых камней (Капчагай), барита, бентонитовых глин (Аксуский, Алакольский районы), огнеупорной глины, кварцевого песка, гипса, каменного и бурого угля (Ойкарагай, Тышканбай), торфа, соли.

На основании научно-исследовательских и проектно-конструкторских результатов, территория города Алматы по схеме сейсмического районирования состоит из двух районов с сейсмической активностью 9 и более баллов.

Первый район-сейсмичность 9 баллов, границы: на севере-проспект Райымбека, на востоке – река Малая Алматинка, на юге – нижние предгорные бугры, на Западе – существующие границы города. Участок строительства сложен галечниковыми грунтами, с включением валунов размером от 200 до 400 мм, преимущественно с песчаным заполнителем. Заполнитель представлен разнозернистыми песками кварцполевошпатового состава.



Рисунок 3. Валунy

Второй район-зона сейсмичностью свыше 9 баллов, занимает часть города Алматы к северу от пр. Райымбека. Эта площадь характеризуется покрытием густых отложений, желтоватыми суглинками (3-20 м), залеганием уровня подземных вод на небольшую глубину (4-10 м, местами 0-4 м).

### **1.3. Гидрогеологическое состояние региона.**

Гидрогеологическое состояние зоны определяется с помощью геологического строения и условий эксплуатации Алматинского подземного водного фонда.

Особенности основного геологического строения, определяющего условия формирования конуса выхода воды на поверхность, а также определяющего форму и объем коллектора подземных вод, обусловлены их выравниванием палеозойского фундамента в зону изгиба на наибольшей глубине.

Течение подземной воды наклонено от гор к равнине. Он значительно меняется на участках конуса выхода на Землю, однако в целом на поверхности Земли уклон ниже. Глубина залегания течения подземных вод увеличивается в сторону горного массива и достигает глубины до 200 м от поверхности Земли.

В центральной части выходного конуса (ул. Абая-Толе би) глубина залегания подземных вод до 70 м, течение горизонта общего притока воды превышает 400 м. В нижней части выходного конуса пересекаются подземные воды и поверхностные воды. В этих районах находится большинство восходящих родников, дебит которых достигает 20-40 л/сек. Острая полоса конуса подземных вод проявляется большим выходом родников, наличием глины, заболачиванием, появлением реки Карасу. В вертикальном разрезе с точки зрения геологического строения и гидрогеологических условий, острая зона подземных вод может быть обменена между двумя районами – выходным конусом и уклоном горной равнины.

Изменение химического состава и минерализации подземных вод в зависимости от использования в водозаборных местах не велика, что связано с однородностью конуса выхода подземных вод.

Артезианский бассейн используется для водообеспечения города. При интенсивной эксплуатации уровень подземных вод снижается со скоростью 1-2 м/год, а также снижается процесс восстановления.

Уровень подземных вод при строительстве первого метрополитена был значительно ниже уровня строительства метрополитена с 900 до 100 м. Между улицами Абая и Райымбека по Фурманова от 5 до 100 м.

Общий показатель закачки воды по алматинскому водозабору составляет 4,68 м<sup>3</sup>/с. При полной остановке эксплуатации уровень подземных вод приходится до отметки исходного показателя.

По химическому составу подземные воды с минерализацией от 0,2 до 0,8 г/л гидрокарбонатноатризованы и кальцинированы. Неагрессивный и полностью соответствует требованиям СанПиН РК 3.01-067.97 "Питьевая вода".

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСВА

### 2.1. Строительная площадка

На строительной площадке расположены: ствол, выполненный Единой железобетонной крепью, предназначен для спуска и подъема людей и подъем породы, подачи оборудования и материалов, пропуска коммуникаций, проветривания вентиляционных труб, бетоновода и др.

По стволу движется скип и клеть, а также в случаях аварийной остановки, имеется лестничное отделение. Также на строительной площадке расположены складские помещения и механические мастерские, гараж и АВТ мастерская, здание административного, бытового комбината. Над стволом установлен ствол, в котором расположены шкивы, оборудованные контактными и сигнальными устройствами, скиповым сливным устройством. Рядом находится здание подъемной машины, кран, открытый склад, в котором хранятся материалы, подготовленные к передаче в ствол (тубинги, металлические арки и т. д.), а также здания электро-полустанций с вентиляционными установками. Также на строительной площадке расположены склад и механическая мастерская, гараж и авто-мастерская, здание административного, бытового комбината (Рисунок 4).



Рисунок 4-строительная площадка станции Достык

На выходе имеется площадка для мойки машин. Все коммуникации приведены в центральных городских сетях. В ночное время строительная площадка освещается прожекторами.

## 2.2. Технология строительства тоннелей

Метро строится в больших городах. В отечественной практике наиболее распространены в строительстве метро типа одиночных, параллельных тоннелей круглого сечения диаметром около 5 м. На станциях Метро размеры тоннелей увеличиваются.

На каждой станции строятся вертикальные стволы, на глубине проекта проводятся штольни, соединяющие его с тоннелями, по которым проходят метропоезды. Кроме указанных выработок на станции прокладываются тоннели станции и наклонные эскалаторы и другие выработки, указанные в проекте.

Конструкция вертикального ствола производится методом спусковой крепи или обычным горным способом, поставляемым снизу с затворной кольцом. При креплении ствола в большинстве случаев применяются тубинговые крепи, бетонные крепи применяются очень редко. В залегающих породах производится устройство ствола с последующим замораживанием горных пород. Выработки ствольных дворов производятся горным способом. Соединительные штольни проводят с применением буровзрывных работ или дробления горных пород пневмоприводами, в основном устанавливают сборные железобетонные крепи. Если горные породы мягкие и менее жесткие, то между станциями следует поезд и станционные тоннели ведут специальным комбайном (щитом) и постоянно закрепляют стенки тубингами.

Специальный комбайн длиной 3-5 м, диаметр поперечного сечения более диаметра тубинговых крепей, форма цилиндрическая. После того, как он выполняет временную крепь, под его защитой проводится малотоннельная часть (0,75-1,0 м) и продвигается специальный комбайн, устанавливается тубинговая крепь. После установки крепи начинается строительство новой части тоннеля, продвигая специальный комбайн вперед устанавливает тубинг, таким образом, цикл работ повторяется. Специальный комбайн имеет опорное кольцо.

Тубинговая крепь тоннеля создается специальным приспособлением-тубингосборником, смещающим тоннель с закрепленной стенкой, установленный на тележке за специальным комбайном. Выемка забоя, дробление производится молотками или специальными механизированными комбайнами. В условиях благоприятного геологического состояния (устойчив потолок и т. д.). Устройство тоннеля широко применяется при помощи специального комбайна тубингосборника без комбайна.

При значительном давлении горных пород ведение строительства горным способом производится методом полного вскрываемого профиля. На участках выхода тоннеля на поверхность и тоннелей, расположенных вблизи мелкой и земной поверхности, строительство тоннелей производится открытым и траншейным способами. В этом случае с поверхности Земли по контуру тоннеля забиваются сваи, или проводятся узкие траншеи, в которых из бетона возводятся стенки тоннеля. По окончании строительства тоннеля выполняются

работы, закрывающие ее стенки гидроизоляционным покрытием, установка рельса и т. д. (Рисунок 5).



Рисунок 5-экскаватор Liebherr R932 и машина «Meuso Suprima»

Так как строительство метрополитена ведется на землях города, потребуются капитальные вложения, объемная рабочая сила, высокие технологии и технику. Основными конструкциями метрополитена являются станции и проходные тоннели.

Внутренние размеры тоннельных сооружений метрополитенов СНиП-2.05-04-92 определяется по утвержденным габаритам. Эти габариты предусматривают движение вагонов с головкой рельсов на линиях метрополитена высотой 3,7 м, шириной 2,7 м и длиной 19,2 м.

При следовании поездов по прямым местам пути ни одна часть целого вагона не должна выходить за пределы формы габарита подвижного состава. Учитывая более высокие требования условий обеспечения безопасности движения поездов метрополитена, введено понятие предельный габарит дополнительного подвижного состава, отличный от наземного железнодорожного транспорта, который предусматривает возможность классирования вагонных рессор при следовании поезда.

Габаритом приближения конструкций следует понимать, что поперечное сечение достигает предела, на внутреннюю сторону которого конструкцией не должны заходить никакие детали зданий. Габарит приближения конструкций предусматривает расположение пути, санитарного состояния, техники, средств электроснабжения, связи, автоматического торможения поездов в пространстве между габаритом приближения его и оборудования.

При определении внутренних размеров конструкции с учетом условий прокладки круглых тоннелей, а также отклонений обшивок тоннелей при строительстве и ограничений, влияющих на его деформацию, размер ограничения по радиусу обшивки составляет +100 мм. В прямолинейном отделении тоннелей круглой формы при радиусе габарита конструктивного подхода 2450 мм принимается радиус внутренней формы круглой обшивки конструкции 2550 мм.

Большое место занимают инженерно-геологические изыскания в выборе трассы, месторасположения, конструкций подземных сооружений, определении общего времени, стоимости работ и методов его возведения.

Все строительные работы выполняются в соответствии с проектом, под надзором и непосредственным участием маркшейдера. Основные маркшейдерские геодезические работы, выполняемые в строительстве метрополитена:

1. выявление городских триангуляционных систем, в зоне застройки;
2. выполнение съемок полигонометрии и нивелирования по наземной трассе;
3. выполнение крупномасштабных топографических съемок с выполнением съемок в зависимости от необходимости проектирования каждого слоя отдельных строительных зданий;
4. эвакуация зданий на шахтной площадке, устья ствола на наземное место, обеспечение строительства ствола;
5. направление выработок, контроль за их ведением, крепью, разделочные работы, спуск конструкций и сечений;
6. ориентация подземных выработок;
7. проведение подземной полигонометрии и нивелирования;
8. обеспечение проведения выработок способом контактного забоя;
9. наблюдение за осадками и деформациями зданий под землей и землей;
10. маркшейдерские измерения и определение объемов проведенных горно-строительных работ;
11. подготовка маркшейдерской документации с указанием результатов выполненных работ.

### 3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

#### 3.1. Основные маркшейдерские работы, выполняемые в строительстве метрополитена.

Все строительные работы выполняются в соответствии с проектом, под надзором и непосредственным участием маркшейдера.

Основные маркшейдерские геодезические работы, выполняемые в строительстве метрополитена:

1. участкование и выявление городских триангуляционных систем, в зоне застройки;
2. выполнение съемок полигонометрии и нивелирования по наземной трассе;
3. выполнение крупномасштабных топографических съемок с выполнением съемок в зависимости от необходимости проектирования каждого слоя отдельных строительных зданий;
4. эвакуация зданий на шахтной площадке, устья ствола на наземное место, обеспечение строительства ствола;
5. направление выработок, контроль за их ведением, крепью, разделочные работы, спуск конструкций и сечений;
6. ориентация подземных выработок;
7. проведение подземной полигонометрии и нивелирования;
8. обеспечение ведения желудков способом контактного забоя;
9. наблюдение за осадками и деформациями зданий под землей и землей;
10. маркшейдерские замеры проведенных горно-строительных работ;

#### 3.2. Вход под землю через штольню (портал) и передача координат.

При вскрытии месторождения через наклонный ствол или штольню соединяется с наземным пунктом подхода полигонометрическим ходом. Ориентирование через штольню или наклонный ствол передается на маркшейдерский пункт в горных выработках из замкнутого полигонного хода, проходящего два раза с высокой точностью от постоянного узла (рисунок 6).

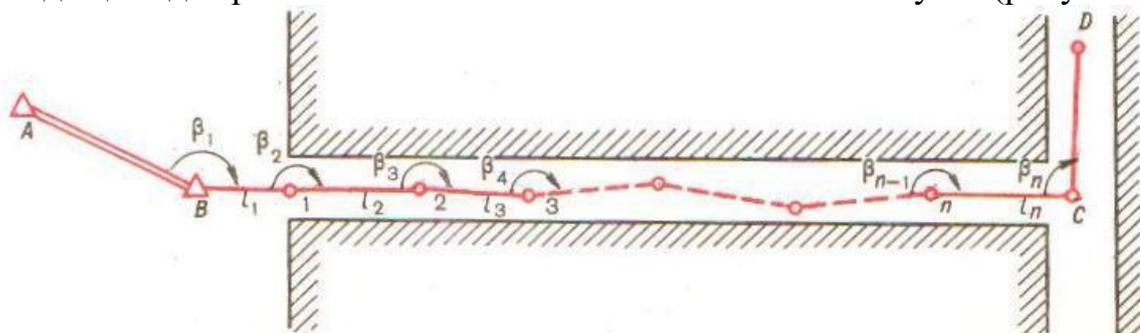


Рисунок 6. Схема ориентации через штольню

В связи с ориентацией грунтовых съемок через наклонный ствол, установкой необходимого инструмента, оборудования и измерительных приборов, возникают серьезные трудности. Если наклон ствола составляет 70 или более, создание полигона практически невозможно, поэтому съемки выполняются только для приведения в центр подземных пунктов. В таких случаях для ориентации подземных съемок применяется гироскопический подход.

На рисунке 11 показан ход продолжения от пункта В, приближенного к наземному руднику до первой стенки подземного маркшейдерского опорного узла (СД). Дирекционный угол стенки  $\alpha_{CD}$  и координаты точки С можно найти по этим формулам:

$$\alpha_{CD} = \alpha_{AB} + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n \pm 180^\circ n;$$

$$X_C = X_B + l_1 \cos \alpha_{B1} + l_2 \cos \alpha_{12} + \dots + l_n \cos \alpha_{nC},$$

$$Y_C = Y_B + l_1 \sin \alpha_{B1} + l_2 \sin \alpha_{12} + \dots + l_n \sin \alpha_{nC},$$

где  $\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$ -измеренные углы; n-количество измеренных углов;  $\alpha$ -дирекционные углы стен;  $l_1 + l_2 + l_n$ -измеренные расстояния.

### 3.3. Теодолитные съемки в подземных выработках.

Теодолитные ходы в подземных выработках представляют собой открытые, замкнутые и неразвязанные ходы. В этих ходах углы измеряются через теодолиты, такие как Т30 и Тео - 080. Расстояние между ними измеряется в прямом и обратном направлении с расчетом до 1 мм через стальные рулетки или ленты. Наряду с теодолитными ходами объекты также снимаются полностью. Съемка объектов производится ординатным способом (рисунок 7). Между пунктами 5 и 6 теодолитного натягивается стальная рулетка и измеряются перпендикуляры  $v_1, v_2$  и  $v_3$  через ленточную рулетку. А абсциссы до тех ординатов измеряются с точностью от пункта 5  $a_1$  и  $a_2$  до 0,1 м, стальной рулеткой.

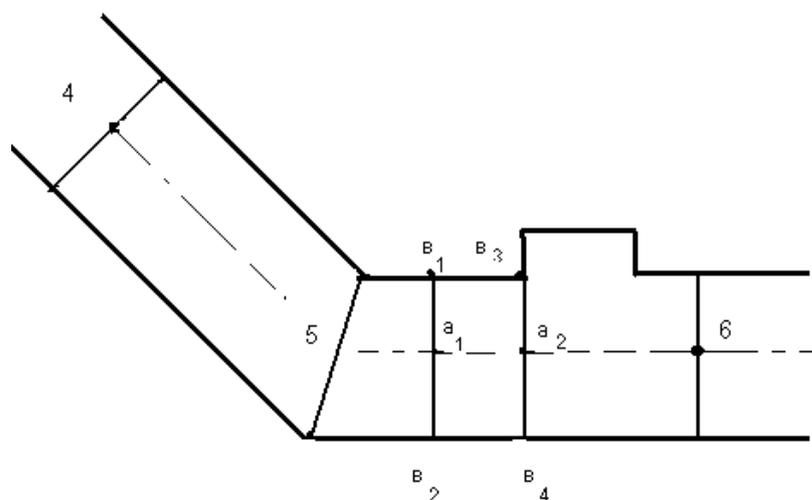


Рисунок 7. Теодолитный ход

Между пунктами 5 и 6 теодолитного хода натягивается стальная рулетка и измеряются перпендикуляры  $v_1$ ,  $v_2$  и  $v_3$  через ленточную рулетку. А абсциссы до тех ординатов измеряются с точностью от пункта 5  $a_1$  и  $a_2$  до 0,1 м, стальной рулеткой.

Также на эскизе указываются размеры, длина, ширина, высота выработки, геологические особенности руды и окружающих ее пород и другие.

### 3.4. Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование является одним из способов определения превышения в вертикальной плоскости между различными точками рельефа местности или сооружений. Для этого используются тахеометры и теодолиты с проектными возможностями наклонного наблюдения. Само название означает суть метода, который основан на использовании части математического аппарата для расчета с использованием набора тригонометрических функций после выполнения измерений линейных и угловых полей.

Суть технологии измерения индивидуального превышения между двумя точками методом тригонометрического нивелирования изложена ниже. В одной из геодезических точек на земле установлен современный теодолит (электронная генеральная станция) (рисунок 8). Конечно, это относится к точному выравниванию устройства над центром (центрирование) и размещению его в вертикальном положении (выравнивание). Сразу после этого высота инструмента измеряется рулеткой. Она указывает кратчайшее расстояние между центрами точки стояния и теодолитом (тахеометром). Соответствующая запись должна быть записана в полевой журнал или внесена на измерительный экран электронного тахеометра.

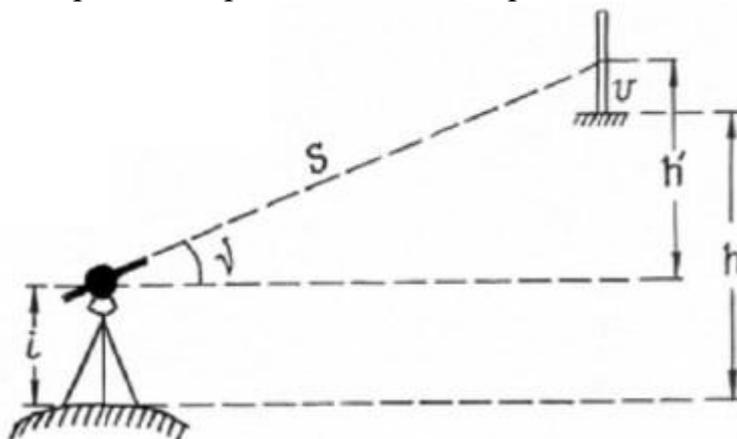


Рисунок 8. Схема тригонометрического нивелирования

Прицел устанавливается над второй точкой N, например, в виде рейки, когда он измеряется с помощью теодолита или вехи, и отражателя, когда он наблюдается с помощью тахеометра. Высоту прицела (обозначенную символом

"v") можно измерить путем подсчета на рейке или измерения с помощью рулетки между центрами стрелковых точек и отражателем с меткой. Обычно для обозначения вехи используется сантиметровая шкала для удобства определения ее высоты. Высота наблюдения также регистрируется в журналах измерений, электронных в общей станции и на бумаге.

В дальнейшем ориентация будет выполняться при записи и измерении по горизонтали, а затем по вертикали до точки съемки и наклонного расстояния (S), получая при необходимости горизонтальное проложение (d).

Расчет превышения (h) между точками может быть рассчитан из равенства:

$$h' + i = h + v$$

Далее имеем:

$$h = h' + i - v$$

Знаем, что,

$$h' = S * \sin v$$

Тогда,

$$h = S * \sin v + i - v$$

Или

$$h = d * \operatorname{tg} v + i - v$$

где, S - наклонное расстояние;

d - горизонтальное проложение;

$\sin v$  - синус угла наклона между тахеометром и центром призмы;

$\operatorname{tg} v$  - тангенс угла наклона;

i - высота инструмента;

v - высота (цели) визирования.

Метод тригонометрического нивелирования можно считать неотъемлемой частью технологического процесса при производстве топографических тахеометрических съемок. Правда такой способ считается мало точным.

### **3.5. Задание направления горным выработкам в горизонтальной плоскости.**

Чтобы осуществить разработку, необходимо указать место ее начала и направление проходки в шахте. Исходные данные для указания начальной точки и задания ее направления определяются графически по проектным чертежам. В особо критических случаях эти данные определяются аналитически, используя координаты подземных точек съемки теодолита.

В графическом методе на плане (рис. 9), транспортир измеряет углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  с помощью масштабной линейки - расстояние от геодезической точки 15 до начальной точки направления А. Полученные значения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , а также горизонтальное расстояние от точки 15 до точки А переносятся в натуру с помощью рулетки и теодолита.

В аналитическом методе координаты положения точки А определяются по плану и выводятся в натуру с помощью теодолита и рулетки из точки 15. Затем нужно вычислить координаты точки А и угол направления АЗ. Чтобы задать горизонтальное направление для известных углов направления стороны теодолитного прохода (А15) и (А3), вычислите угол  $\beta_2$  из выражения

$$\beta_2 = (A3) - (A15).$$

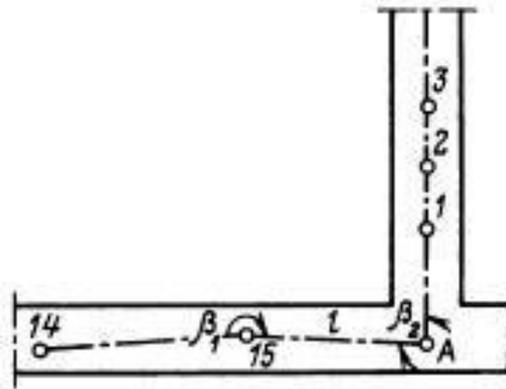


Рисунок 9. Задание горизонтального направления выработки

После устанавливают теодолит в точке 15 и установите угол  $\beta_2$ . В направлении прицельного луча измеряют рулеткой из точки 15 расстояние  $l$  и закрепляют на кровле шахты точку сбора А. Устанавливают теодолит в точке А, закладывают угол  $\beta_2$ , соответствующий углу направления выемки, и фиксируют направление визирного луча не менее чем в трех временных точках 1, 2 и 3, в которых подвешивается отвес. Расстояние между этими отвесами должно составлять от 1 до 3 м. Если расстояние теодолита до забоя выработок, для которых задано направление, меньше предела видимости теодолита, то направление следует задавать невооруженным глазом, используя в этом случае прицельное устройство теодолитной трубы. Вертикальные отвесы, опущенные из неподвижных точек, образуют створ, которые проходчики обязаны использовать для определения направления развития при проходке.

### 3.6. Задание направления горным выработкам в вертикальной плоскости.

Направление проходки в вертикальной плоскости задается в соответствии с проектным уклоном, который выражается соотношением

$$H_1 - H_2/l,$$

где  $H_1$  и  $H_2$ -высоты крайних точек участка разработки длиной  $l$ , пройденные с равномерным уменьшением или увеличением.

Направление проходки в вертикальной плоскости обозначается осевыми или боковыми ориентирами, закладываемыми по мере осуществления развития.

При задании направления разработки в вертикальной плоскости с углом наклона до  $5^\circ$  используют нивелир, на котором укладывают стеновые (боковые) опорные точки на расстоянии 1-1,5 м от проектного положения грунта рабочего или головки рельсов в той же параллельной плоскости с уклоном, равным уклону проектной выработки. Например, для задания направления в вертикальной плоскости на высоте  $d$  от головки рельсов в стенке выработки фиксируют опорную точку  $R_1$  и выравнивают от исходной опорной точки  $R_0$ ,

отметка которой  $H_0$  известна (Рис.10, а), определить его абсолютную отметку  $H_1$ . После на расстоянии 5-6 м от опорной точки  $R_1$  закрепляют на стене производственную точку на горизонте визирного луча выравнивания, а рейку устанавливают на опорный репер  $R_1$  и ведут отсчет. Известное расстояние  $l$  между опорной точкой  $R_1$  и точкой  $A$  для данного уклона  $i$  вычисляется таким образом, чтобы оно превышало  $h = il$ .

Отложив вертикальный размер  $a + h$  от точки  $A$ , определяют положение опорной точки  $R_2$ , отметка которой будет равна  $H_2 = H_1 - h$ .

Для задания направления наклона выработки между соответствующими парами опорных точек шнуры натягиваются поперек выработки. Плоскость, проходящая через все шнуры, будет указывать проектный наклон в натуре и будет отделена от проектного положения головки рельса на расстоянии  $d$ .

При углах наклона выработок свыше  $5^\circ$  направление задается с помощью теодолита (рис. 10, б). Для этого теодолит устанавливают под маркшейдерской точкой или выше опорной точки, высота которой известна. Затем теодолитную трубу ориентируют в направлении оси выработок и по вертикальной окружности, учитывая место нуля, устанавливают угол  $\delta_1$ , соответствующий расчетному углу выработок, а направление визирного луча фиксируют верхней головкой отвеса в точках створки. Таким образом, линия, проходящая через верхнюю часть головки каждого отвеса, будет указывать в натуре проектный уклон разработки. Поскольку отвесные линии должны быть удалены в процессе проходки, а при необходимости опущены снова, измеряется расстояние от точки подвеса до верхней части головки отвеса. Результаты измерений заносятся в журнал съемки теодолитом. Эти отвесные линии также могут быть использованы для задания направления горной выработки в горизонтальной плоскости.

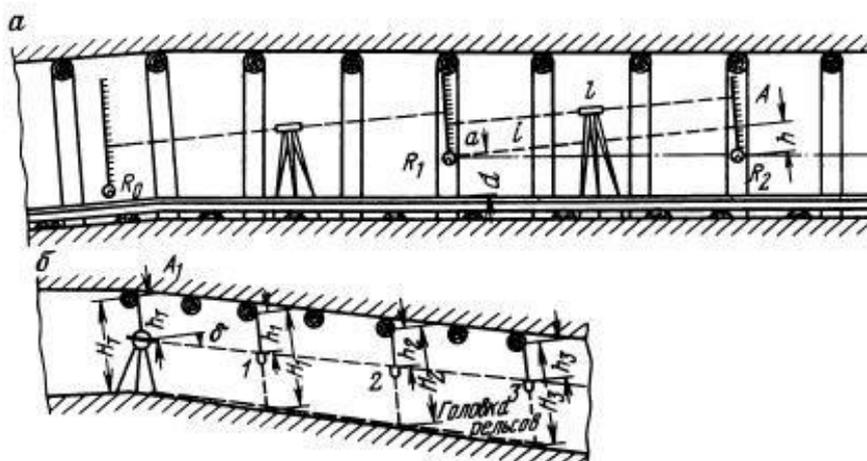


Рисунок 10. Задание уклона выработки: а- боковыми реперами; б- осевыми реперам

### 3.7. Приборы, применяемые при маркшейдерско-геодезических работах

Интенсивное развитие геодезии и техники за последние десятилетия привело к появлению множества электронных приборов в этой сфере. В строительстве алматинского метрополитена используются современные инструменты развитой компании "Leica Geosystems AG". В настоящее время в геодезических работах на земле используется прибор GPS. Она, в свою очередь, подключается к беспроводной спутниковой навигационной системе. Спутниковая навигационная система-это одна из важнейших достижений науки и техники, которая появилась во второй половине XX века. На английском языке Global Positioning System, кратко называется GPS. Принцип работы-координаты наземных пунктов (x, y) и высоты с одновременным измерением расстояния до четырех искусственных спутников определяется (z). Измерение расстояний осуществляется через электронные приемные радиосигналы той же ЗССС. Leica GS18 - это геодезический спутниковый приемник с первой в мире инерционной системой (IMU) (рис.11).



Рисунок 11-электронный прибор GPS

Использование инерционной системы на 20% увеличивает производительность использования приемника при физическом выгрузке и выгрузке. Новая высококачественная приемная плата 555-канальная и уникальная технология обработки спутниковых сигналов RTKplus гарантируют получение надежных и точных результатов в самых сложных условиях контроля (Таблица 1).

С помощью программ, которые находятся вместе с приемниками GPS, можно обрабатывать результаты измерений, выравнивать полученные

геодезические системы и подсчитать координаты пункта на последующие тахеометрические съемки. При проведении геодезических работ с помощью GPS повышается производительность труда.

Таблица 1-Технические характеристики прибора GPS

Модули внешнего обмена данными	Модем GSM / GPRS / UMTS / LTE / CDMA и UHF / VHF
Время инициализации	Обычно 4 секунды
Встроенные инструменты обмена данными	Телефонный модем GSM / UMTS / LTE: полностью интегрированная внешняя антенна; Радиомодем: полностью интегрированная (прием и передача) внешняя антенна 403-470 МГц, выходная мощность 1 Вт, до 28 800 бит/ч по воздуху
Запись данных	Хранение данных: сменная SD-карта, 8 Гб; форматы данных и частота записи: сырые данные Leica GNSS и данные RINEX с частотой до 20 Гц;
Пользовательский интерфейс	Клавиши и LED-индикаторы: включение/выключение и функциональные кнопки, индикаторы статуса 8; Веб-сервер: информация о статусе инструмента и параметрах конфигурации;
Количество каналов	555 (больше сигналов, быстрое позиционирование, высокая чувствительность)
Протоколы обмена данными	Форматы передачи данных RTK: Leica, Leica 4G, CMR, CMR+, RTCM 2.2, 2.3, 3.0, 3.1, 3.2 MSM; NMEA передача: NMEA 0183 v4.00 и личный формат Leica; сетевой режим RTK: VRS, FKP, iMAX, MAC (RTCM SC 104)

Современные тахеометры отличаются не только своими техническими характеристиками, конструктивными особенностями, но и ориентацией, прежде всего, на конкретного пользователя или на определенную область применения. Поэтому тахеометры можно классифицировать по их назначению для решения конкретных задач. В этом случае точность и дальность измерения не играют существенной роли. Определителем является фактор эффективности использования инструмента для решения конкретного вида задачи.

Автоматизированный тахеометр Leica TS15 оснащен широкоугольной фотокамерой, быстрым поиском отражателя (PowerSearch) и дальним отражателем на расстоянии 400 м. Функция быстрого поиска отражателя установлена-PowerSearch, с помощью которого пользователь может удаленно перемещать тахеометр в отражатель с нажатием одной кнопки(рис. 12).

Современная серия тахеометров Viva TS компании Leica выводит работы по геодезической съемке на совершенно новый уровень. Высокая скорость измерения, удобные технологии визуализации, система передачи данных, дополнительные прикладные программы позволяют считать тахеометры серии Viva TS в настоящее время самыми мощными геодезическими средствами.

Современная серия тахеометров Viva TS компании Leica выводит работы по геодезической съемке на совершенно новый уровень. Высокая скорость

измерения, удобные технологии визуализации, система передачи данных, дополнительные прикладные программы позволяют считать тахеометры серии Viva TS в настоящее время самыми мощными геодезическими средствами.



Рисунок 12-Тахеометр Leica TS15

Автоматизированный тахеометр Leica TS15 оснащен широкоугольной фотокамерой, быстрым поиском отражателя.

Таблица 2-Технические характеристики электронного прибора Тахеометр Leica TS15

Точность измерения угла	1 "
Угловые измерения (метод расчета)	абсолютные, непрерывные, диаметральные
Измерение без отражателей	1000 м
Измерение расстояния на отражатель (расстояние на отражатель (GPR1))	3500 / 10000 м (режим большого расстояния)
Запись и передача данных (запоминающие устройства)	SD-карта 1 Гб или 8 Гб
Запись и передача данных (порты)	RS232
Бинокль зрения (увеличение)	30x
Интеграция с GNSS-оборудованием (точность расположения)	в плане: 5 мм + 0.5 ppm, по высоте: 10 мм + 0.5 ppm
Вес, включая аккумулятор	5.8 кг
Температура работы	от -20°C до + 50°C

## 4. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Основная информация о верхнем строении пути на жёстком основании

В туннелях метрополитена (рис. 13) железнодорожные пути состоят из трех основных частей: жесткое основание (конструкция нижнего пути) 1, конструкция верхнего пути 2 и контактный рельс 3. Нижний компонент пути состоит из тонкого бетона, уложенного после строительства прокладки туннеля. В последнее время, в процессе с введением сборного железобетона, нижняя часть пути является неотъемлемой частью самой конструкции туннеля: подготовленная нижняя часть пути уже выполнена блоками.

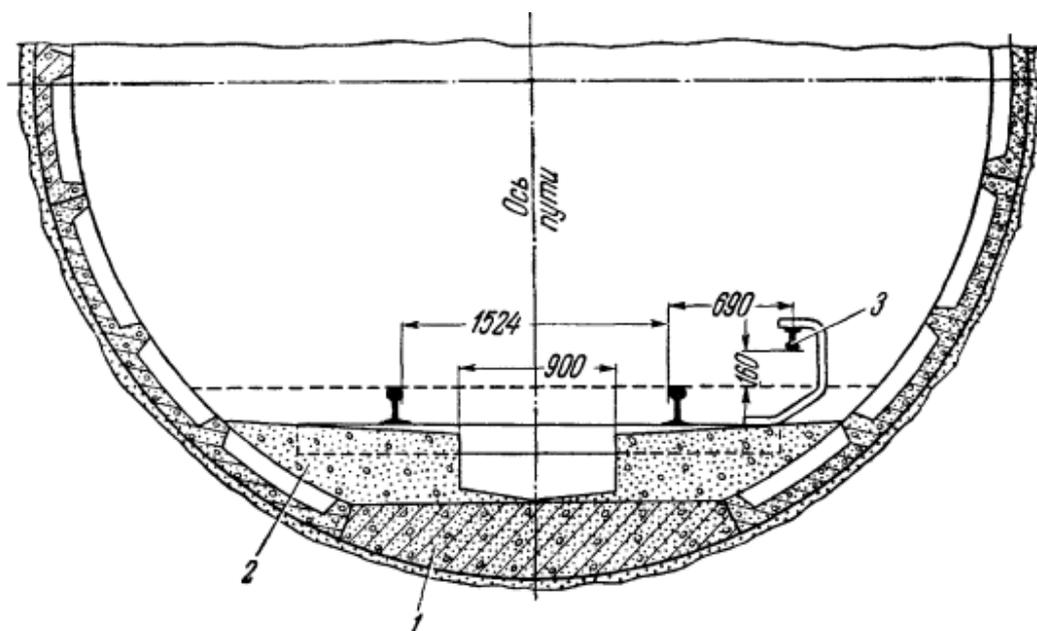


Рисунок 13. Тип пути в перегонном тоннеле

Верхняя структура пути состоит из рельсов типа Р-50, сваренных с помощью кнута длиной 100 м или более, шпал длиной 2,7 м, пропитанных креозотом (1680 штук на 1 км в прямых участках и 1840 штук в изогнутых участках пути), и стальных уплотнений специального типа, на которые укладываются рельсы. Стальные уплотнения крепятся к шпалам четырьмя винтами. Между шпалой и стальным уплотнением обычно находится деревянная шумозащитная прокладка из спрессованной осины толщиной 10 мм. Под подошвой рельса установлена резиновая или поливинилхлоридная прокладка толщиной 8 мм. Рельсы соединяют две стальные пластины длиной 600 мм. Некоторые стыки изолированы; для этого в зазоры вставляются прокладки из фибры толщиной 7,5 мм, а вместо стальных пластин устанавливаются специальные лигнофолевые.

Дренажная канава шириной 900 мм расположена вдоль оси пути. Дно канавы должно быть расположено на 500 мм ниже уровня головки рельса в

перегонных туннелях и не менее 600 мм в станционных туннелях. В туннелях станций пути проложены по коротким шпалам длиной 0,9 м.

Шпалы заливаются бетоном при бетонировании пути. Для водного стока поверхность дорожного бетона имеет уклон 0,03 в направлении оси пути. Рельсы защищены от угона клиновым противоугонным оборудованием, количество которого указано в проекте.

Контактный рельс в туннеле предназначен для снабжения подвижного состава электроэнергией. Он расположен с левой стороны вдоль поезда и подвешен на специальных кронштейнах, расположенных на расстоянии 4,5-5,5 м порознь. Контактный рельс сверху закрыт защитным деревянным ящиком.

Структура пути в железнодорожных туннелях отличается от пути в метрополитене только дренажем и электропитанием. Контактный рельс с электрической рукояткой отсутствует, а питание подается так же, как и на открытых площадках.

## **4.2. Габариты туннелей**

Габарит-это предельный контур структуры. На путях устанавливаются следующие габариты для поддержания безопасности передвижения поездов:

1. Габарит выездного состава — это поперечный контур, который расположен перпендикулярно оси пути, внутри которого должен размещаться как порожний, так и груженный подвижной состав.

2. Габарит приближения здания — это конечный поперечный вид, в который не может войти ни один элемент строительной конструкции.

3. Габарит приближения оборудования по величине ограничивает размещение оборудования относительно величины подвижного состава. Этот размер расположен среди размеров подвижного состава и приближением сооружения.

4. Габарит верхнего строения пути и контактного рельса — это поперечный контур, за пределы которого путевые устройства и различные детали их крепления выходить не должны. Особое внимание следует уделить на то, что общая линия подвижного состава находится всего на 50 мм выше уровня головки рельса, а линия высшего строения пути- на 25 мм. Ниже первой линии не имеют возможность располагаться двигатели вагонов и части их сцепления с ведущими осями, а также части тормозных устройств, элементы рессорной подвески. Над второй линией- встречные рельсы рабочего (принудительного) прохода, их стыковые и переходные крепежные элементы, а также иные элементы верхнего строения хода. На рис. 14 показаны размеры перегонных туннелей с нисходящими стенками на прямом участке.

Размер подъездного сооружения назначается с учетом необходимости размещения оборудования в пространстве между ним и размерами подъезда: путевых устройств, сигнализации, централизации и блокировки (СКБ) и электроснабжения, осветительной арматуры, кабельной связи. Размеры должны



данных, ж\д тоннели строятся по рабочим профилям железнодорожного пути. Эти основные документы составляются проектной организацией. До наступления разбивки мест установки путевых маркеров в тоннеле, проверяют проектные данные схемы укладки.

На схеме укладки и профиле пути показывают: а) величину и длину крутизны; б) указывают опорные точки, соответствующие головке рельса на прямом участке пути; в) указывают реперы, соответствующие головке наружного рельса на криволинейном участке пути; г) обозначают предварительный профиль рельсовой нити; г) указывают длину прямых, круговых и переходных кривых; д) обозначают длину ходовых рельсов, встречных рельсов и типы стыков; ж) цепные железнодорожные анкеры, рельсовые стыки и иное оборудование; з) геометрию осей пути. Изначальными данными для разбивки мест установки путевых маркеров являются пикетная линия и опорные точки, указанные в схеме укладки.

Геодезической основой для постановки и определения выноса путевых реперов вдоль оси пути служат знаки подземной полигонометрии, конечно увязанные после провала встречных тоннелей. Опорные точки пути на прямых участках маршрута устанавливаются с интервалом 20 м с правой стороны поезда. На кривых — с внешней стороны кривой. На прямолинейных участках, где имеются вертикальные кривые, опорные точки устанавливаются с правой стороны поезда с интервалом в 5 м. Опорные точки, фиксирующие изгибы профиля, а также начало и конец вертикальных кривых, устанавливаются на их проектных пикетах. Опорные точки также устанавливаются на пикеты их проектов.

#### **4.4. Способы закладки путевых реперов в тоннелях**

Общий вид опорной точки показан на рис. 15. Это болт 2 со сферической головкой, который ввинчивается в обойму-чашечку опорной точки 1. В головке опорной точки находится отверстие диаметром до 2 мм, которое служит центром путевского репера. Болт имеет квадратное поперечное сечение под круглой головкой, предназначенное для регулировки высоты болта с помощью гаечного ключа.

Опорные точки бетонируются в соответствии с типовым проектным чертежом. В местах установки и бетонирования опорных точек опалубку устраивают так, чтобы она не выступала за контур внутреннего контура тоннеля (рис. 16). В прямоугольных туннелях путевые метки также устанавливаются в соответствии со стандартным чертежом.

Для разбивки расположения опорных точек на поверхности обделки тоннеля, между двумя полигонометрическими знаками, последовательно прокладывают рулеткой расстояния, сначала равную разнице между железнодорожным репером и первым полигонометрическим знаком, а после - разности соседних путевых реперов. Полученные места установки опорных точек помечаются мелом. Линейное расхождение в разбивке опорных точек

между двумя полигометрическими знаками распределяется пропорционально измеренным расстояниям между путевыми опорными точками и окончательно указывает полученные места краской. Разбивка мест установки путевых реперов в плане производится с погрешностью не более  $\pm 3$  см.

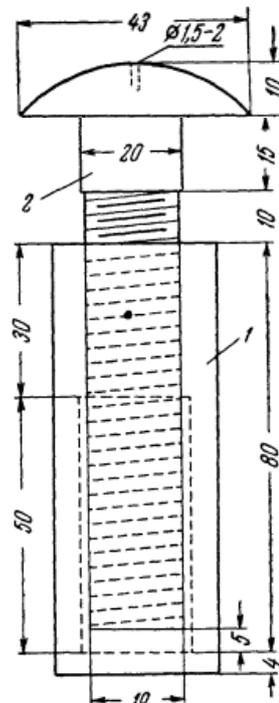


Рисунок 15. Путевый репер

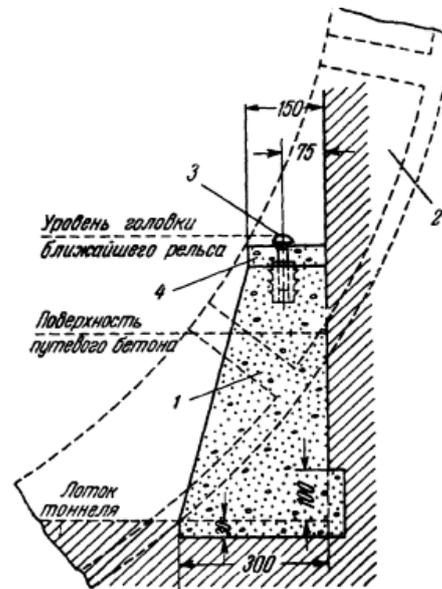


Рисунок 16. Закрепление путевых реперов в тоннеле

При разбивке опорных точек, расположенных на внешней стороне тоннеля относительно центра кривой, следует учитывать, что пикетные значения, как опорных точек пути, так и знаков полигометрии присваиваются оси пути. Поэтому различия между пикетами опорных точек, проложенных по кривой вдоль внешней стенки тоннеля, должны быть скорректированы на величину, рассчитанную по формуле:

$$\Delta d = \frac{D}{R}d,$$

где  $R$  — радиус кривой;

$d$  — разность пикетов, которую мы откладываем;

$D$  — средний промежуток от путевых реперов до оси пути.

Для разбивки дорожных реперов в профиле используют полигометрические метки или реперы, полученные в результате выравнивания после разрушения туннелей и окончательно связанные между собой. В туннеле путевые метки делятся по высоте в следующем порядке. Нивелир устанавливается посередине между полигометрическими знаками, рейка кладется на один из них и принимается считать по нему. Далее рейку помещают на опорную точку пути и, поднимая или опуская его репер, добиваются такого положения рельса, когда показания на нем будут равны значению  $b_i$ , определяемому по формуле

$$b_i = (N_{пз} + \alpha) - N_{р_i},$$

где  $N_{пз}$  — отметка знака полигонометрии;

$\alpha$  — отсчет по рейке, которая установлена на знаке полигонометрии;

$N_{р_i}$  — проектная отметка головки рельса на пикете выявленного путейского репера.

#### 4.5. Определение фактического пикетажа путейских реперов

После того как бетон затвердеет, необходимо еще раз определить пикетные значения путевых реперов в соответствии с их фактическим положением и рассчитать пикетную отметку каждого репера. Для определения фактического пикетирования установленных и забетонированных опорных точек измеряют расстояния между ними стальной рулеткой, привязывая крайние опорные точки к полигонометрическим знакам, пикеты которых принимаются за сплошные.

Путейские реперы устанавливаются по высоте с помощью технического нивелира, который необходимо тщательно проверить перед началом работы. Рейки также должны быть тщательно проверены с помощью контрольного метра или стальной рулетки. При случайных ошибках уничтоженных делений рейки превышают  $\pm 1$  мм, то его нельзя использовать для установки опорных точек. Исходными данными, как уже говорилось, являются отметки знаков полигонометрии. Эта отметка второго знака полигонометрии используется для контроля. В случае, если в результате контроля правильность установки репера подтверждается, то ее закрепляют путем стука долотом по резьбе болта на уровне обоймы репера или выполнения сварки болта с зажимом для предотвращения вращения болта и изменения его высоты. Установка опорных точек на проектных отметках надлежит производиться с погрешностью не более  $\pm 2$  мм.

#### 4.6. Определение удалений путевых реперов от оси пути.

Железнодорожный путь в тоннелях прокладывается и выпрямляется в плане от опорных точек пути. Расстояние опорных точек от оси траектории должно определяться с погрешностью, не превышающей  $\pm 3$  мм.

На прямых участках маршрута расстояние реперов пути от оси пути устанавливается по полигонометрическому знаку. Также расстояние определяется по прямой, параллельной оси пути. Для этого в туннеле над полигонометрическим знаком 1 устанавливают теодолит (рис. 17). Смещение этого знака  $\delta_1$  от оси пути мы знаем, как и смещение  $\delta_2$  второго знака ПЗ 2 от оси пути. От ПЗ 2 вдоль нормали к оси траектории ставят значение  $(\delta_2 - \delta_1)$  и отмечают полученную точку С, которая ориентируется по визирной оси теодолитной трубы. Таким образом, линия (ПЗ 1-С) параллельна оси траектории. С этой визирной линии и производят съемку всех опорных точек

пути, используя специальный рельс, с помощью которого определяют отрезки  $m$ . Расстояние опорных точек от оси пути рассчитывается по формуле:

$$d_i = \delta_1 + m_i,$$

где  $m_i$  — отсчет по горизонтальной рейке;

$\delta_1$  — смещение полигонометрического знака, на котором установлен теодолит, от оси пути.

Чтобы определить расстояния от опорной точки пути до ближайшей внутренней грани рельсовой нити расчетное значение  $d_i$  уменьшается на величину, которая равна половине ширины подлинного пути  $(1524/2)=762$  мм.

На участках круговой кривой с малым радиусом предлагается определять координаты путевых реперов непосредственно из точек подземной полигонометрии. Затем, имея координаты опорных точек трека и центра кривой решают обратную геодезическую задачу. Затем находят расстояние от центра кривой до заданной опорной точки трека. Расстояние опорной точки пути  $d$  от оси пути вычисляется по формуле

$$d_i = D_i - (R - z),$$

где  $R$  — радиус разбивочной кривой;

$D_i$  — найденное расстояние между путевым репером и центром кривой;

$z$  — смещение оси пути относительно разбивочной оси.

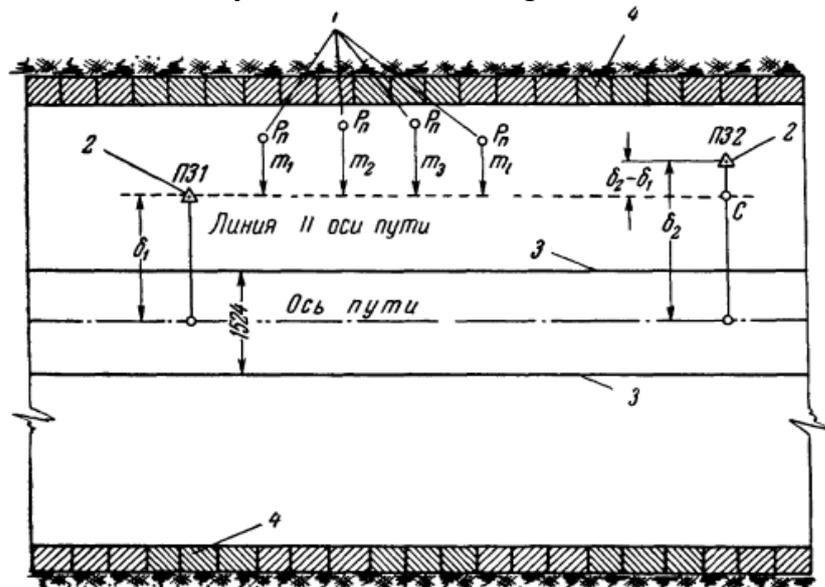


Рисунок 17. Схема определения путевых реперов

1- путевые реперы, 2- полигонометрические знаки, 3- рельсы, 4- блоки тоннельной обделки

В общем случае на участке круговой кривой положение реперов пути определяется по прямой, параллельной хорде АВ (рис. 18).

Для этого на полигонометрическом знаке ПЗ 2 откладывается разность смещений знаков полигонометрии  $(\delta_2 - \delta_1)$  и обозначается точка С. Линия, соединяющая ПЗ 1 со вспомогательной точкой С, будет параллельна хорде АВ.



где  $L$  — длина всей хорды, соединяющей ПЗ 1 и вспомогательную точку  $C$ .

Удаления путейских реперов вычисляют дважды. Расхождения между двойными определениями не должны превышать  $\pm 3$  мм.

#### 4.7. Определение удалений путейских реперов на переходной кривой

Расстояние реперов траектории от оси траектории на переходных кривых определяется по касательной линии. Суть этого метода определения удалений заключается как указано далее. В туннеле теодолит устанавливается по ближайшему полигометрическому знаку к переходной кривой, а его труба направлена параллельно касательной линии (рис. 19), при этом угол  $\rho$  вычисляется как разность между направленными углами подземной полигометрии стороны 1-2 и касательной прямой.

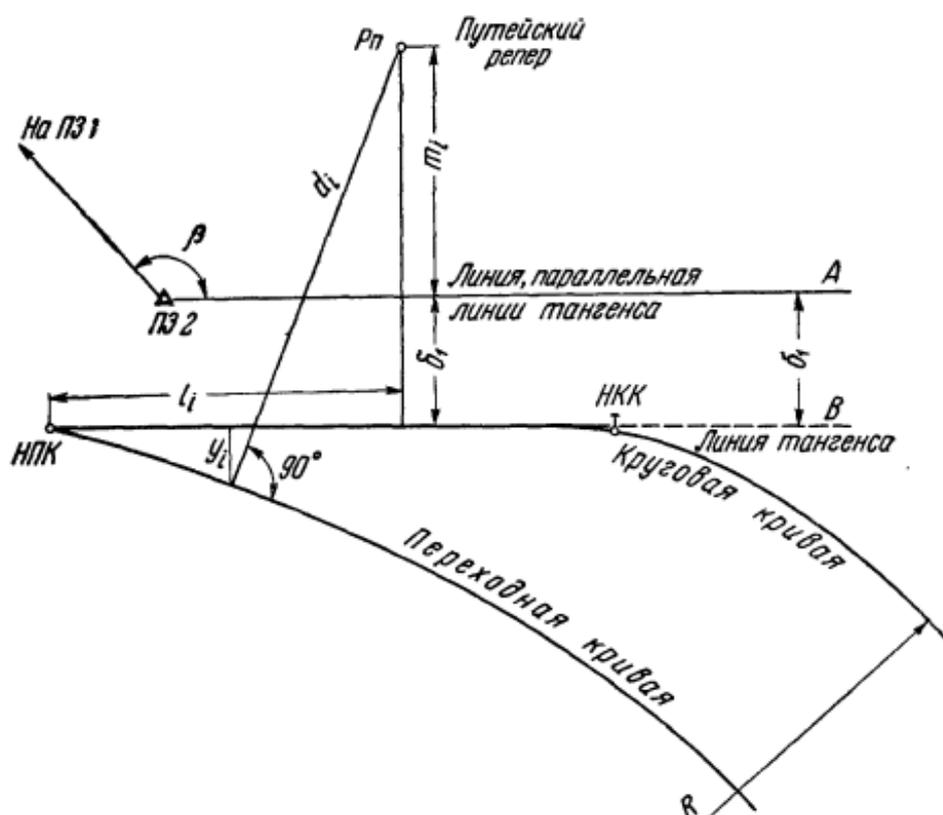


Рисунок 19. схема определения удаления путейских реперов на переходной кривой

Расстояние  $m_i$  между путейской опорной точкой и линией (2—А), параллельной касательной линии (НKK—В), определяется теодолитом на горизонтальной рейке. Удаление железнодорожных ориентиров от оси пути рассчитывается по формуле:

$$d_i = \delta_1 + m_i + y_i + \frac{l^4}{4C^2},$$

где  $\delta_1$  — величина смещения знака полигометрии, по которому теодолит отходит от касательной линии (тангенса);  $m_i$  — считываемый отсчет по рейке;  $y_i$  —

расстояние от касательной линии тангенса до переходной кривой при пикетаже обозначенного репера номера  $i$ . Вычисляется по формуле:

$$y_i = \frac{l^3}{6C} - \frac{l^7}{336C^3},$$

здесь  $l$ - это расстояние от НПК до заданной точки отсчета путейского репера.

По окончании определения пикетной линии и снятия опорных точек с оси пути они составляют свою ведомость, в соответствии с которым проводят все последующие работы по прокладке железнодорожного пути в тоннелях. В тоннеле каждый рэпер подписывает свой пикет и удаление с внутренней стороны ближнего рельса.

#### **4.8. Установление рельсов железнодорожного пути на проектные отметки**

В этом положении путь укрепляется с помощью распорных домкратов, каковые устанавливаются по пять пар на каждое звено рельсов длиной 12,5 Вт . Между каждой парой домкратов вставляют межрельсовые деревянные распорки, которые равны ширине пути. Под подошвой рельса на каждой паре домкратов помимо того вставляют бетонные кубы, контролируя их высоту железобетонными плитами. Между плитами и подошвой рельсов устанавливают деревянные клинья. Постукивая или ослабляя клин, вы можете поднять или опустить рельс. После рыхления пути устанавливается деревянная опалубка для дренажной канавы и противоугольных ям. Монтаж и распаковка путей в плане и профиле производится путевой бригадой в соответствии со списком путевых реперов и их подписями в тоннеле.

Для корректного размещения контура в профиле, наиболее близком к контуру контрольный рельс проверяется с помощью специального рельса с накладной уровень. Вторая высота рельса монтируется на уже установленную к первому рельсу, используя рельс и верхний уровень и наблюдая за завышением внешнего рельса на криволинейных участках трассы над внутренним, предусмотренным проектом.

В тоннелях метро железнодорожный путь остается без резиновых прокладок на момент бетонирования. Но после заливки бетоном шпалы и рельсы крепятся на резиновые прокладки толщиной 8 мм; вследствие этого при первоначальной правке проложенного пути для бетонирования нужно учитывать, что головные рельсы должны быть уложены ниже проектной на 8 мм.

#### 4.9. Способы выверки и конечной установки железнодорожного пути в плане и профиле

По пути, который отрихтовали, проложенному на бетонных кубах и разрыхленному домкратами и клиньями, осуществляется движение вагонов с грузами, что может вызвать местные нарушения пути. Следовательно поэтому, до того как приступить к укладке путевого бетона, путь тщательно проверяется и приводится в точное соответствие с планом укладки и профилем. Проверка укладываемой рельсовой нити в плане осуществляется путем измерения расстояния от центра случайного отсчета до внутренней грани головки, наиболее близкой к реперу рельса, и сравнения этих расстояний с проектом. Отклонения проложенных рельсов от проекта в плане не должны быть более  $\pm 2$  мм. Проложенный путь сверяют с планом по ориентирам, но в промежутке, для чего прямолинейный путь в пределах двух точек, полученными от железнодорожных реперов, натягивают на линию длиной 20 м и с помощью подвижного отвеса проверяют. В некоторых случаях устанавливают теодолит, прицельный луч которого направлен параллельно внутренней поверхности проверяемых рельсов. Обнаруженные отклонения рельсов от прямолинейной линии более чем на  $\pm 2$  мм выпрямляются домкратами.

На криволинейных участках трассы, помимо контрольных измерений стоячих расстояний от внутреннего края рельса до центра опорной точки пути, гладкость кривой также проверяется по стрелкам отклонения. Фактическое значение прогиба не должно отличаться от теоретического значения более чем на 3 мм. На участках трассы с кривыми малых радиусов используются хорды длиной 10 м. Здесь отклонения фактических значений стрелок отклонения от теоретических не должны превышать  $\pm 2$  мм.

На переходных кривых гладкость положенных рельсов также можно проверить с помощью десятиметровых хорд. Отклонение стрелки в середине хорды вычисляется по формуле, приведенной ниже:

$$b = \frac{(l_1 - l_2)^2 * (l_1 + l_2)}{18C},$$

где  $C$  — значение переходной кривой;  $l_1$  и  $l_2$  — расстояния от начала переходной кривой до начала и конца хорды.

Ширина колеи также контролируется - расстояние между внутренними гранями рельсов. На криволинейных участках трассы с радиусом менее 200 м делают уширение трассы, которое задается проектом.

Чтобы проверить проложенный путь в профиле, отмечают мелом точки. На левом и правом рельсах через каждые 3 м на каждом кубе. Определяются проектные отметки и их пикетное значение отмеченных точек. Затем устанавливается уровень и, используя отметки дорожных маркеров или полигонометрические знаки, определяется уровень горизонта (ГИ) инструмента. Показания на рейке, установленной на головке рельса в точке,

отмеченной мелом, должны быть равны значению  $b$ , рассчитанному по формуле:

$$b = (\text{ГИ}) - \text{Нпр},$$

где Нпр — проектная отметка головки рельсов в точке, в которой установлена рейка.

В случае отклонения от расчетной отметки проложенный путь либо поднимается домкратами с клиньями, либо опускается путем ослабления клиньев. Правка продолжается до тех пор, пока отклонения фактических показаний на рельсе от расчетных не станут менее  $\pm 3$  мм. На криволинейных участках уровень головки рельса внутренней путевой резьбы должен быть меньше уровня опорной точки пути на величину высоты наружного рельса.

#### **4.10. Тоннельные путевые знаки. Исполнительные чертежи.**

Путевые и сигнальные знаки устанавливаются в тоннелях для ориентации машинистов поездов и рабочих бригад при ремонте и текущем содержании железнодорожного пути. Знаки устанавливаются на стенах тоннеля, а места их установки определяются проектом.

В путевых туннелях установлены следующие сигнальные и путевые знаки.

Путевые: 1) уклоноуказатели; 2) пикетные; 3) начало и конец отвода рельсовых нитей; 4) начало и конец переходных круговых кривых; 5) начало, середина и конец вертикальных кривых; 6) таблица характеристик кривой; 7) нумерация железнодорожных звеньев; 8) справочные таблицы реперов; 9) отметки границ пути, рабочих кабинетов и околотков.

Сигнальные: 1) сокращения скорости на кривых малых радиусов (менее 400 м); 2) стоп-сигналы передней кабины поезда на станции; 3) знаки границ станции; 4) предельные столбы и рейки; 5) знаки звукового сигнала.

Знаки, необходимые машинистам поездов, устанавливаются на высоте не менее 2 м от головки рельса; знаки, необходимые работникам путевой службы, устанавливаются на высоте 1,2 м от головки рельса. Сигнальные и путевые знаки надежно закреплены.

После затвердевания путевого бетона рельсы выравнивают и производят съемку в плане. По результатам этих работ составляются специальные таблицы, отображающие фактическое положение трасс до их обкатки. После обкатки траектория съемки в плане и профиле повторяется, и данные съемки вводятся в ту же таблицу. Кроме того, они составляют графики отклонений путевых реперов и головок рельсов от расчетных значений и графики перекосов рельсов в масштабах: горизонтальном - 1: 1000, вертикальном - 1: 10.

Для формирования исполнительного плана и профиля железнодорожного пути производится детальное обследование оборудования, установленного в тоннелях. В результате такой съемки получается: а) длины всех звеньев рельсов основных и вспомогательных путей и устройств контррельсов, а также

количество уложенных под каждую часть шпал; б) привязку и стыков рельсов для цепной связи; в) привязку данных по цепной связи всех изолированных стыков начала и конца сливных устройств контррельсов, наконечников перьев стрелочных переводов, переводных центров, начала и концов третьего рельса; г) данные, связывающие дроссельные коробки, релейные шкафы, светофоры, кронштейны автостопа, старт и конец различных оснований пути (бетон, щебень). Данные съемки представлены в виде набросков (абриса). По абрису составляется план путей, который сопровождается каталогом маркеров путей.

## Заключение

В связи с высокой плотностью населения в городе Алматы, одним из наиболее важных вопросов является наличие метрополитена в общественном транспорте. Прокладка рельсовых путей является неотъемлемой частью работ при строительстве метрополитена. Поэтому маркшейдерские работы, выполняемые при этом, являются ответственным процессом на всех этапах строительства метрополитена.

В результате написания диплома по маркшейдерским работам в метрополитене г. Алматы были рассмотрены и освещены следующие вопросы.

1) о физико-географическом положении города Алматы, геологической структуре региона и рабочего места, гидрологическом состоянии, строительной площадке и технике метрополитена.

2) основные геодезические и маркшейдерские работы в строительстве метрополитена, общие сведения о геодинамической сети города Алматы.

3) Непосредственно сами маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей на территории алматинского метрополитена.

В городе Алматы, несмотря на большую плотность населения, недостаточно развита сеть общественного транспорта. На дорогах постоянно происходят заторы большой продолжительности, что приводит к утечке воздуха газом. Это одна из причин ухудшения экологии города. Поэтому метрополитен города Алматы является решением многих проблем. Проектирование ее сети началось в 1983 году. В настоящее время завершено строительство метрополитена, сдана в эксплуатацию одна линия, запланирована и ведется строительство второй линии.

Маркшейдерские работы как на поверхности Земли так и под ней являются ответственным процессом на всех этапах строительства метрополитена. Сроки и эксплуатационные эффекты строящихся объектов зависят от периодического и качественного этих работ. Для безаварийной эксплуатации метрополитена необходимы непрерывные и высокоточные геодезические наблюдения, маркшейдерские вычисления за развитием строительства метрополитена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Г. Афанасьев, Б.И. Гойдышев, И.Ф. Демьянчик, В.А. Жилкин, В.Л., Калашников, М.М. Сандер, Е.Н. Соколов. ВСН 1609 Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей. Москва, 1970.
2. В. Г. Афанасьев, А. О. Алексеев, Е. Соколов. Геодезия и маркшейдерия при строительстве тоннелей и метрополитенов. Москва «Недра», 1965.
3. Захаров Е.М. Научное обеспечение в строительстве подземных сооружений в Ленинграде. Подземное и шахтное строительство. 1991.
4. Технический отчет о контрольных геодезическо-маркшейдерских работах на объектах: «Строительство первой очереди алматинского метрополитена». Главный маркшейдер ОАО «Алматыметрокурылыс» Абдуллаев Б.А. //Алматы, 2008.
5. Касенов Б.С., Жаркимбаев Б.М., Солтабаева С.Т. «Практикум общего курса маркшейдерского дела» Учебное пособие. – Алматы, КазННТУ, 2015. - 126 с.
6. Учебная пособия Попов И.И., Жаркимбаев Б.М. «Маркшейдерское дело.» Алматы, 2000.

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Утеуленова Аяулы Ермековна

(Ф.И.О. обучающегося)

5B070700 – «Горное дело»

(шифр и наименование специальности)

На тему: **«МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОКЛАДКЕ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ»**

По теме дипломной работы изложены расчеты, проводимые при прокладке рельсовых путей в Метрополитене. Детально представлено, как ведется маркшейдерская работа от полного начала до конца, какой расчет выполняется, каким требованиям должен соответствовать.

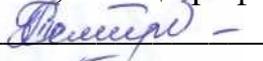
При выполнении дипломной работы студент глубоко освоил работу с современными геодезическими приборами и программы «Excel», «Autocad». При выполнении дипломной работы Утеуленова А. продемонстрировала хороший уровень работоспособности в процессе освоения теоретических и практических знаний по специальности, провела достаточный объем вычислительной и графической работы при прокладке рельсовых путей на примере Метрополитена.

В ходе подготовки дипломной работы студент на практике использовал теоретические знания по специальности и показал степень эффективности в процессе выполнения работ, выполняла маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей.

Дипломную работу Утеуленова Аяулы на тему «Маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в Метрополитене» допустить к защите.

**Научный руководитель**

К.т.н., ассоц.проф.

 С.Т.Солтабаева

21.05.2020 г.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Утеуленова Аяулы Ермаковна

**Название:** Маркшейдерские работы при прокладке рельсовых путей в метрополитене

**Координатор:** Сауле Солтабаева

**Коэффициент подобия 1:** 6,7

**Коэффициент подобия 2:** 0,8

**Замена букв:** 5

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

*Допустить к защите*

*21.05.2020*

Дата

*Солтабаева С.П.*

Подпись Научного руководителя