

**ПРИОРИТЕТНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ»
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ**

В.Н. СУЧЕНКО

**МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ**

Учебное пособие

**Москва
2008**

Рецензент:

доктор технических наук, профессор А. Б. Макаров

Инновационная образовательная программа

Российского университета дружбы народов

«Создание комплекса инновационных образовательных программ и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ через систему экспорта образовательных услуг»

Сученко В. Н.

Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов. — М., 2008. — 207 с.

Учебное пособие написано в соответствии с профессиональной образовательной программой для студентов специальности 090100 «Маркшейдерское дело». Рассмотрены все основные задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве подземных сооружений. Описано назначение и методы производства маркшейдерских работ при строительстве тоннелей метрополитенов.

Учебное пособие может быть полезно как для студентов, обучающихся по направлению специализации 550609 «Маркшейдерия», так и для студентов технологических специальностей.

Учебное пособие выполнено в рамках инновационной образовательной программы Российского университета дружбы народов «Создание учебника (или учебного пособия, или текстов лекций) курсов дополнительной профессиональной подготовки в области энергетики и энергосбережения, рационального природопользования и безопасности»

АННОТАЦИЯ

учебного пособия «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей метрополитенов» автора Сученко В. Н.

Учебное пособие написано в соответствии с профессиональной образовательной программой для студентов обучающихся по специализации 550609 «Маркшейдерия». Рассмотрены все основные задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве подземных сооружений. Описано назначение и методы производства маркшейдерских работ при строительстве тоннелей метрополитенов.

Учебное пособие может быть полезно как для студентов обучающихся по специализации 550609 «Маркшейдерия», так и для студентов технологических специальностей.

Введение

С ростом населения и увеличением размеров городов существующий наземный транспорт постепенно все меньше удовлетворяет потребности населения по причине относительно небольшой скорости движения и пропускной способности. Поиски дополнительных способов решения транспортных вопросов неизбежно приводят к необходимости сооружения в крупных городах линий метрополитенов.

для крупных городов метрополитен является наиболее эффективным видом транспорта, который представляет собой скоростную городскую внеуличную железную дорогу с курсирующими по ней маршрутными поездами для перевозки пассажиров.

Метрополитеном называется наземный и подземный внеуличный вид скоростного городского железнодорожного транспорта, предназначенный для пассажирских и, в отдельных случаях, для грузовых перевозок, линии которого прокладываются в подземных тоннелях, по поверхности земли и на эстакадах. От других видов городского пассажирского транспорта метрополитен отличается высокой скоростью и регулярностью движения маршрутных поездов, а также большой провозной способностью.

Линии метрополитенов или их отдельные участки по способу сооружения разделяются на:

- подземные, прокладываемые в тоннелях на мелком (10—15 м) от поверхности земли или глубоком заложении;
- надземные, устраиваемые на специальных эстакадах или путепроводах, сооружаемых над улицами;
- наземные, проходящие по поверхности земли и не имеющие пересечения в одном уровне с городскими магистралями.

Наземные линии метрополитенов располагают в малоэтажных районах и на окраинах городов. Строительство наземных линий дешевле по сравнению с подземным способом сооружения метрополитенов, но наземный транспорт отнимает у города часть территории. Поэтому подземные линии являются основным видом метрополитенов и имеют преимущественное распространение в крупных городах.

В комплекс метрополитена входят следующие основные сооружения: станции, перегонные тоннели, эстакады, мосты, путепроводы, камеры съездов, тупики, соединительные служебные тоннели, депо, инженерный корпус метрополитена.

Станции метрополитена оборудованы для посадки, высадки и пересадки пассажиров, а также для приема и отправления поездов. Их располагают в плане на прямых участках трассы, а в профиле, как правило, на возвышениях профиля для облегчения разгона поезда, уходящего со станции, и замедления хода поезда, прибывающего на нее.

Тоннели, эстакады, путепроводы, служат для движения поездов между станциями. Тоннели метрополитенов строят одно- или двухпутными. Для перехода от двухпутного участка к двум однопутным участкам сооружают специальные камеры-раструбы.

Тупиковые тоннели сооружают на конечных станциях метрополитена и для перевода поездов с одного пути на другой, а также для осмотра и отстоя составов.

Электродепо предназначено для ночного осмотра подвижного состава, проведения технического обслуживания и ремонта.

Инженерный корпус метрополитена является центром управления движением поездов и работой всех технологических установок (электротехнических, связи автоматики, сантехнических и др.), обеспечивающих работу метрополитена.

Размеры и очертание свободного внутреннего пространства тоннельных сооружений зависят от их назначения, размеров и формы подвижного состава и размещаемого оборудования. Развитие крупномасштабных инженерных проектов, в которых важную часть занимают скоростное проведение различного предназначения протяженных с большой площадью поперечного сечения горных выработок, послужило базой для создания и развития мощных проходческих комплексов. Отечественная и зарубежная практика строительства подземных сооружений характеризуется большим разнообразием технологических решений: буровзрывной, комбайновый, комбинированный способ проходки, безлюдное бурение; последовательная, смещенная, параллельная технологические схемы; монолитные бетонные крепи со спуском бетонной крепи по трубам и в контейнерах; многослойные водонепроницаемые крепи; облегченные крепи на базе анкеров и набрызгбетона, сборные железобетонные крепи и др.

Применение современной техники и новых технологий возведения подземных сооружений предъявляет повышенные требования к маркшейдерскому обеспечению строительных работ. Это связано с повышенными требованиями к точности реализации проектов освоения подземного пространства, что диктуется самими условиями существующей и постоянно расширяющейся инфраструктуры городов. Наибольшую актуальность приобретает своевременное и качественное маркшейдерское обеспечение возрастающих темпов строительства современных линий метрополитенов.

Маркшейдерские работы являются неотъемлемой частью технологического процесса подземного строительства, они сопутствуют всем этапам возведения сооружения, поэтому своевременное и качественное маркшейдерское обеспечение существенно влияет на качество и сроки строительства. Это, в свою очередь, налагает определенные требования к подготовке специалистов маркшейдеров, способных решать весь комплекс задач маркшейдерского обеспечения строительства.

Вследствие вышесказанного, целью настоящего учебного пособия является приобретение теоретических знаний, позволяющих с учетом современных требований квалифицированно и своевременно производить весь комплекс маркшейдерских работ при строительстве сооружений различного назначения.

Основные задачи курса:

1. Ознакомить студентов с основными задачами маркшейдерского обеспечения строительства тоннелей и метрополитенов, их спецификой, методами производства работ, техническими средствами и т. д.
2. Ознакомить студентов с общепризнанными в мире методиками производства маркшейдерских работ, основными положениями нормативной документации, на ряде известных построенных и возводимых тоннелей показать значимость и уникальность работ.
3. Обучить студентов практическим навыкам расчета и проектирования основных элементов, необходимых для выноса проектов сооружений в натуру и составления отчетной документации, сопутствующей принятию сооружений в эксплуатацию.

Курс предназначен для обучения в магистратуре, но одновременно может быть использован и для дополнительного образования (стажировка и курсы повышения квалификации).

Такой инновационный характер курса «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» соответствует современным потребностям России в интенсивном и опережающем развитии транспортных магистралей, увеличении грузопотоков и решении транспортных вопросов в крупных городах.

Основные цели курса:

1. Обеспечить высокую профессиональную подготовку магистров-маркшейдеров;
2. Обеспечить высокую подготовку магистров-маркшейдеров для возможной их работы не только в промышленно-гражданском строительстве, но и в крупных проектных институтах (Метрогипротранс, Мосинжстрой, Метротоннельгеодезия и др.) и строительных фирмах России.

Инновационность курса

Инновационность курса «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» состоит в содержании курса, методике его преподавания, организации учебного процесса и используемой литературе

Содержание курса основано на богатом уникальном опыте проектирования, строительства и эксплуатации различных тоннелей и метрополитенов в России и ряде передовых в этой области странах (Англия, Франция, Канада, США, Испания, Япония и др.). Курс базируется на последних мировых и отечественных научных и технологических достижениях в тоннелестроении, являющихся до сих пор являются уникальными.

Инновационность содержания курса состоит в следующем:

1. Рассматриваются новые (инновационные) маркшейдерские технологии применительно к сооружению тоннелей и метрополитенов современными проходческими комплексами.
2. Рассматриваются новые (инновационные) способы управления качеством ведения и контроля строительных работ при проходке и креплении горных выработок.
3. Рассматриваются новые (инновационные) приборы позволяющие осуществлять мониторинг возведения сооружений в режиме реального времени.
4. В дипломных проектах магистров используются современные компьютерные программы обработки результатов измерений, составления проектной и отчетной графической документации.

Список программ обработки результатов наблюдений

№ п/п	Код и название программы	Автор (владелец) программы (организация, страна)	Статус программы (коммерчес., учебная, свободная)	Операционная среда (пред и пост процессорная обработка данных)	Основные пользователи программы
1	«Геодезия и землеустройство» Credo	СП «Кредо-Диалог»-ООО (Беларусь)	коммерчес.	Windows 98/XP	Бакалавры, магистры, аспиранты
2	Geomix	ВИОГЕМ (Россия)	свободная	Windows 98/XP	Бакалавры, магистры, аспиранты

3	Программа для геодезистов и землеустроителей Rubis	Бург и Риллинг ГБР(Германия)	коммерческ.	Windows Windows 98/XP	Бакалавры, магистры, аспиранты
4	GeoniCS	НПЦ «Геоника» (Россия)	коммерческ.	Windows 98/XP	Бакалавры, магистры, аспиранты

Поскольку строительство тоннелей и метрополитенов является наиболее сложным (комплексным) видом строительства, к которому предъявляются самые высокие требования по безопасности сооружения, эксплуатации и охране окружающей среды, **методика преподавания** курса должна соответствовать такому высокому статусу. знакомство с современными отечественными и зарубежными примерами из практики проектирования и строительства тоннелей, с последними научными и техническими достижениями в этой области должны вызвать **заинтересованность студентов** в методах производства маркшейдерских работ. обучение работе с некоторыми современными компьютерными программами обработки результатов измерений и графических построений используются при выполнении магистерских, а в будущем и кандидатских диссертаций.

Инновационность методики преподавания курса «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» состоит в следующем:

1. Все исходные данные для магистерских диссертаций взяты из **реальных** отечественных и зарубежных (в том числе по странам приема бакалавров) проектов строительства тоннелей и метрополитенов.
2. Широкое использование информационно-компьютерных технологий (сайтов подобных кафедр зарубежных и наших университетов, международных профессиональных обществ, проектных и научных институтов, и др).

Такая инновационная методика выполнения магистерских диссертаций имеет, следующие преимущества:

1. **Значительное расширение кругозора и повышение профессиональной подготовки** вследствие изучения ими реальных проектов, из которых они получает много полезной и разной информации по другим дисциплинам направления «Горное дело» («Инженерная геология», «Механика грунтов», «Строительство подземных сооружений» и др.).
2. **Заинтересованность студентов** благодаря знакомству их с современными отечественными и зарубежными примерами из практики проектирования и строительства тоннелей, с последними научными и технологическими достижениями в этой области и обучения их работе с некоторыми современными компьютерными программами.

Инновационность используемой литературы.

Список обязательной учебной и нормативной и особенно дополнительной литературы по этому курсу - максимально обширный и включает эту **литературу на русском, английском, испанском, и французском языках.** В библиотеке РУДН собрана богатая учебная, нормативная и научно-техническая литература по отечественному и зарубежному тоннелестроению, включающая множество книг, журналов, трудов международных конференций.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТНОЙ

ДОКУМЕНТАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

При проектировании линий метрополитенов в первую очередь решаются социальные вопросы, основой которых является прогноз удовлетворения потребности населения в транспортных средствах в ближайшем будущем. Проектирование новых линий также связано с необходимостью решения существующих транспортных проблем, не позволяющих в настоящий момент обеспечить нужды города. Считается, что эта ситуация возникает, когда наземный транспорт по различным причинам приводит к затрате времени на передвижение от периферии города к его центру более 30 минут.

Линии метрополитена проектируются на основе генеральной схемы развития сети метрополитена города, разработанной в увязке с развитием всего городского транспорта. В соответствии с генеральной схемой для проектируемой линии метрополитена устанавливают направление, протяженность, число и место расположения станций, депо и т. д.

при проектировании и строительстве метрополитенов особое место занимают инженерно-геологические изыскания. Основной задачей инженерно-геологических изысканий является комплексное изучение инженерно-геологических условий района, позволяющее правильно и экономично запроектировать, построить и эксплуатировать метрополитен. В результате изысканий должна быть получена информация о строении и составе горного массива, о гидрогеологической обстановке. На основании анализа материалов, полученных при инженерно-геологических изысканиях, выбирают глубину заложения метрополитена, способы строительства, типы конструкций и т. д.

От точности инженерно-геологических данных зависит безопасность людей, работающих в забое, и сохранность городских наземных зданий и коммуникаций. Поэтому к качеству изысканий в метростроении предъявляют особенно высокие требования.

Изысканиями должны быть установлены следующие основные сведения: геологическое строение трассы (виды и состав горных пород, характер залегания пластов, их мощность и трещиноватость); гидрогеологические условия; физико-механические свойства пород; возможность проявления при строительстве отрицательных процессов (развития большого горного давления, оседаний поверхности над тоннелями, образования вывалов породы в забое, прорывов пльвунов).

Изыскания выполняют в три этапа. В начальном, подготовительном, периоде собирают, изучают и обобщают фондовые и литературные материалы по району изысканий и намечают программу работ. Затем, на втором, полевом, этапе работ по разработанной программе ведут инженерно-геологическую разведку (бурение разведочных скважин, геофизические исследования, проходку разведочных выработок, лабораторные исследования грунтов и подземных вод по образцам, отобранным в процессе бурения скважин и проходки выработок). На третьем этапе обрабатывают материалы разведки, завершают лабораторные работы и составляют отчет о проделанной работе.

Инженерно-геодезические работы на всех стадиях проектирования должны обеспечить получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации, рельефе местности. Сюда должны входить сведения о существующих зданиях и сооружениях (наземных, подземных) и других элементах планировки, необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий по проектируемой трассе линии, обоснования проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена.

Проектирование метрополитенов, как и других объектов, содержит несколько этапов, выполняемых в определенной последовательности.

После принятия решения о необходимости сооружения объекта первоначально составляют **технико-экономическое обоснование** (ТЭО) проектирования, строительства, реконструкции или расширения сооружения и определяют расчетную стоимость строительства. Поскольку заранее сложно определить все возможные организационные и технические ситуации, которые могут возникнуть при возведении данного сооружения, технико-экономическое обоснование разрабатывают на основании схемы развития и размещения уже построенных аналогичных объектов.

на стадии разработки ТЭО геодезические изыскания проводят по всем вариантам проектируемых трасс. В состав работ входит сбор и анализ топографических планов в масштабах 1:5000 — 1:2000, фотопланов (аэро- и космофотопланов), землеустроительных и лесоустроительных планов, материалов изысканий прошлых лет по развитию опорных геодезических сетей, земельного, градостроительного и иных кадастров.

в районе намечаемого строительства обследуют состояние пунктов государственной геодезической опорной и съемочной сети, и, в случае необходимости, производят сгущение или развитие плано-высотного обоснования и выполнение топографической съемки. Кроме того, проводят промеры глубин на реках и водоемах, нивелирование поверхности дна водотоков и составление продольного профиля на исследуемом участке реки и поперечных профилей по промерным створам, выносят в натуру инженерно-геологические выработки и другие объекты.

Определяют положение и выполняют работы по изучению опасных природных и техноприродных объектов (карст, склоновые процессы, переработка берегов рек, морей, озер и водохранилищ, а также в случаях подрабатывания и подтопления территории), материалов по деформациям оснований зданий и сооружений на земной поверхности, происшедшим до начала строительства.

Следующим этапом является выбор конкретной площадки для строительства объекта и составление **технического задания** (ТЗ) на проектирование. В техническом задании рассматривается ряд вопросов, начиная с обоснования решений и описания места будущего строительства и заканчивая общими требованиями к готовому сооружению. определяются основные исходные данные для производства геодезических работ, задачи изысканий, требования к точности, достоверности и полноте топографических материалов.

После детального рассмотрения и утверждения, техническое задание передают проектной организации, на основании чего там разрабатывают **проектно-сметную документацию (ПСД)** в одну или две стадии. В одну стадию разрабатывают проектно-сметную документацию для предприятий, зданий и сооружений, строительство которых будет осуществляться по типовым и повторно применяемым проектам, а также для технически несложных объектов. В две стадии — для сложных и оригинальных объектов.

Проектирование трассы в плане и профиле ведут с учетом рельефа местности, инженерно-геологических условий строительства будущей линии метро и городской застройки. При проектировании линий метрополитена мелкого заложения трассу располагают под широкими уличными магистралями или под малоэтажными кварталами города. На линиях глубокого заложения трассу между станциями проектируют по кратчайшему направлению.

Не допускается строительство объектов по устаревшим проектам, для чего перед включением сооружений в план капитального строительства необходимо проверить соответствие принимаемых решений современному техническому уровню. В проектах должны учитываться новейшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники, обеспечивающие наиболее высокие технико-экономические показатели при наименьших капитальных вложениях и эксплуатационных затратах.

Состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации регламентируется строительными нормами и правилами (СНиП), «Инструкцией о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» и другими нормативными документами, такими как:

- государственными стандартами (ГОСТ) по проектированию и строительству;
- нормами технологического и строительного проектирования;
- строительным каталогом конструкций и изделий для специализированных видов строительства.

В состав проектно-сметной документации входят:

- общая пояснительная записка в нескольких книгах с приложениями, включая папки с копиями чертежей;
- организация строительства;
- сметная документация.

Общая пояснительная записка состоит из нескольких частей, среди которых основными являются: геологическая; энергетическая; строительная; генеральный план и транспорт; система управления производством; охрана природы; технико-экономическая. В пояснительной записке проекта приводится оценка прогрессивности и эффективности принятых решений и сравнение технико-экономических показателей с показателями, утвержденными в ТЭО. приводятся краткие сведения по всем частям проекта, с обоснованием принятых технических решений, и основные технико-экономические показатели — протяженность трассы, число станций, частота движения поездов, сметная стоимость 1 км линии и др.

Строительная часть содержит описание и обоснование архитектурно-строительных решений по проектируемому объекту и их соответствие функциональному назначению с учетом градостроительных требований, данные об обеспечении комфортности помещений, данные о площади строительства и соответствии объемно-планировочных и конструктивных решений требованиям технологичности строительства. В особых разделах освещены вопросы организации водоснабжения, канализации, теплоснабжения и вентиляции, даны чертежи внутренних и внешних сетей коммуникаций.

В проекте организации строительства (ПОС), входящего в состав проектно-сметной документации, определены все основные технические решения и применяемые материалы, необходимые для возведения объекта. Составной частью ПОС является ситуационный план района строительства, на который наносятся существующие и проектируемые внутренние и внешние коммуникации, инженерные сети. Здесь также приводится решение вопросов размещения основных и временных сооружений.

После утверждения проекта на основании ПОС разрабатывают **проект производства работ (ППР)**, в котором указывается технологическая последовательность строительства, места размещения основного и вспомогательного оборудования, складирования применяемых материалов. Разрабатывается комплекс мероприятий, обеспечивающий безопасное ведение строительного-монтажных работ.

Рабочая документация выполняется на основании утвержденного проекта строительства и включает в себя: рабочие чертежи; ведомости объемов строительных и монтажных работ; ведомости потребности в материалах; спецификации на оборудование; сметную документацию; паспорта строительных рабочих чертежей зданий и сооружений.

К началу работ строительной организации передают комплекты технической и проектной документации.

В состав технической документации входят:

- планы земной поверхности участков строительства;
- план расположения пунктов опорной сети на земной поверхности;
- материалы детальной геологической разведки;
- чертежи земельных отводов.

Проектная графическая документация применительно к строительству метрополитенов включает в себя:

- **генеральный план**, на котором указывают все запроектированные объекты с их наименованиями и основными размерами, план подземных сооружений для транспортных тоннелей и метрополитенов составляется в масштабах 1:2000 и 1:5000;
- **геометрическая схема** трассы в масштабе 1:1000, на ней даются все плановые данные, необходимые для переноса проекта в натуру;
- **укладочная схема** является основным проектным чертежом, где определено положение трассы в вертикальной плоскости, она составляется в масштабе 1:2000.
- **продольный профиль** трассы проектируется на базе общего геологического разреза и содержит все необходимые данные для перенесения проекта профиля в натуру, все отметки и расстояния даются в нем с точностью до миллиметров;
- **планы шахтных площадок** составляются в масштабе 1:200 и содержат основные данные для разбивки околовольных выработок.

Для детальной разбивки сооружений при строительстве тоннелей и метрополитенов проектирующими организациями выпускается комплект проектных чертежей, содержание которых зависит от назначения проектируемого сооружения. На чертежах, выдаваемых проектными организациями строителям, имеются все необходимые данные, определяющие положение трассы в натуре.

для особых условий застройки г. москвы дополнительно действует «Положение о едином порядке предпроектной и проектной подготовки строительства в г. Москве», которое разработано в соответствии с распоряжением Мэра Москвы от 01.09.1998 № 890-РМ «О сокращении сроков согласования и утверждения предпроектной и проектной документации» и утверждено распоряжением Мэра Москвы от 11.04.2000 № 378-РМ. Положение ориентировано для использования всеми участниками инвестиционно-строительной деятельности и, в первую очередь, для инвесторов, застройщиков и заказчиков.

Этот документ определяет порядок взаимодействия всех участников инвестиционно-строительной деятельности на территории Москвы при предпроектной и проектной подготовке строительства. В нем установлено распределение функций городских организаций, органов городской администрации, а также заказчиков и застройщиков, основанных на действующих законодательных и нормативно-правовых документах РФ, города Москвы в области архитектуры и градостроительства.

Основные положения этого документа изложены в приложении 1.

2. ЗАДАЧИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Задачи маркшейдерского обеспечения при подземном строительстве аналогичны тем, которые выполняют геодезисты при строительстве наземных сооружений. Принципиальных различий в методике проведения работ и в конструкции применяемых для производства работ приборов не существует. Однако в случае производства строительных работ под землей или добычи полезного ископаемого любым из способов, весь комплекс задач, связанных с наземным и подземным строительством, в пределах горного отвода, обязан решать маркшейдер.

Работа маркшейдера при строительстве подземных сооружений начинается со сгущения опорной сети на поверхности, которая должна обеспечить возведение объекта с заданной точностью в соответствии с проектными решениями. Относительно пунктов опорной сети производят вынос контура и топографическую съемку промплощадки, разбивку всего технологического комплекса связанных с подземным строительством основных и вспомогательных зданий и сооружений. Производят необходимые разбивки и съемки при сооружении подъездных дорог и различных коммуникаций.

Создание маркшейдерско-геодезической основы для строительства и производства измерений деформаций оснований, конструкций сооружений и их частей в процессе строительства, согласно СНиП 3.01.03—84 «Геодезические работы в строительстве», являются обязанностью заказчика, а выполнение маркшейдерских работ в процессе строительства, контроль точности геометрических параметров сооружений и исполнительные съемки входят в обязанности маркшейдеров строительной организации (подрядчика).

Маркшейдерские работы являются неотъемлемой частью технологического процесса строительного производства, поэтому они осуществляются по единому для данной строительной площадки графику, увязанному со сроками выполнения общестроительных, монтажных и специальных работ.

При строительстве крупных и сложных объектов, разрабатываются проекты производства маркшейдерских работ в порядке, установленном для разработки проектов производства работ.

В общем случае задачами маркшейдерского обеспечения при строительстве подземных сооружений являются:

- проверка числовых значений разбивочных элементов и графической части проектных чертежей;
- перенесение геометрических элементов проекта в натуру;
- контроль соблюдения установленного проектом соотношения геометрических элементов сооружений;
- наблюдение за деформациями сооружений;
- производство съемочных работ, составление и пополнение графической документации;
- учет объемов основных строительных работ.

Основную часть перечисленных работ выполняют маркшейдеры строительной организации, и только выполнение некоторых наиболее трудоемких и ответственных работ возлагается на специализированные организации.

2.1. ПРОВЕРКА ПРОЕКТНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Возведение подземных сооружений требует значительных финансовых затрат. И, соответственно, должны быть полностью исключены ошибки переноса проекта сооружения в натуру. Это достигается самой методикой производства маркшейдерских работ, которая предусматривает проведение контрольных измерений и вычислений. Однако не исключена возможность наличия ошибок и просчетов непосредственно в проектной документации. Поэтому, учитывая особую ответственность разбивочных работ при переносе проекта сооружения в натуру, маркшейдерам необходимо выполнить вычисления и проверить соответствие указанных на проектных чертежах координат и размеров основных элементов сооружения с вычисленными значениями.

Для особо ответственных сооружений в проектных чертежах указывают значения координат характерных точек сооружения, расстояния и величины дирекционных углов между ними. Используя эти данные, решая, допустим, прямую геодезическую задачу, последовательно проверяют правильность указанных в проекте координат, или при помощи обратной геодезической задачи определяют величины дирекционных углов и расстояний, и сравнивают их с проектными значениями.

Проверку высотных отметок производят, используя значения уклонов и расстояний, указанных на чертежах, а также расстояний между ярусами сооружения, производя вычисления, сравнивают полученные результаты с проектными значениями.

После произведенной проверки координат и высот точек проверяют размеры, представленные во всем комплексе проектных чертежей по данному сооружению.

Кроме генплана, в комплект рабочих чертежей входят также чертежи различного назначения. Это строительные, энергетические, водоснабжение и канализация, вентиляция, связь и т. д. На каждом из них указаны общие размеры сооружения и отдельных его частей и свои специфические особенности, относящиеся к их конкретному назначению. Поэтому возникает необходимость в сравнении соответствия указанных размеров во всех проектных чертежах по каждому конкретному сооружению, и определении взаимоисключающего расположения вспомогательных конструкций и закладных деталей.

Обычно проверка начинается с общестроительных чертежей путем простого суммирования размеров внутренних конструкций и сопоставления полученного результата с общим размером всего сооружения, и в дальнейшем последовательно сравнивают соответствующие размеры и положение конструкций во всех остальных чертежах.

До начала выполнения маркшейдерско-геодезических работ на строительной площадке рабочие чертежи, используемые при разбивочных работах, должны быть проверены в части взаимной увязки размеров, координат и отметок (высот) и разрешены к производству техническим надзором заказчика.

Проектные чертежи можно принять к производству разбивочных работ только тогда, когда будет совершенно очевидна правильность всех размеров и числовых значений, а также наличие согласованности всего комплекса проектных чертежей по данному сооружению.

Для получения данных, отсутствующих на проектных чертежах, но являющихся необходимыми для перенесения проекта в натуру, выполняют детальные дополнительные расчеты.

2.2. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТА В НАТУРУ

Перенесение геометрических элементов проекта в натуру является одним из основных видов маркшейдерской деятельности. Выполняют его для определения на местности планового и высотного

положения характерных точек и плоскостей строящегося сооружения в соответствии с рабочими чертежами проекта.

Компоновка сооружения определяется его геометрией, которая, в свою очередь, задается осями. Относительно осей сооружения в рабочих чертежах указывают местоположение всех элементов сооружения. Система осей играет примерно ту же роль, что и координатная сетка на картах и планах.

На строительных чертежах (рис. 2.1) оси проводят штрих пунктирными линиями и обозначают цифрами и буквами в кружках.

Для обозначения продольных осей служат буквы русского алфавита, а для поперечных осей — арабские цифры. Оси обозначают слева направо и снизу вверх.

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта задают от условной поверхности.

В нормативных документах существует понятие разбивочные оси. На практике же разбивочные оси разделяют на главные, основные и промежуточные или детальные оси.

Главные оси — оси симметрии, их обозначают для зданий и сооружений сложной конфигурации. Для линейных сооружений это будут продольные оси этих сооружений.

Основными называют оси, определяющие форму и габариты зданий и сооружений.

Промежуточные или детальные оси — это оси отдельных элементов зданий, сооружений.

Возведению строительных конструкций предшествует перенесение геометрических элементов проекта сооружения в натуру, т. е. вынесение и закрепление на местности разбивочных осей. Поэтому маркшейдерские работы по перенесению проектов зданий и сооружений в натуру называют **разбивкой**.

Весь процесс разбивки сооружения определяется правилом перехода от общего к частному. Разбивка главных и основных осей определяет положение всего сооружения на местности, т. е. его размеры и ориентирование относительно сторон света и существующих контуров местности. Детальная же разбивка определяет взаимное положение отдельных элементов и конструкций сооружения.

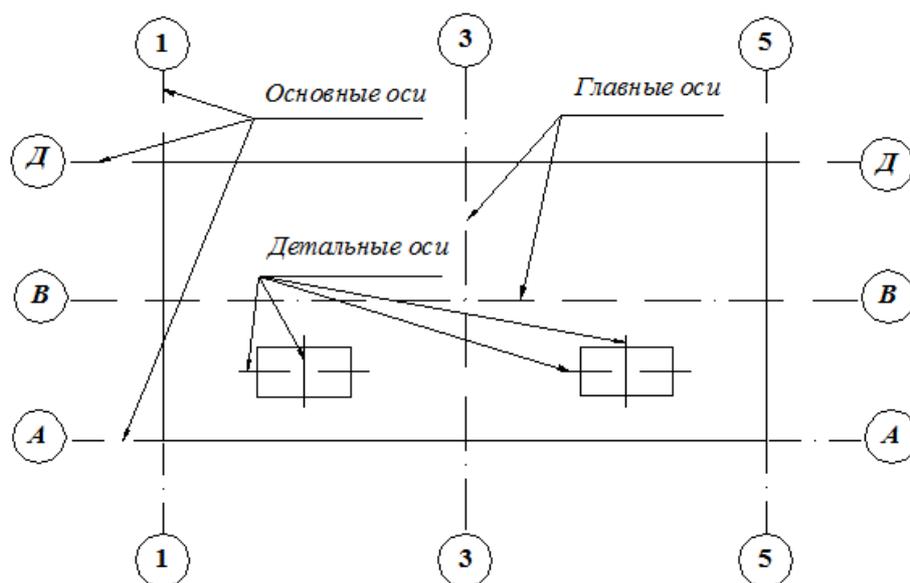


Рис. 2.1

Если положение главных и основных осей может быть определено на местности с погрешностью 30—50 мм, то детальные оси разбивают со средней квадратической погрешностью 2—3 мм и точнее.

Точность перенесения основных осей может быть повышена, если это обусловлено проектом, как, например, в случае, когда возводимое сооружение технологически связано с действующим объектом и к точности их взаимного положения предъявляют повышенные требования.

Вынос знаков разбивочной основы для строительства производят методами триангуляции, полигонометрии, засечек и т. д.

разбивочная основа для строительства должна быть создана не менее чем за 10 дней до начала выполнения строительно-монтажных работ. техническая документация и закрепленные на площадке строительства пункты разбивочной основы передаются поэтапно строительной организации (подрядчику), включая:

а) знаки разбивочной сети строительной площадки;

б) плановые (осевые) знаки внешней разбивочной основы здания (сооружения) в количестве не менее четырех на каждую ось, в том числе знаки, определяющие точки пересечения основных разбивочных осей всех углов сооружения, количество разбивочных осей, закрепляемых осевыми знаками, определяют с учетом конфигурации и размеров сооружения; на местности следует закреплять основные оси, определяющие габариты здания (сооружения), и оси в местах температурных (деформационных) швов, главные оси гидротехнических и сложных инженерных сооружений;

в) плановые (осевые) знаки линейных сооружений, определяющие начало и конец трассы, колодцы (камеры), закрепленные на прямых участках не менее чем через 0,5 км и на углах поворота трассы;

г) нивелирные реперы по границам и внутри застраиваемой территории у каждого здания (сооружения) не менее одного, вдоль осей инженерных сетей не реже чем через 0,5 км;

д) каталоги координат, высот и абрисы всех пунктов геодезической разбивочной основы.

Перед выносом в натуру проекта инженерного сооружения необходимо выполнить специальную маркшейдерскую подготовку, которая предусматривает:

— маркшейдерскую привязку проекта;

— составление разбивочных чертежей;

— разработку проекта производства маркшейдерских работ.

Привязкой проекта называют расчет разбивочных элементов, по которым выносят его в натуру от пунктов маркшейдерско-геодезической основы или капитальных опорных строений.

Разбивочными элементами являются расстояния, углы и превышения, выбор и расчет которых зависят от принятого способа разбивки.

Для выноса сооружения в натуру необходимо иметь на местности пункты маркшейдерско-геодезической основы с известными координатами. В этой же системе должны быть определены координаты основных точек сооружения, определяющих его геометрию. Координаты пунктов

маркшейдерско-геодезической основы определяют по результатам измерений, проводимых при ее создании. Координаты же точек, принадлежащих сооружению, в случае их отсутствия, определяют графически или вычисляют аналитически, при этом используют основные чертежи проекта.

Различают три способа маркшейдерской подготовки разбивочных данных: графический, графоаналитический и аналитический.

Графический способ применяют при внутриквартальной жилой застройке, в сельскохозяйственном строительстве, когда к точности планового положения объектов не предъявляют повышенных требований. Необходимые линейные и угловые разбивочные элементы определяют графически по генплану с точностью масштаба плана.

При **графоаналитическом способе** подготовки, наиболее широко применяющемся на практике, графически определяют координаты некоторых точек здания или сооружения, а значения угловых и линейных разбивочных элементов рассчитывают.

При **аналитическом способе** все данные для разбивки находят путем математических вычислений, при этом координаты минимум двух точек сооружения должны быть указаны на проектных чертежах.

Результаты маркшейдерской подготовки проекта отображают на разбивочных чертежах. Разбивочный чертеж является основным документом, по которому выполняют разбивочные работы в натуре. Его составляют в масштабах 1:500 — 1:2000, а иногда и крупнее, в зависимости от сложности сооружения или составляющих его элементов.

На разбивочном чертеже показывают:

- контуры выносимых зданий и сооружений с их размерами и расположением осей;
- пункты маркшейдерско-геодезической основы, от которых производится разбивка;
- разбивочные элементы, значения которых подписываются прямо на чертеже.

Иногда на разбивочном чертеже указывают значение координат исходных пунктов маркшейдерско-геодезической основы, длины и дирекционные углы исходных сторон, высотные отметки исходных реперов. Эти данные могут служить для контроля в процессе разбивки и после ее завершения.

Разбивочные работы в процессе строительства должны обеспечивать вынос в натуру от пунктов маркшейдерско-геодезической основы с заданной точностью осей и отметок, определяющих в соответствии с проектной документацией положение в плане и по высоте частей и конструктивных элементов сооружений.

Непосредственно перед выполнением разбивочных работ исполнитель должен проверить неизменность положения знаков разбивочной сети сооружения путем повторных измерений элементов сети.

Внутренняя разбивочная основа сооружения создается в виде сети пунктов на исходном и монтажных горизонтах сооружения. Вид, схему, точность, способ закрепления знаков внутренней разбивочной основы сооружения приводят в проекте производства работ или в проекте производства маркшейдерских работ. Внутренние разбивочные сети сооружения выносят от пунктов внешней разбивочной сети, а на монтажном горизонте — к пунктам внутренней разбивочной сети исходного горизонта.

выполнение разбивочных работ должно контролироваться путем проложения контрольных ходов в направлениях, не совпадающих с принятыми при разбивке, и точностью не ниже, чем при разбивке.

Передачу точек плановой внутренней разбивочной сети сооружения с исходного на монтажный горизонт выполняют методами наклонного или вертикального проектирования (проецирования) в зависимости от высоты здания (сооружения) и его конструктивных особенностей.

Точность передачи точек плановой внутренней разбивочной сети сооружения с исходного на монтажный горизонт контролируют путем сравнения расстояний и углов между соответствующими пунктами исходного и монтажного горизонтов.

Высотную разбивку положения конструкций сооружения, а также перенесение отметок с исходного горизонта на монтажный, как правило, выполняют методом геометрического нивелирования или другим методом, обеспечивающим соответствующую точность, от реперов разбивочной сети сооружения. Количество реперов, от которых переносятся отметки, должно быть не менее двух. При выполнении работ по передаче отметок с исходного горизонта на монтажный отметки реперов на исходном горизонте сооружения принимают как неизменные, независимо от осадок основания. Отступление от этого требования допустимо при наличии специальных обоснований в проектной документации.

За отметку монтажного горизонта, как правило, принимают среднее значение из величин, перенесенных отметок.

Результаты измерений и построений при создании внутренней разбивочной сети на исходном и монтажных горизонтах отображают на схемах местоположения знаков, закрепляющих оси, отметки и ориентиры.

При передаче сооружения от одной строительной-монтажной организации другой необходимые для выполнения последующих разбивочных работ знаки, закрепляющие оси, отметки, ориентиры и материалы исполнительных съемок должны быть переданы по акту установленного образца.

Для обеспечения своевременности и точности выполнения маркшейдерских работ составляют проект производства маркшейдерских работ. В проекте производства маркшейдерских работ, который является составной частью общестроительного проекта, рассматривается: построение исходной разбивочной основы; организация и выполнение разбивочных работ, исполнительных съемок; перечень применяемых приборов и инструментов для обеспечения соответствующей точности измерений, и другие вопросы, зависящие от конкретного объекта и условий его строительства.

Закрепление осей

Вынесенные в натуру оси закрепляются постоянными и временными знаками. Постоянными знаками обычно закрепляют главные и основные оси. Места закрепления осей постоянными знаками выбирают на стройгенплане с учетом долговременной их сохранности, а также обеспечения беспрепятственного ведения строительной-монтажных работ. Эти места должны быть удобными для установки над знаками приборов и выполнения измерений. Знаки устанавливают вне зоны земляных работ в местах, свободных от складирования строительных материалов, размещения временных сооружений и строительной техники.

Выбор конструкции знаков зависит от условий строительной площадки, наличия строительных материалов, применяемых методов разбивочных работ.

Конструкции постоянных знаков могут быть различными. Наиболее часто для закрепления осей применяют грунтовые постоянные знаки. В качестве постоянных грунтовых знаков используют обрезки

металлических труб или рельсов, к нижней части которых приваривают металлическую крестовину (якорь) для закрепления в бетонном монолите. К верхней части знака приваривают металлическую пластину, на которой при помощи керны отмечают положение точки закрепления оси. Иногда в качестве постоянных знаков допускается использование забетонированных деревянных столбов, положение точки закрепления оси на которых отмечается гвоздем.

Грунтовые реперы устанавливают в скважине, пробуренной на глубину не менее 0,5 м ниже глубины промерзания грунта. После установки знака скважину бетонируют. Постоянные реперы могут быть как грунтовыми, так и стенными, закрепляемыми в капитальных стенах или цокольных частях близлежащих зданий. Часто строительные реперы совмещают с постоянными знаками закрепления разбивочных осей.

Для временных знаков используют деревянные колья, костыли, металлические штыри и трубки.

Оси закрепляют по обе стороны от габаритов сооружения не менее чем двумя знаками. Грунтовые знаки закрепления осей ограждают и промерами производят привязку к местным предметам. Если в створе осей находятся капитальные строения, ограды и т. п., то на их стенах оси маркируют яркой несмываемой краской.

Для закрепления, а также для удобства использования в процессе строительства оси выносят на строительную обноску. Обноска представляет собой доску, закрепленную на столбах высотой 0,4—0,6 м. Применяют также инвентарную металлическую обноску. Оси на деревянной обноске фиксируют гвоздем, на металлической — специальным передвижным хомутом с прорезью. Известны два вида обноски — сплошная и створная. Вид обноски и место ее расположения указывают на схеме размещения знаков. Разбивочные оси, монтажные (ориентирные) риски выносят от знаков внешней или внутренней разбивочных сетей сооружения. Количество разбивочных осей, монтажных рисков, маяков, места их расположения, способ закрепления следует указывать в проекте производства работ или в проекте производства маркшейдерских работ.

Применение строительной обноски целесообразно при производстве строительно-монтажных работ в котловане. Между закрепленными на противоположных краях котлована метками на обноске, определяющими положение оси, натягивают шнур или проволоку. Прикрепленные к проволоке отвесы будут находиться с осью в одной отвесной плоскости, что позволит производить соответствующие строительно-монтажные работы согласно проектным решениям.

Требования к точности разбивочных работ

Требования к точности разбивочных работ зависят от многих факторов:

- вида, назначения, местоположения сооружения;
- размеров сооружения и взаимного расположения его частей;
- материала, из которого возводится сооружение;
- порядка и способа производства строительных работ;
- технологических особенностей эксплуатации и т. п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или в нормативных документах:

- строительных нормах и правилах (СНиП);

— государственном стандарте (ГОСТ);

— ведомственных инструкциях.

В случаях строительства по проектной документации, содержащей допуски на изготовление и возведение конструкций сооружений, не предусмотренные стандартами, нормами и правилами, необходимую точность разбивочных работ определяют специальными расчетами по условиям, заложенным в проектной документации.

Если два или несколько зданий (сооружений) связаны единой технологической линией или конструктивно, расчет точности разбивочных работ следует выполнять как для одного здания (сооружения).

Точность построения разбивочной основы строительной площадки принимают в соответствии с данными, приведенными в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Характеристика объектов строительства	Величины средних квадратических погрешностей построения разбивочной сети строительной площадки		
	угловые измерения, с	линейные измерения	определение превышения на 1 км хода, мм
Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью более 1 км; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки более 100 тыс. м	3	1:25 000	4
Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 км; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки от 10 до 100 тыс. м ²	5	1:10 000	6
Отдельно стоящие здания (сооружения), с площадью застройки менее 10 тыс. м; дороги, инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10	1:5 000	10
Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30	1:2000	15

Точность разбивочных работ в процессе строительства определяется, согласно данным, приведенным в табл. 2.2.

Разбивочные работы для монтажа технологического оборудования и строительных конструкций необходимо выполнять с точностью, обеспечивающей соблюдение допусков, предусмотренных

соответствующими нормами и правилами, государственными стандартами или техническими условиями, а также проектной документацией.

Предельные (допустимые) отклонения δ определяют по формуле

$$\delta = t m,$$

где t — величина, равная 2; 2,5; 3; определяется при разработке проекта производства работ или проекта производства геодезических работ;

m — средняя квадратическая погрешность, принимается по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Характеристика зданий, сооружений, строительных конструкций	Величины средних квадратических погрешностей построения внешней и внутренней разбивочных сетей здания (сооружения) и других разбивочных работ				
	линейные измерения	угловые измерения, с	определение превышения на станции, мм	определение отметки на монтажном горизонте относительно исходного, мм	передача точек, осей по вертикали, мм
1	2	3	4	5	6
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой св. 100 до 120 м или с пролетами св. 30 до 36 м	1:15 000	5	1	Числовые значения погрешностей следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта (согласно обязательным приложениям 4 и 5)	
Здания св. 15 этажей, сооружения высотой св. 60 до 100 м или с пролетами св. 18 до 30 м	1:10 000	10	2		
Здания св. 5 до 15 этажей, сооружения высотой св. 15 до 60 м или с пролетами св. 6 до 18 м	1:5 000	20	2.5		
Здания до 5 этажей,	1:3 000	30	3		

сооружения высотой до 15 м или с пролетами до 6 м					
Конструкции из дерева; инженерные сети, дороги подъездные пути	1:2 000	30	5		
Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	1:1 000	45	10		

Примечания: 1. Величины средних квадратических погрешностей (гр. 2 — 4) назначаются в зависимости от наличия одной из характеристик, указанных в гр. 1; при наличии двух и более характеристик величины средних квадратических погрешностей назначаются по той характеристике, которой соответствует более высокая точность.

2. Точность геодезических построений для строительства уникальных и сложных объектов и монтажа технологического оборудования следует определять расчетами на основе специальных технических условий и с учетом особых требований к допускам, предусматриваемых проектом.

Точность геометрических параметров в нормативных документах и чертежах определяется предельно допустимыми отклонениями.

По указанным допускам на положение строительных конструкций определяют долю, приходящуюся на маркшейдерские измерения. Для этого с учетом конкретной технологии возведения строительной конструкции решается вопрос о соотношении ошибок каждой технологической операции.

Если принять принцип равных влияний всех n источников, то на каждый из них, в том числе и на маркшейдерские измерения σ_m , придется доля от общей ошибки установки $\sigma_{общ}$:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{общ}}{\sqrt{n}}$$

Когда затруднительно учесть все возможные источники погрешностей строительного-монтажного производства, принимают принцип ничтожно малого влияния ошибок маркшейдерских измерений на общую ошибку:

$$\sigma_m = \sigma_{общ} \cdot K,$$

где $K = 0,2 — 0,4$.

Переход от допуска к среднему квадратическому отклонению выполняют по приближенной формуле

$$\delta \cong \frac{\sigma}{3}.$$

Вынос в натуру проектных углов и длин линий

Разбивочные работы сводятся к фиксации на местности точек, определяющих проектную геометрию сооружения. Плановое положение этих точек может быть определено с помощью построения на местности проектного угла от исходной стороны и выноса проектного расстояния от исходного пункта.

Построение проектного угла осуществляется от пунктов маркшейдерско-геодезической сети, созданной перед началом производства разбивочных работ. Задача сводится к отысканию на местности направления, которое образовывало бы с исходным направлением AB проектный угол β (рис. 2.2).

В нашем случае AB — исходное направление, C — точка определяемого направления.

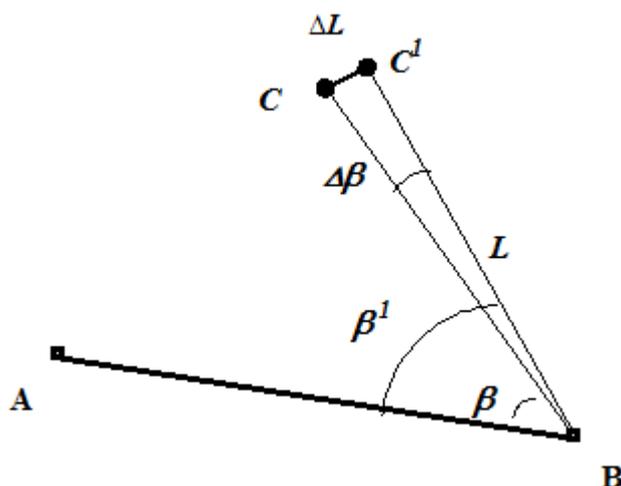


Рис. 2.2

Работы ведут в следующем порядке. Устанавливают теодолит в точке B и приводят его в рабочее положение. Наводят зрительную трубу на точку A и берут отсчет по лимбу горизонтального круга. Далее прибавляют или отнимают к этому отсчету проектный угол β и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Теперь визирная ось зрительной трубы указывает на требуемое направление. Зная проектное расстояние L , положение этой точки фиксируют на местности (т. C).

Стандартные геодезические и маркшейдерские приборы, изготовленные серийно, по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. В результате точность вынесения разбивочных элементов этими приборами оказывается ниже, чем точность измерений с использованием этих же приборов. Поэтому, если необходимо построить проектный угол с заданной точностью, поступают следующим образом.

Построенный в натуре угол измеряют несколькими приемами и определяют его более точное значение β' .

Число приемов, необходимых для измерения угла определяют по формуле

$$n = \frac{m_u^2}{m_\beta^2},$$

где m_{α} — номинальная для данного теодолита средняя квадратическая погрешность измерения угла;

m_b — требуемая средняя квадратическая погрешность вынесения угла.

Измерив построенный в натуре угол, вычисляют поправку Δb , которую необходимо ввести для уточнения построенного угла. Зная проектное расстояние L , вычисляют линейную поправку ΔL :

$$\Delta L = L \frac{\Delta \beta''}{\rho''},$$

где $\Delta b = b^1 - b$, сек;

$$\rho'' = 206265.$$

Далее откладывают от точки C перпендикулярно к линии BC величину вычисленной поправки ΔL и фиксируют точку C^1 . Угол ABC^1 и будет равен проектному углу с заданной точностью. Для контроля угол ABC^1 измеряют необходимым количеством приемов. Если полученное значение отличается от проектного на допустимую величину, то работу заканчивают. В противном случае требуются дальнейшие уточнения.

В таблице 2.3 приведены условия обеспечения точности угловых измерений, использование которой поможет правильно выбрать программу измерений исходя из применяемых приборов и инструментов.

Таблица 2.3

Процессы, условия измерений, тип приборов	Средние квадратические погрешности результатов угловых измерений, с					
	3	5	10	20	30	45
Центрирование теодолита и визирных целей	Оптическим центриром			Оптическим центриром, нитяным отвесом		
Фиксация центров знаков	Чертилкой		Керном	Карандашом, шпилькой		Шпилькой
Типы теодолитов по ГОСТ 10529—79 или им равноточные	T2 и модификации	T5 и модификации			T30 и модификации	
Количество приемов	3		2		1	

Для построения проектной длины линии необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению. Вынесение на местности расстояний может быть выполнено мерными приборами, т. е. рулетками или мерными проволоками, оптическими дальномерами, свето- и радиодальномерами.

Современные электронно-оптические приборы позволяют измерять и выносить линии с гарантируемой точностью в пределах

$$f_l = \pm (2 \div 4 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot L) \text{ мм},$$

где L — измеряемое расстояние в км.

Вынесение длин мерными приборами для точных разбивок производится при постоянном натяжении с введением поправок за компарирование, температуру и наклон линии к горизонту. Откладываемая на местности величина будет равна

$$D = D_0 \pm d_k \pm d_t + d_h,$$

где D_0 — проектное (горизонтальное) расстояние;

d_k — поправка за компарирование, вычисляется по формуле

$$d_k = -\frac{kD_0}{l_0},$$

где k — берется из аттестата прибора или определяется путем сравнения рабочей меры прибора с эталонной;

l_0 — длина мерного прибора;

d_t — поправка за температуру, вычисляется по формуле $d_t = -\alpha D_0 (t - t_0)$;

α — коэффициент расширения (для стали $\alpha = 0,000011 - 0,000012$);

t — температура при измерении;

t_0 — температура компарирования;

d_h — поправка за наклон линии к горизонту, вычисляется по формуле

$$d_h = 2D_0 \sin^2 \left(\frac{\gamma}{2} \right) \cong \frac{h^2}{2D_0};$$

γ — угол наклона линии;

h — превышение концов линии.

Условия обеспечения точности линейных измерений приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Процессы, условия измерений, тип приборов	Относительные средние квадратические погрешности результатов линейных измерений				
	1:25 000	1:15 000 — 1:10 000	1:5000	1:3 000 — 1:2 000	1:1 000
Средняя квадратическая погрешность компарирования, мм	<i>А. Стальными рулетками</i>				
	0,2	0,5	1,5	3	
Уложение в створ	С помощью теодолита		Глазомерно		
Натяжение измерительного прибора, Н (кгс)	Динамометром, 100(10)		Вручную		
Учет разности температур компарирования и измерения с погрешностью, °С	Термометром				
	1,5	3	5	10	
Количество отсчетов	3 пары отсчетов и 2 сдвига	2 пары отсчетов и 1 сдвиг	1 пара отсчетов		
Фиксация центров знаков	Чертилкой	Керном	Карандашом	Шпилькой	
Определение превышения концов измеряемой линии	Нивелированием		Глазомерно		
Типы рулеток по ГОСТ 7502—80 или им равноточные	ОПК2—20 АНТ/1, ОПК2—30 АНТ/1, ОПК2—50 АНТ/1		ОПК3-20 АНТ/10, ОПК3-30 АНТ/10. ОПК3-50 АНТ/10		

Б. Светодальномерами или оптическими дальномерами

Центрирование приборов	Оптическим центриром		Оптическим центриром или нитяным отвесом		
Фиксация центров	Чертилкой	Керном	Карандашом	Шпилькой	

знаков				
Учет температуры	Термометром			
Учет атмосферного давления	Барометром			
Типы приборов по ГОСТ 19223—82	СП 3, СТЗН		Д-2, ДНР-5 и модификации	
Диапазон измерений, м	2 — 3000		40 — 400, 20 — 120	

При вынесении линии с высокой точностью часто поступают следующим образом. На местности от исходной точки сначала откладывают и закрепляют приближенное значение расстояния. Это расстояние с необходимой точностью измеряют дальномерами или компарированными мерными приборами, учитывая все поправки. Измерив длину закрепленного отрезка, сравнивают ее с проектным значением и находят

линейную поправку $\Delta L = L_{пр.} - L_{изм.}$, откладывают ее с соответствующим знаком от конечной точки отрезка. Потом, для контроля, построенную линию повторно измеряют.

Вынос в натуру проектных отметок, линий и плоскостей проектного уклона

Все отметки, указанные в проекте даются от уровня «чистого пола», или какого — либо другого условного уровня. Поэтому предварительно их необходимо перевычислить в систему, в которой даны высоты исходных реперов.

Для выноса в натуру точки с проектной отметкой $H_{пр.}$ (рис. 2.3) устанавливают нивелир примерно посередине между репером с известной отметкой H_{Rp} и выносимой точкой. На исходном репере и выносимой точке устанавливают нивелирные рейки. Взяв отсчет a по рейке на исходном репере,

определяют горизонт прибора $ГП = H_{Rp} + a$.

Для контроля желательно аналогичным образом проверить значение $ГП$ по другому исходному реперу.

Чтобы установить точку на проектную отметку $H_{пр.}$, необходимо знать величину отсчета b по рейке на определяемой точке

$$b = ГП - H_{пр.} = H_{Rp} + a - H_{пр.}$$

Вычислив отсчет b , рейку в точке выноса проектной отметки поднимают или опускают до тех пор, пока отсчет по среднему штриху зрительной трубы нивелира будет равен вычисленному. В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной высоте. Ее фиксируют в натуре.

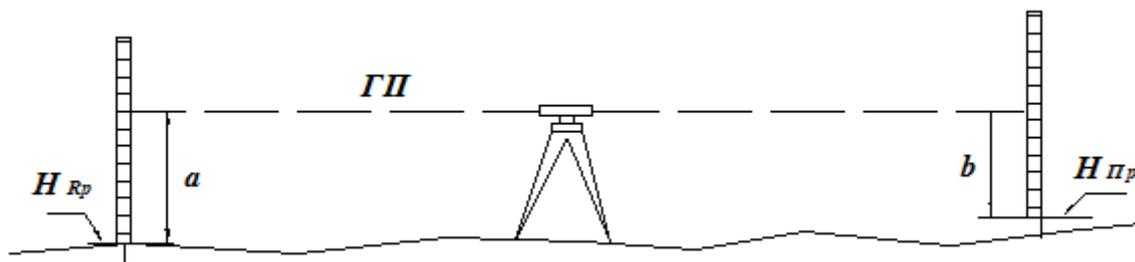


Рис. 2.3

Для контроля, нивелируя обычным способом, определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

Проектная отметка может быть также установлена следующим образом. Выносимую точку приближенно устанавливают на проектную высоту. Нивелированием определяют превышение h между приближенно установленной точкой и исходным репером. Полученное превышение сравнивают

с проектным значением $h_{np.} = H_{np.} - H_{Rp.}$ с учетом знака разности h — $h_{np.}$ изменяют высоту точки, добиваясь, чтобы $h = h_{np.}$.

Для построения в натуре линии с проектным уклоном используют нивелиры, теодолиты, а также лазерные приборы.

Если дана отметка исходной точки H_A , и проектный уклон i , то отметку другой точки H_B можно вычислить по формуле $H_B = H_A + i L_{np.}$, где $L_{np.}$ — проектное расстояние. Далее вычисленную отметку выносят любым выше описанным способом.

Условия обеспечения точности высотных измерений представлены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Условия измерений, тип приборов	Средние квадратические погрешности превышения на станции, мм			
	1	2—3	5	10
Неравенство плеч на станции, м, не более	4	7	10	15
Высота визирного луча над препятствием, м, не менее	0,3	0,2		
Типы нивелиров по ГОСТ 10528—76 или им равноточные	Н-05 и модификации	Н-3 и модификации		Н-10 и модификации

Типы реек для нивелиров по ГОСТ 1158—83 или им равноточные	РН-05	РН-3	РН-10
Типы лазерных приборов или им равноточные	-	-	ПИЛ-1 (ТУ ОДО.397.202); ЛВ-5М (ТУ 2.787 001), УКЛ-1 (ТУЛУ ШФ2 404 000)
Типы реек для лазерных приборов	-	Рейка с фотоприемником; РН-3 для ЛВ-5М	-

В случаях, когда превышение между репером и проектной отметкой велико и применение нивелира затруднительно, используют тригонометрическое нивелирование.

Теодолит устанавливают на репер с известной отметкой, приводят его в рабочее положение и измеряют высоту прибора i (рис. 2.4). Вычисляют угол наклона визирного луча теодолита

$$\gamma = \arctg \frac{H_{np} - H_{Rp}}{L_{np}},$$

и по шкале вертикального круга с учетом места нуля устанавливают соответствующий отсчет.

В точке выноса проектной отметки устанавливают нивелирную рейку и, поднимая или опуская ее, добиваются, чтобы отсчет по среднему штриху зрительной трубы теодолита был равен высоте прибора i . В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной высоте. Ее фиксируют в натуре.

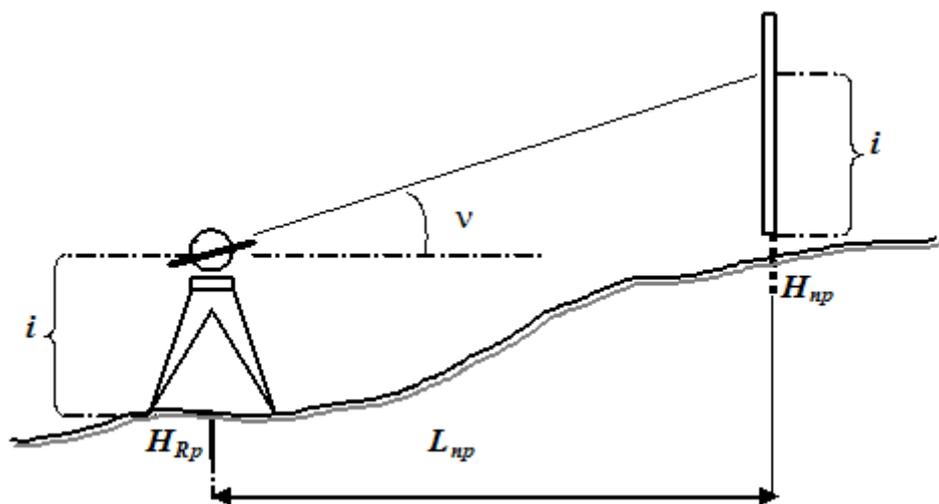


Рис. 2.4

Для контроля тригонометрическим нивелированием определяют фактическую отметку вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых отклонений работу выполняют заново.

2.3. КОНТРОЛЬ СОБЛЮДЕНИЯ УСТАНОВЛЕННОГО ПРОЕКТОМ СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СООРУЖЕНИЯ

Под геометрическими элементами понимают их характерные точки, оси, плоскости.

Геометрическими параметрами называют расстояния между точками, осями, поверхностями, предусмотренные проектом углы между осями или осью и плоскостью, радиусы закруглений, габариты и диаметры сооружений.

Маркшейдеры при строительстве различных сооружений должны путем контрольных измерений определять отклонение геометрических элементов сооружений от их проектного положения, проводить сравнение действительных величин геометрических параметров с их номинальными (проектными) значениями.

Маркшейдерский контроль точности геометрических параметров сооружений заключается в инструментальной проверке соответствия положения элементов, конструкций и частей сооружений и инженерных сетей проектным требованиям в процессе их монтажа и временного закрепления (при операционном контроле).

Контролируемые в процессе производства строительно-монтажных работ геометрические параметры сооружений, методы контроля, порядок и объем его проведения должны быть установлены проектом производства маркшейдерских работ. контроль точности геометрических параметров сооружений, в том числе исполнительные геодезические съемки на всех этапах строительства, производят маркшейдеры организации, выполняющие эти работы.

Плановое и высотное положение элементов, конструкций и частей сооружений, их вертикальность, положение анкерных болтов и закладных деталей следует определять от знаков внутренней разбивочной сети или ориентиров, которые использовались при выполнении работ, а элементов инженерных сетей — от знаков разбивочной сети строительной площадки, внешней разбивочной сети сооружения или от твердых точек капитальных сооружений. Перед началом работ необходимо проверить неизменность положения знаков разбивочной основы и ориентиров.

Результаты инструментальной проверки при маркшейдерском контроле должны быть зафиксированы в общем журнале работ. По результатам исполнительной съемки элементов, конструкций и частей сооружений составляют исполнительные схемы, а для подземных инженерных сетей — исполнительные чертежи, как правило, в масштабе соответствующих рабочих чертежей, отражающие плановое и высотное положение вновь проложенных инженерных сетей. В необходимых случаях как приложение следует составлять каталог координат и высот элементов сетей.

При приемке работ после возведения сооружений представитель заказчика, осуществляющий технический надзор за строительством, должен выполнять контрольную съемку для проверки соответствия построенных сооружений и инженерных сетей их отображению на предъявленных подрядчиком исполнительных чертежах.

Все изменения, внесенные в проектную документацию в установленном порядке, и допущенные отклонения от нее в размещении различных конструкций, сооружений и инженерных сетей фиксируются на исполнительном генеральном плане.

Результаты контрольных измерений должны своевременно указать на недопустимые отклонения от проектного положения установленных конструкций и отдельных строительных элементов. Контроль осуществляется в процессе строительно-монтажных работ, когда исправление обнаруженных

нарушений проектных параметров не требует значительных трудозатрат. Особенно важно проведение контрольных измерений перед выполнением сварочных и бетонных работ.

При возведении конструкций из монолитного бетона и железобетона в настоящее время широкое распространение получил метод с применением скользящей опалубки. Важным моментом здесь является контроль установки опалубки в начальное положение перед первым бетонированием. Плановое положение проверяют боковым нивелированием с использованием теодолита и нивелирной рейки или при помощи отвесов, опущенных с меток смещенной оси. Горизонтальность опалубки контролируют при помощи нивелира или гидроуровня.

При перемещении скользящей опалубки возникают неизбежные ее горизонтальные смещения относительно заданного положения и кручение вокруг вертикальной оси. Это приводит к необходимости ведения непрерывного маркшейдерского контроля за положением опалубки в процессе ведения строительных работ. Выполнение контрольных измерений позволяют своевременно корректировать положение опалубки подъемными механизмами. Контролируется также наличие и положение различных закладных деталей, конструкции и местоположение которых указываются в проектных чертежах.

При возведении железобетонных конструкций, кроме контроля за положением опалубки и закладных деталей, маркшейдеры проверяют соответствие проектным параметрам установленной металлической арматуры. Перед бетонированием проверяют шаг армирования, диаметр и класс арматуры, правильность стыковки отдельных ее звеньев. С помощью специальных шаблонов контролируют величину зазора между арматурой и опалубкой.

Если возводимое сооружение состоит из сборных конструкций, то перед их монтажом производят проверку геометрических параметров составляющих элементов. Для плоских элементов проверяют длину, ширину, толщину. Отклонение сборного элемента от прямоугольной формы определяют измерением величин диагоналей. Погрешность измерений не должна превышать 0,2 допуска на установку конструкции. При определении отклонения поверхности от плоскости используют различные шаблоны. Шаблон прикладывают к проверяемой поверхности и линейкой измеряют зазоры между шаблоном и поверхностью конструкции. Проверку поверхности крупных конструкций производят на специально подготовленной площадке при помощи геометрического нивелирования.

Все полученные отклонения сравнивают с допусками на изготовление конструкций и делают заключение о пригодности к монтажу. Такому контролю обычно подвергают наиболее ответственные элементы сооружений.

Монтажные работы по сборке сооружений из отдельных конструкций состоят из предварительной и окончательной установки отдельных элементов, составляющих сооружение. После установки, допустим, металлоконструкций, их скрепляют в отдельных местах точечной сваркой, и только после маркшейдерской контрольной проверки соответствия планового и высотного положения проектным параметрам, производят окончательные сварочные работы. Точность установки сборного элемента зависит от вида конструкции, типа сооружения и регламентируется соответствующими строительными нормами и правилами (СНиП).

Основой для контрольных измерений при установке конструкций и оборудования в проектное положение являются разбивочные оси или линии, параллельные им, опорные поверхности, реперы.

О выявленных в результате контрольных измерений недопустимых отклонениях официально сообщают главному маркшейдеру, главному инженеру строительной организации и делают соответствующую запись в Книге маркшейдерских указаний.

Результаты измерений, полученные в процессе строительства, фиксируют в полевом журнале и наносят на рабочие чертежи проекта с указанием величин отклонений.

По завершению строительства объекта или его частей по результатам измерений составляют исполнительные схемы и чертежи.

2.4. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

В результате периодического изменения природных условий, таких как температура, влажность, сейсмические воздействия и других причин, а также деятельности человека, сооружения в целом или их отдельные части перемещаются относительно своего первоначального положения.

Перемещение конструкций разделяют на две составляющие — по высоте и в плане. Перемещение по высоте называют оседанием, а в плане — смещением или сдвигом. Неравномерное перемещение различных частей сооружений приводит к изменению формы конструкций, т. е. к их деформациям. Опыт наблюдения за сооружениями показал, что абсолютно неподвижных и недеформируемых конструкций нет. Деформацию вызывают и переменные силы, воздействующие на сооружение, такие как ветровые нагрузки, солнечная радиация, вибрации, возникающие при работе оборудования и движении транспорта, и т. п.

По своему характеру деформации конструкций разделяют на упругие и остаточные. При упругих деформациях конструкции, после уменьшения силы воздействия (нагрузки), принимают прежнюю форму. Упругие деформации наблюдаются, пока нагрузки не превышают определенного предела. Если нагрузки превышают этот предел, то форма конструкции не восстанавливается. В этом случае происходит нарушение прочности сооружения, в конструкциях появляются трещины и разломы, а в отдельных случаях это приводит к авариям и разрушению сооружения.

Для своевременного предупреждения аварий и более детального изучения причин, их вызывающих, производят систематические наблюдения за деформациями конструкций. С этой целью в конструкции сооружений закладывают специальные приборы и приспособления для определения напряжений и взаимного перемещения точек конструкций. Наиболее часто при наблюдениях за деформациями сооружений используют геодезические методы, позволяющие полностью определить перемещение конструкций и их частей в пространстве.

Наблюдения за деформациями сооружений представляют собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению величин деформаций и причин их возникновения. По результатам наблюдений проверяется правильность проектных расчетов и выявляются закономерности, позволяющие прогнозировать процесс деформации сооружения, оценить его устойчивость для принятия своевременных мер, обеспечивающих его нормальную работу.

Для сложных и ответственных сооружений наблюдения начинают одновременно с проектированием. На площадке будущего строительства изучают изменение природных факторов и создают систему опорных пунктов для определения степени их устойчивости.

Наблюдения за сооружением начинают с момента его возведения и продолжают в течение всего периода строительства. В зависимости от характера сооружения и природных условий наблюдения могут продолжаться в течение всего эксплуатационного периода или могут быть закончены при прекращении деформаций.

На каждом этапе возведения или эксплуатации сооружения наблюдения за деформациями производят через определенные промежутки времени. Такие наблюдения называются систематическими.

В случае возникновения факторов, приводящих к резкому изменению величин деформаций, выполняют срочные наблюдения.

Параллельно с измерением деформаций для выявления причин их возникновения производят специальные наблюдения за изменением состояния и температуры грунтов и подземных вод, температуры тела сооружения, за изменением метеоусловий, ведется учет изменения строительной нагрузки и нагрузки от установленного оборудования.

Для производства наблюдений составляют специальный проект, который в общем случае включает в себя:

1. техническое задание на производство работ.
2. общие сведения о сооружении, природных условиях и режиме его работы.
3. схему размещения опорных и деформационных знаков.
4. расчет необходимой точности измерений.
5. методы и средства измерений.
6. методику обработки результатов наблюдений и оценки состояния сооружения.
7. календарный план периодичности наблюдений.
8. состав исполнителей, объемы работ и смету.

При использовании геодезических методов наблюдения за деформациями существенная роль отводится выбору конструкции и мест расположения геодезических знаков, поскольку от этого существенно зависит качество результатов наблюдений.

Применяемые для наблюдений геодезические знаки делятся на опорные, вспомогательные и деформационные.

Опорные знаки служат исходной основой, относительно которых определяются смещения деформационных знаков. Закрепляются они вне зоны деформации с расчетом их устойчивости и длительной сохранности. Их количество должно быть не менее трех, для обеспечения взаимного контроля за устойчивостью.

Вспомогательные знаки являются связующими в схеме измерений и используются для передачи координат с опорных знаков на деформационные.

Деформационные знаки закрепляются непосредственно на исследуемом сооружении и, перемещаясь вместе с ним, характеризуют изменение его положения в пространстве.

Расположение деформационных знаков на сооружении зависит от цели проведения работ, вида деформации, конструкции сооружения в целом и его отдельных элементов, инженерно-геологических условий и др.

Деформационные знаки для определения горизонтальных смещений сооружений размещаются по периметру, но не реже, чем через 15—20 м, по углам и обе стороны осадочных швов. Высотные реперы располагают по углам и по периметру через 10—15 м, на колоннах, в местах примыкания продольных и поперечных стен.

Для изучения деформаций определяют изменение пространственного положения деформационных знаков за выбранный промежуток времени. При этом определенное положение и время принимают за начальное.

Для определения абсолютных или полных осадок S зафиксированных на сооружении точек периодически определяют их отметки H относительно исходного репера, расположенного в стороне от сооружения и принимаемого за неподвижный. Чтобы определить оседание точки за определенный промежуток времени, необходимо вычислить разность отметок, полученных в начале наблюдений H_0 и через определенный интервал времени H_i :

$$S = H_i - H_0.$$

Аналогично можно вычислить оседание за время между предыдущими и последующими периодами (циклами) наблюдений.

Среднее оседание S_{cp} всего сооружения или отдельных его частей вычисляется как среднее арифметическое из суммы осадок всех n точек, т. е. $S_{cp} = \sum S / n$. Одновременно со средней осадкой для полноты общей характеристики указывают наибольшую S_{max} и наименьшую S_{min} оседания точек сооружения.

Неравномерность осадки может быть определена по разности осадок ΔS каких — либо двух точек 1 и 2 , т. е.

$$\Delta S_{1,2} = S_2 - S_1.$$

Наклон или крен сооружения определяют как разность осадок двух точек, расположенных на противоположных краях сооружения, или его частей вдоль выбранной оси. Наклон в направлении продольной оси называют завалом, а в направлении поперечной оси — перекосом. Величину крена вычисляют по формуле:

$$K = \frac{S_2 - S_1}{L},$$

где L — расстояние между точками наблюдения.

Горизонтальное смещение отдельной точки сооружения характеризуется разностью ее координат x_i, y_i и x_0, y_0 , полученных на различных циклах наблюдений. Оси координат, как правило,

располагают по направлению главных осей сооружения. Вычисляют смещения по формулам $q_x =$

$$x_i - x_0; q_y = y_i - y_0.$$

Относительный прогиб вычисляют по формуле:

$$f = \frac{2S_2 - (S_1 + S_3)}{L_1 + L_2},$$

где S_1 и S_3 — осадки крайних марок прямой линии;

S_2 — осадка средней марки;

$L_1 + L_2$ — расстояние между крайними марками.

Кручение относительно вертикальной оси характерно в основном для сооружений башенного типа. Оно определяется как изменение углового положения радиуса фиксированной точки, проведенного из центра исследуемого горизонтального сечения.

Изменение величины деформации за выбранный промежуток времени характеризуется средней скоростью деформации. Так, например, средняя скорость оседания исследуемой точки за промежуток времени t между двумя циклами измерений будет равна $V_{cp} = (S_{i+1} + S_i) / t$. Различают среднемесячную и среднегодовую скорость оседания.

Точность и периодичность наблюдений указывается в техническом задании на производство работ или в нормативных документах. В особых случаях эти требования могут быть получены путем специальных расчетов.

До достижения полной нагрузки на основание сооружения должно быть проведено не менее четырех циклов измерений осадок, первый из них — после возведения фундамента. Наблюдения прекращаются, если в течение трех циклов измерений величина осадок колеблется в пределах заданной точности измерений.

В нормативных документах требования к точности определения осадок или горизонтальных смещений характеризуются средней квадратической ошибкой:

1 мм — для зданий и сооружений, возводимых на скальных или полускальных грунтах;

3 мм — для зданий и сооружений на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

10 мм — для зданий и сооружений, возводимых на насыпных и других сильно сжимаемых грунтах;

15 мм — для земляных сооружений.

На оползневых участках осадки измеряются со средней квадратической ошибкой 30 мм, а горизонтальные смещения — 10 мм.

Крены дымовых труб, мачт, высоких башен и т. п. измеряют с точностью, зависящей от высоты сооружения H , которая определяется величиной $0,0005H$.

Установить необходимую точность измерений деформаций расчетным путем довольно сложно, однако для многих практических задач можно пользоваться формулой

$$m \leq 0,2 D,$$

где m — средняя квадратическая ошибка измерения деформации;

D — величина деформации за промежуток времени между циклами наблюдений.

Выбор времени между циклами измерений зависит от вида сооружения, периода его работы, скорости изменения деформации и других факторов. В среднем в строительный период систематические наблюдения выполняют 1-2 раза в квартал, в период эксплуатации — 1-2 раза в год. При срочных наблюдениях их выполняют до и после появления факторов, резко изменяющих обычный ход деформации.

2.5. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Значения геометрических параметров возводимых сооружений отражаются на схемах исполнительной съемки. Исполнительные схемы и чертежи, составленные по результатам исполнительной съемки, используют при приемочном контроле и оценке качества строительно-монтажных работ. На схемах указывают фактическое плановое и высотное положение элементов, конструкций и частей сооружений, окончательно установленных, а также фактическое положение подземных инженерных сетей.

Исполнительные съемки являются составной частью технологического процесса строительства, поэтому очередность и способ их выполнения, технические средства и требуемая точность измерений зависят от этапов строительства. Съемке подлежат наиболее ответственные конструктивные элементы, несущие и опорные устройства, отдельные части сооружения после их окончательного закрепления. Обычно проектной организацией указывается перечень ответственных конструкций и частей сооружений, подлежащих исполнительной съемке при выполнении приемочного контроля.

Основное назначение исполнительных съемок — установить точность вынесения проекта сооружения в натуру и выявить все отклонения, допущенные во время строительства. Это достигается путем определения положения характерных точек и отдельных частей сооружения, размеров элементов сооружений и расстояний между ними. Исполнительные съемки бывают **текущими**, которые ведутся в процессе строительства по мере окончания сооружения отдельных этапов, и **окончательными** — выполняемые для всего готового сооружения.

Текущие исполнительные съемки отражают результаты последовательного процесса возведения сооружения. Начинаются они с нулевого цикла и завершаются установкой технологического оборудования. Результаты съемок используются также для корректирования работ на последующих этапах. Особое внимание уделяется исполнительной съемке элементов сооружения, которые после завершения работ будут недоступны, т. е. скрытым работам. По результатам исполнительной съемки организация-заказчик принимает выполненные работы и выдает разрешение на выполнение строительных работ на последующих этапах.

Окончательная исполнительная съемка выполняется для всего объекта в целом и используется для решения задач, связанных с его эксплуатацией, реконструкцией и расширением. В нее также должны входить результаты текущих исполнительных съемок, съемки подземных и наземных коммуникаций, транспортных сетей и элементов благоустройства. Результаты съемки отдельных этапов, отображенных на исполнительных чертежах, предъявляют государственной комиссии при приемке сооружения в эксплуатацию.

Исполнительные съемки производят от пунктов маркшейдерско-геодезической основы, знаков и меток закрепления разбивочных осей, исходных реперов и опорных поверхностей. Исполнительной съемке подлежат конструктивные элементы, от точности положения которых зависит точность выполнения работ на последующих этапах, а также прочность и устойчивость сооружения в целом.

Точность выполнения съемочных работ должна обеспечивать надежное определение положения строительных конструкций и технологического оборудования. При этом средняя квадратическая погрешность производства измерений должна быть не более 0,2 допускаемого проектного или нормативного отклонения положения элементов сооружения.

К производству исполнительной съемки приступают сразу после завершения различных этапов строительства, начиная с нулевого цикла. При устройстве котлована съемку производят после зачистки дна и откосов. Для этого относительно осей определяют положение внутреннего контура, а нивелированием по квадратам — отметки дна.

Съемку монолитных фундаментов выполняют после затвердения бетона. Плановое положение определяется путем промеров от осей, а по высоте нивелируют поверхность фундаментов в точках пересечения осей и между ними, примерно через 5 м. Аналогично производят съемку сборных фундаментов.

При строительстве блочных, кирпичных и монолитных зданий и сооружений производят поэтажную съемку возведенных конструкций, определяют положение стен, колонн, их толщину и вертикальность, высотные отметки перекрытий. Кроме этого выполняют съемку положения свайного поля, различного рода опорных и анкерных устройств, закладных деталей под установку технологического оборудования. Положение этих элементов в плане определяют относительно осей, а по высоте — относительно реперов или опорных поверхностей.

Особое место занимает исполнительная съемка подкрановых путей грузоподъемных механизмов. Ее выполняют как в процессе строительства, так и периодически в эксплуатационный период. Съемка подкрановых путей включает определение расстояний между осями рельсов и прямолинейности рельсов, а также разности отметок между головками рельсов.

Исполнительную съемку технологического оборудования производят после его установки. Эту съемку производят со знаков, фиксирующих положение разбивочных осей. Определение положения оборудования производят по маркировкам или специальным знакам на оборудовании, определяющим его геометрические оси.

Результаты измерений отображают на чертежах исполнительных съемок. Для составления исполнительных чертежей, как правило, используют рабочие чертежи проектов. При этом руководствуются некоторыми общими принципами. Масштабы изображения могут быть приняты от 1:500 до 1:50, для котлованов — до 1:1000. На чертежах показывают фактические размеры строительных элементов и их отклонения от проектного положения, отметки опорных поверхностей и отклонения от них. На всех исполнительных чертежах размерность отклонений приводится в миллиметрах, за исключением исполнительных схем котлованов. Знак отклонения указывает направление смещения фактического положения относительно проектного.

2.6. УЧЕТ ОБЪЕМОВ ОСНОВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Основой для расчета стоимости выполненных работ является смета, основная часть которой составляется по результатам маркшейдерских замеров фактически выполненных строительных работ.

Перечень объемов строительных работ, подлежащих маркшейдерскому учету, зависит от конкретного сооружения. Учет объемов выполненных работ начинается с разработки грунта, монтажа различных конструкций и заканчивается отделочными работами. При строительстве тоннелей и метрополитенов к основным работам относятся: разработка грунта, укладка бетона и монолитного железобетона, укладка тубинговых и железобетонных колец, укладка клиновидных прокладок, первичное нагнетание за обделку тоннеля, расчеканка швов, заливка бетона под железнодорожный путь, укладка железнодорожного пути.

Если при учете, допустим, количества установленных стеновых плит или плит перекрытия, или колец тоннельной обделки их достаточно сосчитать, то при учете объема грунта, уложенного бетона или

кирпичной кладки необходимо производить дополнительные измерения и расчеты. Для подсчета объемов служат материалы съемок, являющиеся основными первичными документами по учету объемов.

Исходными данными при определении объемов грунта являются результаты маркшейдерских замеров, причем переборы грунта сверх допустимых нормативов в расчеты не принимаются. Вывалы грунта оформляются отдельными актами и в объемы основных работ не включаются.

Для определения объемов земляных работ при устройстве котлована (рис. 2.5) необходимо знать отметки поверхности по профильным линиям 1, 2, ..., 5, отметку дна котлована и размеры внешнего и внутреннего контуров по направлению профильных линий.

Площадь каждого сечения S_i по профильным линиям можно вычислить, как площадь трапеции. Расчет объемов земляных работ не требует высокой точности, поэтому за высоту трапеции h принимают среднюю глубину по сечению из разности высотных отметок поверхности и дна котлована.

Объем грунта между сечениями определяем по формуле:

$$V_0 = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot L_i,$$

где L_i — расстояние между сечениями.

В краевых частях котлована объем грунта можно вычислить, приняв его за усеченную пирамиду

$$V_k = \frac{h}{3} (S_1 + \sqrt{S_1 \cdot S_2} + S_2),$$

где h — средняя глубина котлована в краевой части;

S_1, S_2 — площади дна и поверхности котлована в краевой части.

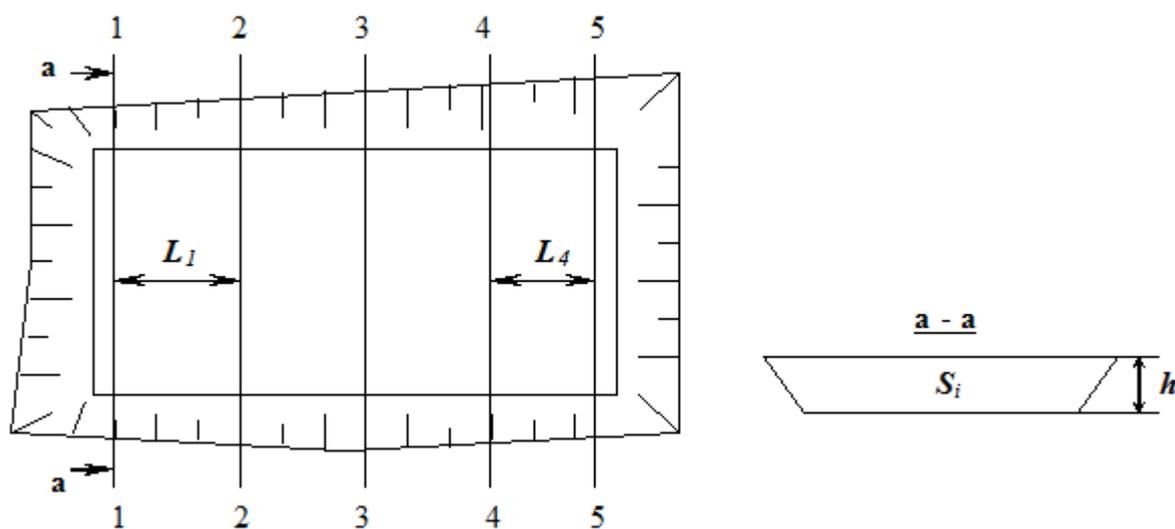


Рис. 2.5

Объем земляных работ при выемке грунта из котлована вычисляют как сумму объемов образующих котлован тел

$$V = \sum V_i.$$

При подземном строительстве для определения объема разработанного грунта необходимо определить площадь поперечного сечения выработки и длину пройденного участка. Площади поперечного сечения сложного очертания определяются при помощи планиметра или палетки по крупномасштабным чертежам (1: 10 — 1: 50). В простых случаях в расчеты принимают площади правильных геометрических фигур. Определение объема уложенного бетона производят в зависимости от формы лотковой части сооружения. Исходными данными для определения площади поперечного сечения уложенного бетона в тоннеле круглой формы (рис. 2.6), являются радиус сооружения R , отметки лотка H_L и бетона H_B .

Площадь поперечного сечения определяется из выражения:

$$S = \frac{R(l - a) + ah}{2},$$

где l — длина дуги

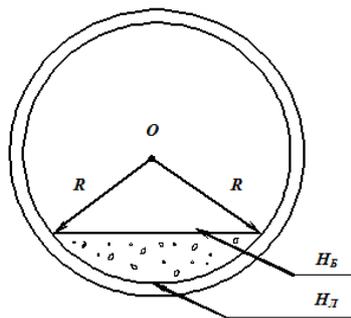


Рис. 2.6

φ — центральный угол $\sin \varphi = \frac{a}{2R}$;

a — хорда $a = 2\sqrt{hR - h^2}$;

h — стрелка $h = H_B - H_L$.

Отметки лотка (нижней части тоннеля) получают по результатам нивелирования обделки тоннеля до укладки бетона, а отметки бетона — нивелированием поверхности бетона после его затвердения.

Зная площадь поперечного сечения S и длину участка L , определяют

$$V = S \cdot L.$$

Контрольные замеры фактически выполненных основных работ производятся один раз в месяц с начала строительства. С целью учета основных работ, выполненных строительной организацией, маркшейдерами ведется специальная книга, отображающая выполнение работ с момента начала строительства.

Выполненные работы по временным и вспомогательным сооружениям маркшейдерскому учету не подлежат. В месячных актах-процентках физических объемов работ главный маркшейдер строительной организации своей подписью подтверждает только колонку фактически выполненных основных работ.

3. СПОСОБЫ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Для перенесения проекта сооружения в натуру применяют следующие способы разбивочных работ: полярный, угловой, линейной, створной и створно-линейной засечек, перпендикуляров и бокового нивелирования.

Применение того или иного способа зависит от вида сооружения, условий его возведения, схемы расположения пунктов опорной сети, имеющихся в наличии приборов и инструментов, этапов производства разбивочных работ. Целесообразнее применять тот способ, который при прочих равных условиях обладает необходимой точностью и минимальной трудоемкостью.

На точность разбивочных работ влияют погрешности положения исходных опорных пунктов $m_{и}$, разбивочных работ m_p и фиксации $m_{ф}$.

3.1. Полярный способ

Полярный способ применяют при разбивке осей зданий, сооружений и конструкций с полигонометрических пунктов, когда эти пункты расположены сравнительно недалеко от выносимых в натуру точек.

В этом способе положение выносимой точки **C** (рис. 3.1, а) находят на местности путем отложения от направления **AB** проектного угла β и расстояния **L**. Разбивочный угол β определяется как разность дирекционных углов α_{AB} и α_{AC} . Дирекционные углы и расстояние **L** вычисляются из решения обратных геодезических задач по координатам точек **A**, **B** и **C**.

Общая средняя квадратическая погрешность выноса в натуру точки **C** полярным способом определяется формулой:

$$m^2_c = m^2_p + m^2_{и} + m^2_{ц} + m^2_{ф}.$$

Погрешность непосредственно полярного способа разбивки m^2_p зависит от погрешности m_{β} построения угла β и погрешности m_L выноса проектного расстояния **L**.

$$m_p^2 = m_L^2 + \left(\frac{m_\beta}{\pi}\right)^2 \cdot L^2.$$

Погрешности исходных данных при $m_A = m_B = m_{AB}$ выражаются формулой

$$m_u^2 = m_{AB}^2 \left[1 + \left(\frac{L}{b}\right)^2 - \frac{L}{b} \cos\beta \right],$$

а совместная погрешность центрирования и фиксации

$$m_u^2 = e^2 \left[1 + \left(\frac{L}{b}\right)^2 - \frac{L}{b} \cos\beta \right].$$

Эти формулы аналогичны и из них следует, что для уменьшения влияния погрешностей

исходных данных и центрирования необходимо, чтобы угол β и отношение $\frac{L}{b}$ были минимальны,

выносимый угол был бы меньше прямого, а проектное расстояние — меньше базиса разбивки, т. е. $\beta < 90^\circ, L < b$.

3.2. Способы угловых и линейных засечек

Способ угловой засечки применяют для выноса недоступных точек, находящихся на значительном расстоянии от исходных пунктов. Применяют прямую и обратную угловые засечки.

В способе прямой угловой засечки положение на местности проектной точки **C** (рис. 3.1, б) находят путем отложения на исходных пунктах **A** и **B** углов β_1 и β_2 . Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют как разность дирекционных углов исходной стороны **AB** и сторон **AC** и **BC**. Дирекционные углы сторон определяют путем решения обратной геодезической задачи.

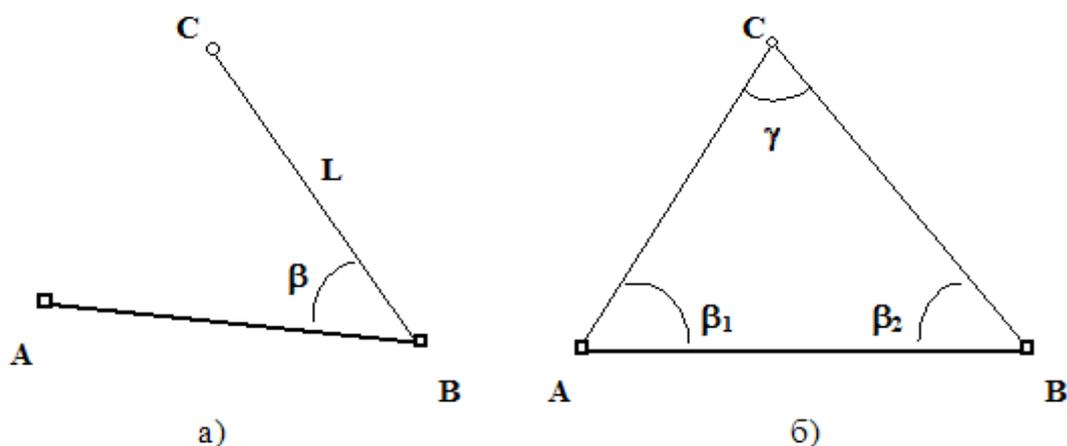


Рис. 3.1

Средняя квадратическая погрешность выноса точки C способом прямой угловой засечки зависит от погрешностей разбивки, исходных данных, центрирования и фиксации выносимой точки:

$$m^2_c = m^2_p + m^2_u + m^2_{\text{ц}} + m^2_{\text{ф}}.$$

Средняя квадратическая погрешность выноса точки способом угловой засечки равна:

$$m_p = \frac{m_{\beta} b}{\rho \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} = \frac{m_{\beta}}{\rho \sin \gamma} \sqrt{L_1^2 + L_2^2}$$

При заданной среднеквадратической погрешности m_{β} величина погрешности засечки будет зависеть от угла γ и расстояния L до определяемой точки. Погрешность засечки будет минимальна при $\gamma = 109^{\circ} 28'$.

Средняя квадратическая погрешность в положении исходных данных при $m_A = m_B = m_{AB}$ составит

$$m^2_u = m^2_{AB} \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = m^2_{AB} \frac{L_1^2 + L_2^2}{b^2}$$

Совместное влияние погрешностей центрирования теодолита и фиксации выносимой точки выражается формулами

$$m^2_{\text{ц}} = e^2 \frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma} = e^2 \frac{L_1^2 + L_2^2}{b^2}$$

При разбивочных работах центрирование теодолита и фиксация выносимой точки могут быть выполнены сравнительно точно, поэтому основными погрешностями в этом способе являются погрешности собственно засечки и исходных данных.

Способ обратной угловой засечки основан на принципе редуцирования. На местности находят приближенное проектное положение выносимой точки. В этой точке устанавливают теодолит и с требуемой точностью измеряют углы не менее чем на три исходных пункта. По формулам обратной засечки вычисляют координаты приближенно установленной точки и сравнивают их с проектными значениями. По разности координат вычисляют величины редукции и смещают точку в проектное положение.

Способ линейной засечки целесообразно применять, когда расстояния от выносимой в натуру точки до исходных пунктов не превышают длины мерного прибора. Положение точки **C** (рис. 3.2, а) определяется пересечением проектных отрезков, отложенных от исходных пунктов **A** и **B**.

Наиболее удобно разбивку производить при помощи двух мерных приборов. От точки **A** откладывают расстояние L_1 , а от точки **B** по второму прибору расстояние L_2 . Перемещая оба мерных прибора при совмещенных начальных отсчетах с центрами пунктов **A** и **B**, на пересечении концов отрезков L_1 и L_2 находят положение выносимой точки **C**.

На точность вынесения проектной точки влияют погрешности разбивки, исходных данных и фиксации:

$$m^2_c = m^2_p + m^2_{и} + m^2_{ф} .$$

Средняя квадратическая погрешность выноса проектной точки способом линейной засечки определится из выражения

$$m^2_p = 2 \cdot \frac{m^2_{AB}}{\sin^2 \gamma}$$

Способы створной и створно-линейной засечек применяют для выноса в натуру осей зданий и сооружений, а также монтажных осей конструкций и технологического оборудования.

В способе створной засечки положение проектной точки **C** определяют на пересечении двух створов, задаваемых между исходными пунктами **A — B** и **1 — 2** (рис. 3.2, б) одновременно двумя теодолитами.

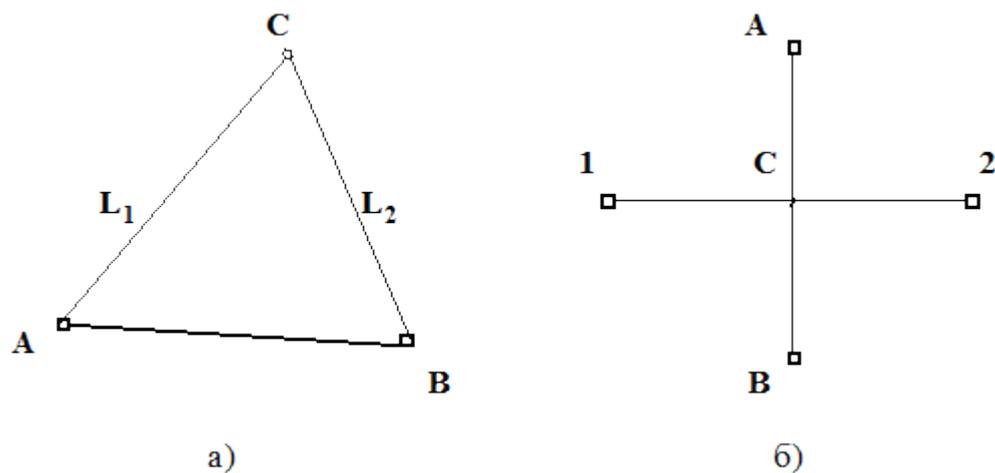


Рис. 3.2

Погрешность в положении точки **C** можно рассчитать по формуле

$$m^2_c = m^2_p + m^2_{и} + m^2_{ц} + m^2_{ф} .$$

Средняя квадратическая погрешность разбивки этим способом составит

$$m_p = 2'' \cdot \frac{\sqrt{3(L_1^2 + L_2^2)}}{\Gamma^x \rho \sin^2 \gamma} ,$$

где Γ^x — увеличение зрительной трубы прибора;

γ — угол между створами.

Отсюда следует, что точность створной засечки будет выше, когда створы пересекаются под прямым углом и выносимая точка **C** будет в их середине.

Створно-линейный способ позволяет определить проектное положение выносимой точки **C** (рис. 3.3, а) путем отложения проектного расстояния **L** по створу **AB**.

Средняя квадратическая погрешность разбивки здесь определяется из выражения

$$m_p = 20'' \cdot \frac{\sqrt{3L^2}}{\Gamma^x \rho} .$$

3.3. СПОСОБ ПЕРПЕНДИКУЛЯРОВ

Способ перпендикуляров применяют при вынесении в натуру точек перпендикулярно исходным направлениям маркшейдерско-геодезической сети или при наличии строительной сетки.

Вынос проектной точки **C** (рис. 3.3, б) производят по известным значениям длин линий L_1 и L_2 от ближайшего исходного пункта. Расстояние L_1 откладывают по створу пунктов **AB**. В полученной точке **K** устанавливают теодолит и строят от стороны **AB** прямой угол. Откладывая по перпендикулярному направлению расстояние L_2 , закрепляют полученную точку **C**. Для контроля положение проектной точки можно определить от другого пункта.

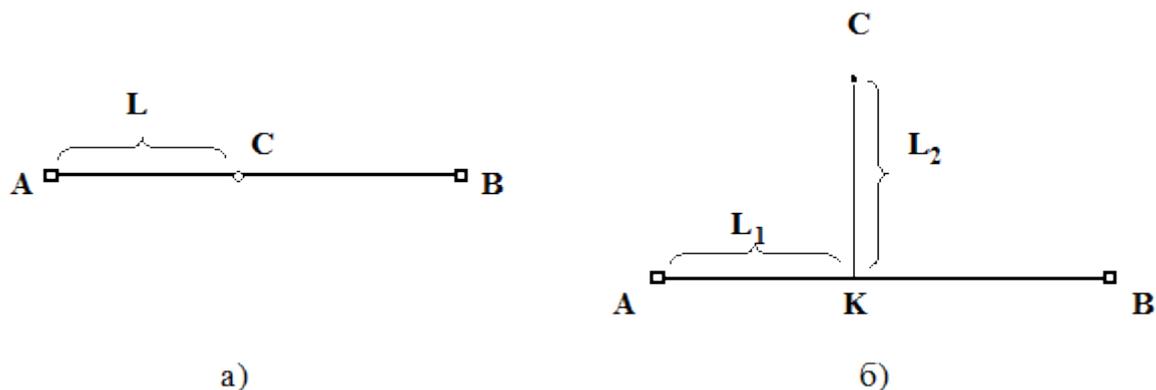


Рис. 3.3

Способ перпендикуляров по существу является сочетанием створно-линейного и полярного способов разбивочных работ.

Средняя квадратическая погрешность в положении точки **C**, определенной способом перпендикуляров, может быть выражена формулой

$$m^2_c = m^2_{L1} + m^2_{L2} + \left(\frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2 L^2_1 + m^2_u + m^2_\iota + m^2_\phi.$$

Отсюда следует, что большее расстояние необходимо откладывать по створу исходной стороны, а меньшее — по перпендикуляру. В этом случае влияние ошибки построения прямого угла будет минимальным.

3.4. Способ бокового нивелирования

Способ бокового нивелирования применяют для выноса параллельных (смещенных) осей на различных уровнях и для установки строительных конструкций в проектное положение.

Положение смещенной оси **A'B'** определяется при помощи теодолита, ориентированного по створу исходного направления **AB**, и горизонтально устанавливаемой нивелирной рейки (рис. 3.4). При

отсчете по рейке L , равному расстоянию между вертикальными плоскостями, проходящими по исходному направлению AB и выносимой смещенной оси $A'B'$, пятка рейки определяет положение выносимой оси.

Общая погрешность способа может быть подсчитана по формуле

$$m^2_n = m^2_y + m^2_o + m^2_u + m^2_{\alpha} + m^2_{\phi}.$$

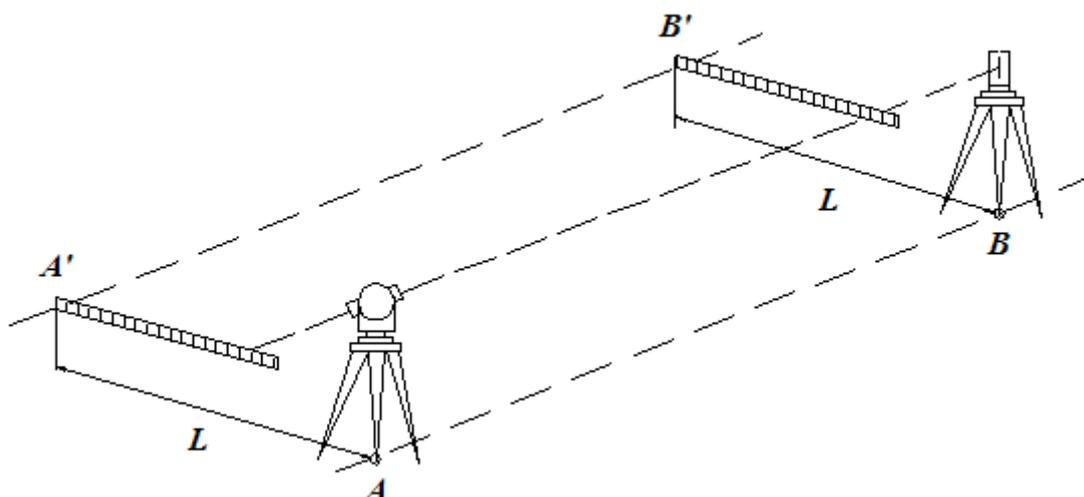


Рис. 3.4

Погрешность установки рейки будет в основном зависеть от перпендикулярности рейки к створу визирования:

$$m^2_y = \frac{Lv^2}{2p^2},$$

где v — угол отклонения рейки от ее перпендикулярного положения.

Погрешность отсчета по рейке подсчитывают по формуле

$$m_o = 0,03t + \frac{0,2d}{\Gamma^x},$$

где t — цена деления рейки;

d — расстояние от прибора до рейки, м.

4. НАЗЕМНОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

4.1. ПЛАНОВОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В отличие от общепринятого планового геодезического обоснования на земной поверхности, которое подразделяется на государственную геодезическую сеть, геодезическую сеть сгущения и съемочную геодезическую сеть, при строительстве метрополитенов, транспортных и гидротехнических тоннелей геодезическим обоснованием является тоннельная триангуляция, основная полигонометрия и подходная полигонометрия.

Тоннельная триангуляция 1, 2, 3 и 4 разрядов прокладывается вдоль трассы тоннелей в виде цепей треугольников, близких по форме к равносторонним, с расчетом, чтобы от каждого входа в тоннель была непосредственная видимость на два смежных пункта.

Для триангуляции или взамен ее полигонометрии могут использоваться имеющиеся знаки городской геодезической основы, после проверки соответствия их точности инструкции по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей.

При создании тоннельной триангуляции руководствуются требованиями, представленными в таблице 4.1.

Пункты триангуляции закрепляются центрами в соответствии с требованиями к типам центров, утвержденных ГУГК. Основной тип знака должен быть таким, при котором угловые наблюдения для незастроенных территорий производятся со штатива, столба или при небольших поднятиях инструмента над землей.

Удаление линий визирования от любых боковых предметов должно быть не менее 1 м, а по высоте, от крыш зданий или поверхности земли — не менее 2 м. Следует избегать прохождения визирных лучей вблизи дымящихся заводских труб и вытяжных труб на крышах домов.

Таблица 4.1

Общая длина тоннеля, км	Рзряд триангуляции	Длина стороны триангуляции	Средняя квадратическая погрешность измерения угла, сек.	Допустимая невязка триангуляции, сек	Относительная погрешность измерения	
					длины базиса	выходной стороны
более 8	1	4 — 10	0,7	3	1:800 000	1:400 000
от 5 до 8	2	2 — 7	1,0	4	1:500 000	1:300 000
от 2 до 5	3	1,5 — 5	1,5	6	1:400 000	1:200 000
от 1 до 2	4	1 — 3	2,0	8	1:300 000	1:150 000

При выборе мест закрепления триангуляционных знаков на крышах зданий необходимо учитывать как удобство пользования пунктом и безопасность подхода к нему, так и конструктивные качества той части здания, на которой намечается устройство триангуляционной надстройки (пирамиды). Предварительно необходимо произвести соответствующие согласования с представителями организации, которой принадлежит данное здание.

В случаях, когда прокладывается тоннельная полигонометрия взамен триангуляции, ее пункты не рекомендуется располагать в пределах зоны возможной деформации, а также в удалении от трассы более 1 км.

Создаваемая тоннельная полигонометрия должна удовлетворять требованиям, представленным в таблице 4.2.

Все угловые и линейные измерения производятся не менее чем дважды, с интервалом во времени не менее месяца.

Основная полигонометрия прокладывается между пунктами тоннельной триангуляции в виде сети замкнутых полигонов или одиночных ходов длиной в пределах 3—4 км. Ходы прокладывают для обеспечения трассирования тоннелей, перенесения проектов сооружения в натуру и сбоек тоннелей в плане. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- ходы должны иметь вытянутую форму и по возможности прокладываться параллельно трассе;
- длины ходов между узловыми точками не должны превышать 1 км;
- средняя длина линии должна быть около 250 м, наименьшая не короче 150 м, наибольшая — для метрополитенов не более 300 м, а вне городов не более 500 м;
- относительная невязка в периметре хода не должна превышать 1: 30 000, а для тоннелей длиной менее 0,5 км — 1: 20 000;
- средняя квадратическая погрешность измерения угла не должна превышать 3", а допустимая

угловая невязка хода не более $f_{\beta} \leq 6''\sqrt{n}$, где n — число измеренных углов;

- измерения углов и длин линий должны производиться дважды, в разное время и в различных условиях;

- основная полигонометрия может быть самостоятельным геодезическим обоснованием для строительства тоннелей длиной до 1 км.

Таблица 4.2

Тоннельная полигонометрия взамен триангуляции

Общая длина тоннеля, км	Разряд полигонометрии	Длина стороны полигонометрии, км	Средняя квадратическая погрешность измерения угла, сек.		Средняя относительная погрешность измерения стороны	
			на станции	по многократным измерениям	для прямолинейного тоннеля	для криволинейного тоннеля
Более 8	1	3 — 10	0,7	0,4	1: 300 000	1: 150 000
от 5 до 8	2	2 — 7	1,0	0,7	1: 200 000	1: 100 000
от 2 до 5	3	1,5 — 5	1,5	1,0	1: 150 000	1: 70 000

от 1 до 2	4	1 — 3	2,0	1,5	1: 100 000	1: 50 000
-----------	---	-------	-----	-----	------------	-----------

В открытой местности основную полигонометрию можно заменить построением аналитической сети. Аналитические сети строятся в виде цепей или сетей треугольников, опирающихся на пункты тоннельной триангуляции или тоннельной полигонометрии. Количество треугольников между базисами не должно быть более 10, а при использовании в качестве базисов сторон основной полигонометрии — не более пяти. Углы в треугольниках должны быть в пределах 30° — 120° , а длины сторон от 300 до 600 м. Угловые невязки в треугольниках не должны превышать $10''$.

Подходная полигонометрия прокладывается для обеспечения исходными знаками проведения ориентирования подземных выработок, а также для различных разбивок и съемок строительных площадок.

Подходная полигонометрия прокладывается в виде систем ходов или замкнутых полигонов, опирающихся не менее чем на два знака основной полигонометрии. Длины отдельных ходов или полигонов не должны превышать 300 м, а длины сторон в полигонах должны быть не менее 30 м.

Измерение линий в подходной полигонометрии производят светодальномерами, компарированными стальными рулетками. Относительная разность прямого и обратного измерений линии не должна превышать 1:20 000, а при коротких линиях расхождения между результатами прямого и обратного измерений не должны быть более 3 мм.

Средняя квадратическая погрешность измерения угла не должна превышать $4''$.

Угловая невязка в замкнутых полигонах или в ходах между твердыми направлениями не должна превышать

$$f_{\beta} \leq 8'' \sqrt{n}, \text{ где } n \text{ — число измеренных углов в полигоне или ходе.}$$

Вычисление координат знаков подходных полигонометрических ходов производится методом раздельного уравнивания. Относительная погрешность в периметре хода не должна превышать 1:20 000, при коротких ходах абсолютная невязка должна быть не более 10 мм.

Полигонометрические знаки, в зависимости от места их установки, могут быть различных типов. Но независимо от выбранного типа знак должен удовлетворять следующим основным условиям:

- иметь определенную точку, принимаемую за центр знака;
- должен быть прочен и устойчив;
- удобен для производства угловых и линейных измерений.

После закладки полигонометрического знака производится привязка его к местным предметам, составляется исполнительная схема заложенных знаков, а также альбом привязок с указанием типа знаков.

4.2. Наземное высотное обоснование

Для создания высотного обоснования строительства тоннелей и метрополитенов производится нивелирование 2, 3 и 4 классов. Нивелирные ходы прокладываются в виде сети замкнутых полигонов, охватывающих полосу шириной не менее пятикратной глубины заложения тоннелей вдоль оси трассы.

При проектировании и производстве нивелирования руководствуются следующими положениями.

Ходы нивелирования 2 класса прокладываются между марками и реперами государственной геодезической сети 1 и 2 класса для обеспечения строительства тоннелей и метрополитенов длиной более 2 км (для горной местности не более 1 км). Марки и реперы закрепляются не реже чем через 200 м на застроенной территории и 400—800 м вне городской застройки. Около строительных площадок расстояние между реперами уменьшают до 100 м.

Ходы нивелирования 3 класса прокладываются для обеспечения передачи высотных отметок к стволам, порталам, тоннелям, сооружаемым открытым способом, сгущения высотной основы в районе наблюдения за деформациями сооружений. Нивелирование 3 класса разделяется на опорные и заполняющие ходы. Опорные ходы прокладываются в прямом и обратном направлениях между реперами 2 класса. Заполняющие ходы прокладываются только в одном направлении между реперами 2 класса и реперами опорных ходов 3 класса.

Нивелирование 3 класса может служить самостоятельной высотной основой при строительстве тоннелей длиной менее 2 км, а в горной местности не свыше 1 км.

Нивелирные ходы 4 класса прокладываются в одном направлении между реперами высших классов. Висячие ходы нивелируются в прямом и обратном направлениях.

При строительстве внегородских тоннелей в качестве реперов используются как специально заложенные знаки, так и пункты триангуляции и основной полигонометрии.

Вблизи строительных площадок, стволов, порталов должно быть закреплено не менее двух знаков высотной основы.

Характеристика нивелирных сетей для строительства тоннелей и метрополитенов приведена в таблице 4.3.

Нивелирные ходы уравниваются по отдельным секциям, опирающимся на марки и реперы высших классов. Все условия, возникающие в секции, уравниваются совместно по способу проф. В. В. Попова, а также методом последовательных приближений и узлов.

Таблица 4.3

Класс нивелирования	Направление хода	Длина визирного луча, м	Допустимая невязка хода	Допустимая невязка хода при кол-ве станций более 16
II	Прямо — обратно	65	$5\sqrt{L}$	$1,2\sqrt{n}$
III оп.	Прямо — обратно	50	$7\sqrt{L}$	$2,0\sqrt{n}$
III зап.	Прямо	50	$10\sqrt{L}$	$2,5\sqrt{n}$

IV	Прямо	100	$20\sqrt{L}$	$5,0\sqrt{n}$
----	-------	-----	--------------	---------------

Здесь L — длина хода в км;

n — число станций.

Технический отчет по наземному нивелированию должен содержать:

- а) обоснование выбранной классности;
- б) данные о привязках к государственной нивелирной сети;
- в) характеристики марок и реперов, их распределение по типам;
- г) применявшиеся инструменты, способы нивелирования;
- д) способы уравнивания, результаты вычислений, оценка точности;
- е) заключение об использовании выполненного нивелирования.

4.3. ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ В МАРКШЕЙДЕРСКОМ ДЕЛЕ

В последнее время системы спутниковой навигации прочно вошли в маркшейдерскую практику при создании опорного маркшейдерско-геодезического обоснования и для детальных съемок на горных предприятиях. Применение спутниковых систем позволяет повысить производительность полевых и камеральных работ и улучшить качество маркшейдерского обеспечения горного предприятия. С появлением систем позиционирования стало возможным создать в реальном времени автоматизированные системы управления оборудованием горного предприятия, управлять грузопотоками и др.

Глобальная система позиционирования (The Global Positioning System — GPS) — это основанная на специальных спутниках система, созданная и управляемая Департаментом Обороны США (DOD). Система обеспечивает возможность определения пространственного положения любой точки на земной поверхности. GPS-приемники используются для решения задач навигации, определения пространственных координат, определения точного времени, астрономических наблюдений, гидрометеорологических измерений и др. Точность определения координат может составлять от десятков метров до миллиметров в зависимости от применяемого оборудования и методики.

Глобальная система позиционирования состоит из трех сегментов: космического, управляющего и пользовательского.

Космический сегмент состоит из 24 навигационных спутников NAVSTAR, которые вращаются вокруг Земли на высоте около 20 тыс. км с периодом вращения 12 часов. Параметры спутниковых орбит подобраны таким образом, что в любой точке земного шара обеспечивается возможность одновременного приема радиосигнала как минимум от четырех спутников. Каждый спутник имеет на борту четверо высокоточных атомных часов, и постоянно посылает радиосигналы, используя собственный уникальный идентификационный код.

Управляющий сегмент состоит из четырех наземных мониторинговых станций, расположенных в разных частях земного шара, и главной управляющей станции. Мониторинговые станции принимают радиосигналы от спутников и по ним отстраивают орбитальные модели для каждого спутника. По этим моделям рассчитываются точные параметры орбиты (эфемериды) и коэффициенты коррекции

бортовых часов спутников. Полученные данные передаются на главную управляющую станцию, которая один раз в сутки передает эфемериды и коэффициенты коррекции часов на спутники.

Пользовательский сегмент состоит из большого числа гражданских и военных GPS-приемников, которые преобразуют спутниковые радиосигналы в пространственные координаты и сигналы точного времени. Для расчета четырехмерной координаты местоположения приемника (X, Y, Z, Time) требуется принять радиосигнал как минимум от четырех спутников.

Каждый GPS-спутник постоянно передает радиосигналы на двух частотах: L1 и L2. Частота L1 (1575.42 МГц) несет навигационное сообщение и гражданский кодовый сигнал (C/A код). Частота L2 (1227.60 МГц) используется для измерения ионосферных поправок и несет зашифрованный военный кодовый сигнал (P-код и Y-код).

Радиосигналы, принятые от спутников, служат для определения расстояния между фазовым центром спутникового радиопередатчика и фазовым центром GPS-приемника. Для определения этого расстояния вычисляется время прохождения радиосигнала от спутника до приемника. Зная время прохождения радиосигнала и скорость распространения радиоизлучения в вакууме, вычисляют расстояния от приемника до спутников. Координаты фазового центра GPS-приемника определяются пространственной линейной засечкой от спутников с известными координатами.

Глобальная НАвигационная Спутниковая Система ГЛОНАСС — это сумма уникальных технологий, плод многолетнего труда российских конструкторов и ученых. Она состоит из 24 спутников, которые, находясь в заданных точках на высоких орбитах, непрерывно излучают в сторону Земли специальные навигационные сигналы. Любой человек или транспортное средство, оснащенные специальным прибором для приема и обработки этих сигналов, могут с высокой точностью в любой точке Земли и околоземного пространства определить собственные координаты и скорость движения, а также осуществить привязку к точному времени.

ГЛОНАСС является государственной системой, которая разрабатывалась как система двойного использования, предназначенная для нужд Министерства обороны и гражданских потребителей. Обязанности по управлению и эксплуатации системы ГЛОНАСС возложены на Министерство обороны Российской Федерации (Управление космических средств РВСН).

Спутники системы ГЛОНАСС непрерывно излучают навигационные сигналы двух типов: навигационный сигнал стандартной точности (СТ) в диапазоне L1 (1.6 ГГц) и навигационный сигнал высокой точности (ВТ) в диапазонах L1 и L2 (1.2 ГГц). Информация, предоставляемая навигационным сигналом СТ, доступна всем потребителям на постоянной и глобальной основе и обеспечивает, при использовании приемников ГЛОНАСС возможность определения с вероятностью 99.7%:

- горизонтальных координат с точностью 50 — 70 м;
- вертикальных координат с точностью 70 м;
- составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с;
- точного времени с точностью 0.7 мкс.

Для определения пространственных координат и точного времени требуется принять и обработать навигационные сигналы не менее чем от 4-х спутников ГЛОНАСС. При приеме навигационных радиосигналов ГЛОНАСС приемник, используя известные радиотехнические методы, измеряет дальности до видимых спутников и измеряет скорости их движения. Одновременно с проведением измерений

в приемнике выполняется автоматическая обработка содержащихся в каждом навигационном радиосигнале меток времени и цифровой информации.

Цифровая информация описывает положение данного спутника в пространстве и времени (эфемериды) относительно единой для системы шкалы времени и в геоцентрической связанной декартовой системе координат. Кроме того, цифровая информация описывает положение других спутников системы (альманах) в виде кеплеровских элементов их орбит и содержит некоторые другие параметры. Результаты измерений и принятая цифровая информация являются исходными данными для решения навигационной задачи по определению координат и параметров движения.

Навигационная задача решается автоматически в вычислительном устройстве приемника, при этом используется известный метод наименьших квадратов. В результате решения определяются три координаты местоположения потребителя, скорость его движения и осуществляется привязка шкалы времени потребителя к высокоточной шкале Координированного всемирного времени (UTC).

GNSS — Global Navigation Satellite System, продукт совместного использования двух глобальных систем GPS и ГЛОНАСС.

Одним из существенных параметров данной системы является целостность информации. Если данные любого из спутников вызывают сомнение, они должны быть исключены из расчетов. При совместном использовании GPS/ГЛОНАСС появляется возможность обеспечить контроль целостности сигналов, поступающих от спутников, и переход на работу с теми сигналами, целостность которых подтверждена. Устойчивость системы значительно увеличивается, так как пользователи смогут выбирать рабочее созвездие из большего числа, достигающего до 16—20 видимых в радиодиапазоне спутников и пользоваться аппаратурой с числом каналов 12 и более.

Основные принципы измерений спутниковой системой навигации

Выполняемые измерительные функции спутниковой радионавигационной системы можно разбить на пять основных пунктов:

- спутниковая трилатерация;
- спутниковая дальнометрия;
- точная временная привязка;
- определение точного положения спутников в пространстве;
- коррекция ошибок.

Точные координаты для места на поверхности Земли могут быть вычислены по измерениям расстояний от группы спутников (если известно их положение в пространстве). В этом случае спутники являются пунктами с известными координатами. Допустим, что расстояние от одного спутника известно, и мы можем описать сферу заданного радиуса вокруг него. Если мы знаем также расстояние и до второго спутника, то определяемое местоположение будет расположено где-то в круге, задаваемом пересечением двух сфер. Третий спутник определяет две точки на окружности. Теперь остается только выбрать правильную точку. Одна из точек всегда может быть отброшена, так как она либо имеет высокую скорость перемещения в пространстве, либо находится далеко за пределами Земли. Таким образом, зная расстояние до трех спутников, можно вычислить координаты определяемой точки.

Расстояние до радионавигационных спутников определяется по измерениям времени прохождения радиосигнала от космического аппарата до приёмника, умноженным на скорость света. Для того чтобы определить время прохождения сигнала от спутника до приемника, нам необходимо знать, когда он покинул спутник. Для этого на спутнике и в приемнике одновременно генерируется одинаковый псевдослучайный код. Приемник проверяет входящий сигнал со спутника и определяет, когда он генерировал такой же код. Полученная разница, умноженная на скорость света (~ 300000 км/с) даёт искомое расстояние. Использование кода позволяет приемнику определить временную задержку в любое время. Кроме того, спутники могут излучать сигнал на одной и той же частоте, так как каждый спутник идентифицируется по своему псевдослучайному коду (PRN или Pseudo Random Number code).

Полностью развернутая спутниковая навигационная система имеет 24 рабочих спутника с орбитальным периодом в 12 часов на высоте примерно 20000 км от поверхности Земли. В шести различных орбитальных плоскостях расположено по 4 спутника. Указанная высота необходима для обеспечения стабильности орбитального движения спутников и уменьшения фактора влияния сопротивления атмосферы. Ведомство, отвечающее за функционирование навигационной системы, осуществляет непрерывное слежение за спутниками. На каждом спутнике расположено несколько высокоточных атомных часов, и они непрерывно передают радиосигналы с собственным уникальным идентификационным кодом. Станции слежения непрерывно отслеживают спутники и передают данные в центр управления. В центре управления вычисляются уточненные элементы спутниковых орбит и коэффициенты поправок спутниковых шкал времени, после чего эти данные передаются по каналам станций связи на спутники, по крайней мере, один раз в сутки.

Европейский Союз запланировал создать еще одну глобальную навигационную систему (GNSS) Galileo. Ожидается, что Galileo начнет предоставлять услуги к концу 2008.

Кроме того, другие страны: Китай (Китайская Навигационная Спутниковая Система Compass), Индия (Индийская Спутниковая Региональная Система Навигации) и Япония (Японская Quasi-Zenith навигационная система (QZSS)) также планируют строить свои собственные спутниковые системы навигации.

Технология выполнения съемок

Основным режимом сбора данных для всех GPS съемок является наблюдение базовых линий. В простейшем случае один из приемников помещается на точку с известными координатами, а другой помещается на точку, пространственное положение которой необходимо определить. В течение определенного периода времени, зависящего от конкретного вида съемки, производится наблюдение базовой линии, после чего приемник перемещается на следующую точку.

Одним из наибольших отличий GPS съемок по сравнению с традиционными видами геодезических съемок заключается в том, что приращения координат между станциями вычисляются на математическом эллипсоиде WGS-84 (World Geodetic System), а не в принятой плановой системе координат. При этом вычисляется относительное положение определяемых станций относительно базовых, которые затем трансформируются на используемую модель эллипсоида в принятой картографической проекции, например на эллипсоид Красовского в прямоугольной проекции Гаусса. Существует несколько способов трансформации координат с эллипсоида WGS-84 в пользовательские системы координат. Среди них наиболее распространенными являются способ «3 параметра» (Молоденского), способ «7 параметров», способ пространственного вращения сети и полиномиальная регрессия.

Все вычисления в GPS производятся в геоцентрической системе координат с использованием параметров математического эллипсоида WGS-84, центр которого совпадает с центром тяжести Земли.

В отличие от применяемых в традиционной геодезии линий по земной поверхности (задачи землеустройства) и проекции линии на поверхность эллипсоида (геодезическая линия), вектор, также называемый базовой линией (BaseLine), есть результат обработки GPS-данных, представляющий собой линию между базовой и определяемой станциями относительно центра Земли в математическом эллипсоиде WGS-84. Несколько векторов в совокупности представляют собой геодезическую GPS-сеть, натянутую на поверхность математического эллипсоида. При помощи соответствующих программ обработки данных, сеть строго уравнивается, причем в некоторых программах обработки предусмотрена возможность совместного уравнивания GPS-измерений и геодезических измерений, выполненных с использованием традиционных технологий, координаты определяемых пунктов трансформируются на эллипсоид Красовского в принятой картографической проекции.

Существуют несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS-сети. Эти методы сбора данных со спутников различны по точности определения координат пунктов, времени наблюдений и производительности. Однако существует несколько условий, соблюдение которых необходимо для успешного выполнения любого вида GPS-съемки:

1. Для выполнения геодезических GPS-наблюдений векторов необходимо обеспечить одновременную работу как минимум двух GPS-приемников, с последующим объединением накопленных ими данных.
2. Одновременный прием спутникового радиосигнала как минимум от четырех спутников, что бывает иногда затруднительно обеспечить в застроенных и лесных районах.
3. Отсутствие в районе выполнения GPS-измерений мощных работающих теле- и радиотрансляционных устройств, особенно с перископической схемой усиления радиосигнала, которые могут заглушать или искажать принимаемый со спутников радиосигнал.

Основные технологии GPS съемок приведены в таблице 4.4, в порядке возрастания точности определения координат.

Таблица 4.4

Название технологии, время измерения	Точность, м	Область применения
Навигационный режим, непрерывное слежение	10—15	Поиск точки по заранее известным координатам, поиск потерянных объектов по известным координатам, рекогносцировка местности
Кинематика «real-time», 20—30 секунд на точку	0.1—0.3	Локальные топографические съемки и разбивочные работы с небольшими препятствиями прохождения спутникового радиосигнала. Координаты вычисляются прямо в поле. Необходимо наличие радиомодема
Кинематика «continuous», непрерывное слежение	0.05—0.2	Локальные топографические съемки линейных и площадных объектов в условиях очень хорошего приема спутникового радиосигнала
Кинематика «stop-and-go», 20—30 секунд на точку	0.01—0.03	Локальные топографические съемки с небольшими препятствиями прохождения спутникового

		радиосигнала, создание съемочного обоснования
Быстрая статика, 2030 минут на точку	$(1-3) \cdot 10^{-3}$	Высокоточные геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 10 км.
Статика, 40—60 минут на точку и более	$(1-3) \cdot 10^{-3}$	Высокоточные геодезические работы, создание опорного обоснования, наблюдения за деформациями земной поверхности, с длинами векторов до 2000 км.

Основные технологии GPS-съемок

1. Навигационный режим, как правило, имеют все GPS-приемники. При использовании этого режима на дисплее приемника или его контроллера непрерывно отображаются данные о пространственном положении приемника, скорости его перемещения и азимуте движения. Как правило, имеется также возможность ввести координаты точки назначения, в этом случае приемник будет показывать расстояние до этой точки, направление на нее и время прибытия на эту точку, если приемник будет продолжать двигаться с постоянной скоростью. Оператор приемника может также пометить точку стояния как особенную, и приемник запишет ее координаты во внутреннюю память. Хотя этот способ съемки имеет самую низкую точность, он широко используется для поиска по известным координатам таких малоприметных объектов, как центры пунктов геодезической сети с уничтоженными наружными знаками, колодцев подземных коммуникаций и других объектов.

2. Кинематическая «real-time» съемка используется в тех случаях, когда необходимо получать координаты прямо в поле. Они могут быть использованы для выноса проектных решений на местность, топографических съемок с вычерчиванием плана в поле и других работ. Необходимым условием для выполнения данного вида съемки является возможность получения ионосферных поправок либо с помощью радиомодема по выделенному радиоканалу, либо от специальных радиомаяков, к сожалению пока практически отсутствующих на территории России. Отличительной особенностью любого вида кинематической съемки является то, что перед ее началом необходимо выполнить специальную операцию инициализации приемника продолжительностью 5—20 минут. Другой особенностью кинематической съемки является требование постоянного слежения как минимум четырех спутников, а в случае нарушения этого условия требуется повторно выполнить операцию инициализации.

3. Кинематика «continuous» применяется для непрерывного точного определения пространственных координат движущегося приемника. Этот метод очень часто используется для топографического картирования на открытой местности с хорошими условиями для передвижения и наблюдения спутников. При использовании этого вида съемки приемник может быть установлен на специальную вешку фиксированной высоты или крышу автомобиля. В этом случае расчет вектора производится в каждую эпоху приема радиосигнала от спутника с интервалом 1—60 секунд. Это позволяет получить непрерывную цепочку координат точек передвижения приемника. Этот вид съемки обеспечивает высочайшую производительность при съемке больших площадных объектов, автодорог и других объектов с выдачей результата съемки в электронном виде во всех популярных обменных форматах данных.

4. Кинематика «stop-and-go» является эквивалентом традиционной тахеометрической съемки. В этом виде съемки оператор с приемником либо стоит на определяемой точке в течение 20—30 секунд (stop) либо перемещается между определяемыми точками (go). Во время остановки происходит запись принимаемого от спутника радиосигнала во внутреннюю память приемника, а также записывается высота

антенны и идентификационный номер точки стояния, по которому можно определить вид отснятого объекта. Во время перемещения между точками запись данных в память не производится, но приемник продолжает непрерывно отслеживать спутники.

5. Статическая и быстростатическая съемки являются традиционными и самыми распространенными видами GPS-съемок. Эти методы требуют, чтобы как минимум два GPS-приемника, расположенные на двух концах базовой линии, одновременно принимали спутниковый радиосигнал в течение 20-60 минут, в зависимости от длины базовой линии, числа спутников, их взаимного расположения в пространстве и других факторов. Большое количество данных, накапливаемых за время съемки, позволяет решить некоторые технические проблемы, которые не могут быть решены при более коротком периоде наблюдений. Эти виды съемок обеспечивают очень высокую точность определения координат.

5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ

5.1. ПОСТРОЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ

Перед началом строительных работ на промышленной площадке создают разбивочную сеть в виде системы прямоугольников со сторонами, параллельными осям шахтных стволов (рис. 5.1). Пункты строительной сетки должны обеспечить решение двух задач: топографическую съемку крупного масштаба 1:500, в частности, для исполнительного генерального плана, и быстрый, безошибочный перенос на промышленную площадку осей шахтных стволов, зданий, инженерных коммуникаций, транспортных путей и др.

На современных шахтных площадках характерно наличие крупных сооружений, имеющих жесткую технологическую связь между собой. Поэтому для таких условий строительную сетку проектируют одновременно с генеральным планом.

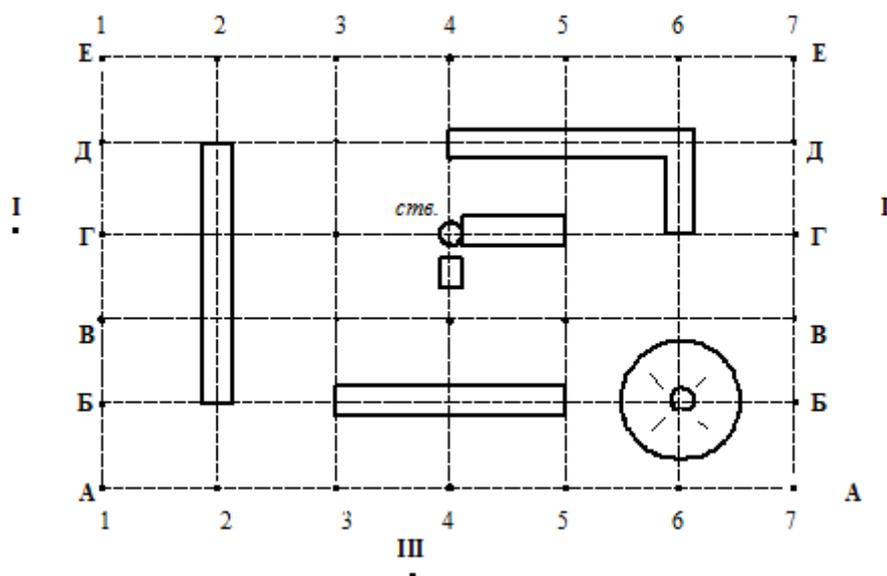


Рис 5.1

Размеры сторон в запроектированной сетке зависят от расстояний между объектами или проездами и составляют примерно 80—350 м. На генеральный план наносят исходные пункты триангуляции и полигонометрии, намечают границы секций и проектируют по этим границам основные ходы и связь между ними.

Построение строительной сетки производят от пунктов маркшейдерской опорной сети. Если исходная маркшейдерская основа недостаточна, производят ее сгущение. Для этого вставляют отдельные пункты методом триангуляции или трилатерации, либо прокладывают дополнительные ходы полигонометрии.

После сгущения маркшейдерской основы производят разбивку базиса сетки — главную ось ствола.

Концы базиса или совмещают с исходными пунктами маркшейдерской основы или выносят в натуру небольшими по протяженности ходами полигонометрии. Линию между концами базиса провешивают, отмечают на ней места закладки пунктов и закрепляют их постоянными или временными знаками. Постоянными знаками закрепляют основные пункты 1Г, 3Г, 7Г, а временными — дополнительные 2Г, 5Г, 6Г (рис. 5.1). Число и расположение основных и дополнительных пунктов определяются максимальным удобством проведения разбивочных работ.

По постоянным центрам базисной линии прокладывают контрольный полигонометрический ход и в случае необходимости производят редуцирование центров знаков в проектное положение.

Между окончательно вынесенными центрами измеряют контрольные углы. Отклонение величин контрольных углов от проектных значений не должно превышать $\pm 10''$.

От окончательных центров базисной линии выносят остальные пункты сетки и закрепляют их временными знаками. Далее вычисляют координаты знаков в истинной или условной системе координат, направление осей которой совпадает с направлением сторон сетки.

После вычисления координат временных знаков вычисляют поправки, редуцируют пункты в проектное положение и закрепляют постоянными знаками основные пункты сети. Как правило, это пункты, находящиеся по периметру сетки по осям: А-А, Е-Е, 1—1, 7—7.

Правильность вынесения проектных центров после редуцирования контролируют измерением длин сторон между смежными центрами или диагоналей четырехугольников, а также измерением углов на пунктах, расположенных в шахматном порядке. Допустимые отклонения длин сторон от проектных ± 20 мм и диагоналей ± 25 мм. Допустимые отклонения углов от проектных $\pm 20''$. Высоты всех пунктов сети определяют проложением нивелирных ходов III класса.

Завершают полевые и камеральные работы составлением каталога координат пунктов и отчета. В отчете описывают условия производства работ, применявшиеся инструменты, способы вычисления координат и производят оценку точности пунктов.

Для сравнительно небольших шахт строительство поверхностного комплекса не связанных друг с другом сооружений на промышленной площадке допускается без создания строительной сетки. Разбивку сооружений в этом случае производят от знаков, фиксирующих положение осей ствола.

Осями вертикального ствола называют две взаимно перпендикулярные прямые, одна из которых параллельна, а другая перпендикулярна основным расстрелам. Точка пересечения осей ствола служит его центром.

Центр ствола переносят в натуру дважды независимо от пунктов маркшейдерской опорной сети, удаленных от места заложения ствола не более чем на 300 м. Расхождение в положении центра ствола из двукратных определений не должно превышать 0,2 м. Его закрепляют временной точкой и вычисляют фактические координаты. Оси ствола выносят в натуру при помощи теодолита, установленного на точке центра ствола. Угловая погрешность в разбивке главной оси относительно

опорной сети не должна превышать $\pm 2'$, а погрешность разбивки другой оси, перпендикулярной главной, не должна превышать $\pm 30''$.

Осевые пункты размещают с учетом взаимной видимости между смежными пунктами, долговременной их сохранности и удобства использования для разбивочных работ. Каждую из осей закрепляют не менее чем шестью постоянными знаками, по три с каждой стороны. Расстояние между соседними пунктами должно быть не менее 50 м, но при стесненных условиях расстояние между ними разрешается уменьшать до 20 м. Для определения координат осевых пунктов и вынесенного центра ствола прокладывают полигонометрический ход 2 разряда.

По мере застройки промплощадки для удобства использования положение осей ствола выносят и закрепляют на капитальных зданиях и сооружениях.

5.2. Проходка, крепление и армирование стволов

Основными задачами маркшейдерского обеспечения при сооружении стволов являются соблюдение проектных параметров положения крепи и его оснастки, учет объемов выполненных работ и производство измерений для составления исполнительной документации.

Сооружение вертикального ствола начинают с разметки положения котлована под его устье. Для этого оси ствола выносят на обноску, натягивают по осевым направлениям проволоки, относительно которых при помощи отвесов производят центрирование и ориентирование рамы-шаблона.

рама-шаблон служит для обозначения в натуре контура поперечного сечения ствола, поэтому ее размеры предварительно тщательно проверяются. Для установки в проектное положение на ней производят разметку осей ствола. Раму-шаблон устанавливают на подготовленную горизонтальную поверхность с точностью ± 20 мм в плане и по высоте, а в центральной части закрепляют временный отвес, относительно которого контролируют возведение крепи устья.

После проходки устья ствола до заданной отметки, разделки вруба первого опорного венца производят укладку настила и сборку опалубки для бетонирования устья ствола. Положение опалубки под опорный венец проверяют в горизонтальной и вертикальной плоскостях путем промеров радиусов от центрального отвеса до наружной поверхности опалубки и замерами расстояний от рамы-шаблона до кружальных ребер.

В верхней части устья на глубине примерно 0,7—1,0 м ниже нулевой отметки закрепляют четыре скобы и с осевых пунктов переносят и закрепляют на них оси ствола и передают высотную отметку. Погрешность положения вынесенных осей на скобах не должна превышать ± 2 мм.

Для проходки ствола на всю глубину, после сооружения временного или постоянного подъемного комплекса, раму-шаблон заменяют постоянной проходческой рамой, которую устанавливают на крепь устья ствола. Смещение проходческой рамы относительно проектного положения должно быть не более ± 20 мм.

Контроль проходки и возведения крепи осуществляется от проходческих отвесов или лучей лазерных указателей направления, пропущенных через отверстия в проходческой раме. Расположение и количество отвесов зависит от формы поперечного сечения ствола и размещения проходческого оборудования.

При круглом сечении ствола применяют центральный и два осевых проходческих отвеса. В забое относительно центра ствола проходчики производят разметку и бурение шпуров, контролируют положение контура, устанавливают опалубку или временную крепь. По мере проходки ствола

от центрального отвеса или луча указателя направления через 3—4 м маркшейдеры производят периодические контрольные измерения до крепи и породных стенок ствола по восьми направлениям через 45°. Отклонение крепи ствола относительно проектного положения не должно превышать ± 30 мм.

Опалубку для последующих опорных венцов устанавливают относительно центра ствола с точностью 2—3 см. В каждом опорном венце закладывают осевые скобы, на которых отмечают положение боковых отвесов и передают на них высотные отметки при помощи стальной компарированной рулетки или длинномера. В дальнейшем эти высотные отметки используют для контроля горизонтальности кольцевого вруба под опорный венец, замера объема выполненных работ, для задания направления околоствольным выработкам и других разбивок в стволе.

При возведении тюбинговой крепи ствола особое внимание уделяется монтажу первых колец. После сооружения устья ствола (форшахты) приступают к сборке на горизонтальном деревянном настиле первого кольца. Правильность укладки колец в плане проверяется относительно центрального отвеса также путем радиальных промеров.

После окончания сборки первого кольца горизонтальность верхней плоскости тюбингов проверяют при помощи нивелира или сообщающихся сосудов. Перекос первых колец относительно горизонтальной плоскости не должен превышать 5 мм.

По мере углубления ствола положение осей и высотную отметку переносят на металлические пластины или скобы, закрепляемые на тюбингах через 5—10 м.

При проходке стволов прямоугольного сечения с возведением деревянной крепи в угловых частях ствола закрепляют четыре отвеса. Расстояние от отвеса до венцов крепи не должно отличаться от проектного более чем на 15 мм, а расстояние между углами венцов по диагонали — более чем на 50 мм.

В процессе возведения крепи ствола маркшейдер периодически определяет фактическую толщину стенок постоянной крепи, местоположение и размеры вывалов породы и величину забутовки. Уменьшение толщины стенок крепи относительно проектного значения допускается в пределах 30 мм.

Все результаты маркшейдерских измерений при сооружении ствола заносятся в Журнал проходки ствола, в котором приводят основные проектные размеры и фактические данные, полученные в результате измерений в процессе его строительства.

После возведения постоянной крепи ствола выполняют его профилирование, которое заключается в съемке положения стенок ствола на различных высотах. Измерения производят от отвесов через равные интервалы, соответствующие шагу армировки или высоте опалубки.

По результатам измерений определяют величины отклонений фактического положения стенок ствола относительно проектного и составляют вертикальный профиль. Вертикальный масштаб построения профиля стенок ствола принимают 1:100 или 1:200, а горизонтальный соответственно 1:10 или 1:20.

Армированием ствола называют совокупность работ по монтажу конструкций, обеспечивающих движение подъемных сосудов. Основными элементами армирования ствола являются направляющие подъемных сосудов или проводники и несущие их расстрелы.

Расстрелы в зависимости от расположения в стволе подразделяются на главные и вспомогательные. Система главных и вспомогательных расстрелов, расположенных в одной горизонтальной плоскости, называется ярусом расстрелов, а разность высот ярусов — шагом армирования.

Перед началом монтажа составляется проект производства маркшейдерских работ на армирование ствола, который включает в себя маркшейдерские работы подготовительного периода, текущий контроль в процессе армирования, окончательную проверку точности установки элементов армировки ствола и вопросы техники безопасности.

В подготовительный период производят выборочную проверку линейных размеров элементов армировки, закрепляют армировочные отвесы, составляют эскизы на шаблоны и проверяют правильность их изготовления, составляют журнал армирования.

Установку расстрелов первого контрольного яруса производят по отвесам закрепленных на проволоках, натянутых по осевым меткам скоб, расположенных в устье ствола. Смещение осей расстрелов контрольного яруса в горизонтальной плоскости не должно быть более 2 мм, превышение их концов должно быть не более 5 мм, а наклон поперечной оси расстрела относительно горизонтальной плоскости не допускается более 20'.

Для монтажа следующих ярусов, согласно принятой схеме, на расстрелах при помощи пластин с отверстиями или кронштейнов закрепляют армировочные отвесы.

Оптимальное число армировочных отвесов определяют в зависимости от технологической схемы армирования, расположения элементов армировки и размещения оборудования в стволе. Взаимное расположение отвесов в каждом конкретном случае выбирают с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить соответствующую точность всех элементов яруса армирования. Отвесы располагают на одинаковых расстояниях (50—100 мм) от проектного положения боковой грани расстрелов в местах, где они не будут затруднять производство монтажных работ.

в нижней части каждого армировочного отвеса производят наблюдения за амплитудой колебания и фиксируют его в среднем положении при помощи ограничителя. После фиксации всех отвесов измеряют расстояния между ними и сравнивают с соответствующими расстояниями на поверхности, они не должны отличаться более чем на 5 мм.

Установку расстрелов следующих ярусов и проводников контролируют при помощи отвесов и шаблонов.

При выполнении армировочных работ должны быть соблюдены следующие требования: отклонения расстояний между ярусами от проектных величин не должны превышать ± 10 мм при навеске проводников прямоугольного профиля; ± 15 мм — при навеске рельсовых проводников и ± 50 мм — при навеске деревянных проводников.

Расхождения расстояний от отвесов до соответствующих точек расстрелов или проводников на рабочем горизонте и на контрольном ярусе не должны отличаться более чем на 5 мм при металлической армировке и 10 мм при деревянной. Отклонения проводников по ширине колеи не должны превышать 5 мм для металлических и 10 мм для деревянных проводников. Отклонения расстрелов от вертикальной плоскости на двух смежных ярусах должны быть не более 5 мм для металлических проводников и 10 мм для деревянных.

Отклонение положения одного проводника относительно другого в плоскости проекции, параллельной расстрелам, не должно превышать 10 мм для металлических и 20 мм для деревянных проводников. Стыки проводников должны быть совмещены, без каких-либо выступов. Превышение между концами расстрелов должно быть не более 1:200 длины расстрела. Отклонение армировки всего ствола относительно его проектного (вертикального) положения не должно превышать 1:20 000 глубины ствола.

Окончательный контроль правильности установки расстрелов и проводников производят профильной съемкой. Съемку производят путем непосредственных измерений расстояний от отвесов или луча указателя направления, либо используют автоматизированные комплекты типа РК-1 обеспечивающие непрерывность, высокую точность и значительно повышающие производительность труда.

5.3. Маркшейдерские работы при монтаже подъемного комплекса

Комплекс оборудования и устройств, обеспечивающих производство работ по спуску и подъему грузов по шахтным стволам, называют подъемом. По назначению подъем может быть грузовой или грузолюдской, по сроку службы — временный или постоянный.

Подъемный комплекс вертикального ствола (рис 5.2) состоит из подъемной машины с органами навивки, копра, копровых шкивов, подъемных канатов и подъемных сосудов.

Подъемная машина представляет собой лебедку с диаметром барабана от 1,2 до 9 м. Для упорядоченной навивки каната на поверхности барабана изготавливают винтовую нарезку, а на конических поверхностях бицилиндрического барабана (БКЦ) приварены спиральные желобки. Зазор между смежными витками каната составляет 2—5 мм для средних и крупных машин и 6—7 мм для машин БКЦ.

Копер предназначен для поддержания шкивов, закрепления проводников и посадочных устройств клетей, а также разгрузочных кривых. Укосный копер состоит из вертикального станка и укосины, которая подпирает станок в верхней его части. Станок устанавливается над стволом шахты на подкопровую раму, которая закрепляется в устье ствола.

Шкивы служат для поддержания и направления канатов от подъемной машины в ствол шахты. По конструкции обода различают копровые шкивы со съемной футеровкой и нефутерованные. Нефутерованные шкивы диаметром 2—3 м изготавливают с литым ободом, а шкивы диаметром 4—6 м со штампованным ободом из высокопрочных сталей.

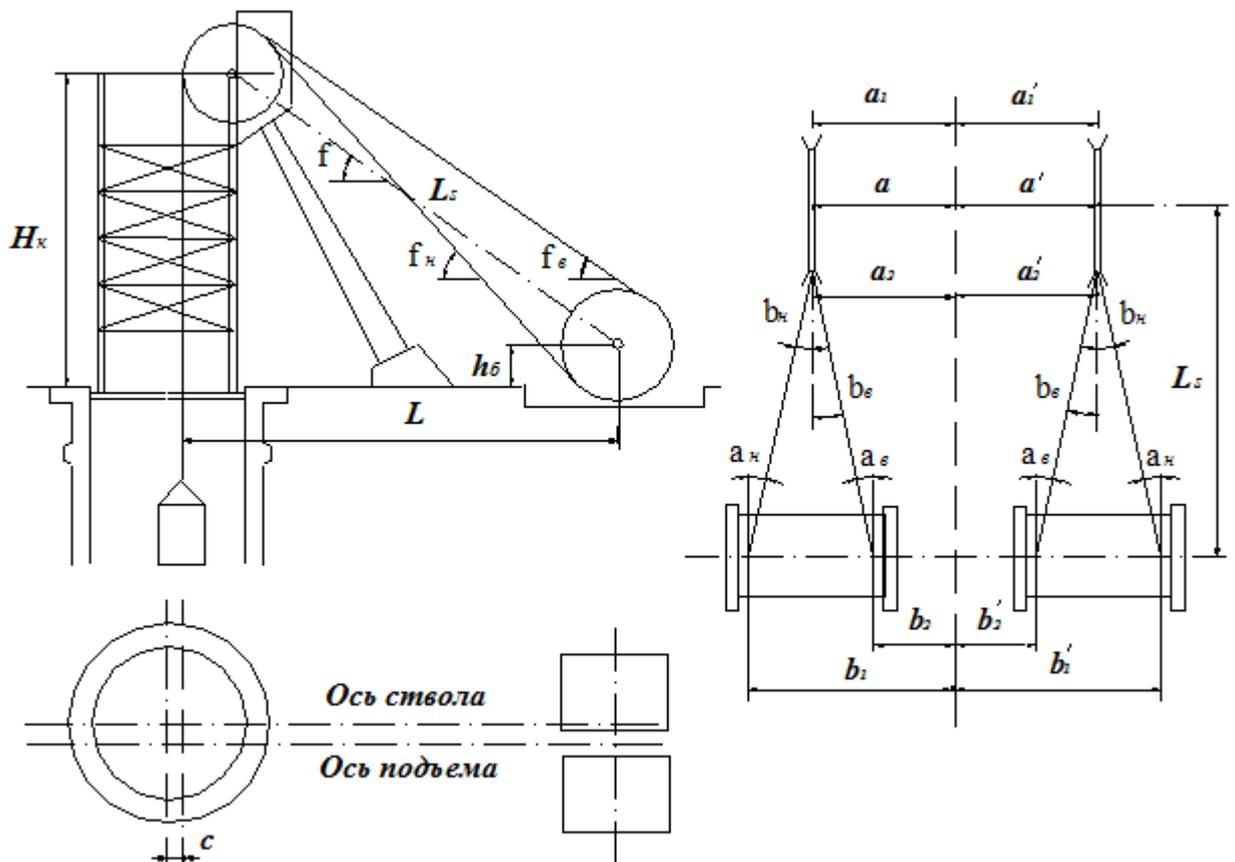


Рис. 5.2

Подъемные сосуды представлены скипами, клетями и комбинированными сосудами. Вместимость скипов составляет 7—20 м³; клетки по конструктивному исполнению бывают не опрокидными и опрокидными; по назначению они разделяются на грузолюдские, людские, инспекторские.

К основным геометрическим элементам подъемной установки относятся:

- ось и центр подъема;
- центр вала подъемной машины;
- высота копра и подъема;
- длина струны каната;
- ось вала шкива;
- углы наклона подъемных канатов и углы девиации.

Ось подъема вертикального ствола — прямая, перпендикулярная оси главного вала подъемной машины, проходящая через среднюю точку, расположенную между отвесными подъемными канатами. Как правило, ось подъема не совпадает с главной осью ствола.

Центр подъема — точка, делящая пополам расстояние между двумя отвесными подъемными канатами. При одноконцевом подъеме центр подъема совпадает с осью каната в его отвесном положении.

Центр вала подъемной машины — точка, расположенная посередине оси главного вала подъемной машины между внешними ребрами барабанов или между внутренними ребрами для установок с одним барабаном.

Высота копра H_k — расстояние по вертикали от нулевой площадки шахтного ствола до оси вращения направляющего шкива.

Высота подъема H — расстояние по вертикали между одной и той же точкой подъемного сосуда, находящегося в самом верхнем и самом нижнем положениях.

Длина струны каната L_s — расстояние между точкой схода подъемного каната с барабана подъемной машины и начальной точкой касания каната на направляющем шкиве. За длину струны условно принимают расстояние между осями вращения шкива и барабана, которое определяют по формуле

$$L_s = \sqrt{(L - c - R_{ш})^2 + (H_k - h_б)^2}, \text{ или}$$

$$L_s = (H_k - h_б) / \sin\varphi = (L - c - R_{ш}) / \cos\varphi,$$

где φ — угол наклона струны каната;

L — расстояние между осью главного вала подъемной машины и центром ствола;

$h_б$ — высота оси барабана над нулевой площадкой;

$R_{ш}$ — радиус шкива;

c — расстояние между проекциями центра ствола и оси каната на вертикальную плоскость, проходящую через ось подъема.

Углы девиации — углы отклонения каната от плоскости, перпендикулярной оси вала подъемной машины и оси вращения шкива. Образуются они при перемещении каната по рабочей части барабана подъемной машины в результате движения подъемных сосудов в стволе. В крайних положениях каната на барабане подъемной машины углы девиации на шкиве и барабане достигают максимальных величин. Углы девиации являются геометрической характеристикой бокового воздействия каната на футеровку барабана и шкива. Чем больше угол девиации, тем интенсивней износ перегородки между желобками футеровки барабана и боковой износ футеровки шкива. Полный их износ приводит к касанию соседних витков каната друг с другом и, как следствие этого, к повышенному износу каната. Для обеспечения нормальной работы подъема и минимального износа подъемного каната предельное значение углов девиации не должно превышать $1,5^\circ$

Углы девиации каната на барабане подъемной машины — углы, образованные струной каната и вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси главного вала подъемной машины.

Наружный и внутренний углы девиации расположены в наклонной плоскости канатов и вычисляются по формулам:

$$\alpha_n = \rho \mid (b_1 - a) / L_s; \alpha_v = \rho \mid (a - b_2) / L_s,$$

где a — расстояние от оси подъема до плоскости шкива по его оси;

b_1, b_2 — расстояние от оси подъема соответственно до дальней и ближней границ рабочей части барабанов:

$$\rho^{\perp} = 3438.$$

Углы девиации каната на шкиве — углы, образованные струной каната и плоскостью шкива. Равенство этих углов $\beta_n = \beta_v$ достигается установкой плоскости шкива в направлении центра рабочей части барабана подъемной машины.

При расположении плоскости шкива параллельно оси подъема углы девиации каната на шкиве и барабане будут равны между собой:

$$\alpha_n = \beta_n, \alpha_v = \beta_v.$$

Когда плоскость шкива не параллельна оси подъема, углы девиации каната на шкиве определяют по формулам:

$$\beta_n = \alpha_n - \gamma \cos\varphi; \beta_v = \alpha_v + \gamma \cos\varphi,$$

где $\gamma = \rho^{\perp} (a_1 - a_2) / D_{ш}$ — горизонтальный угол поворота шкива относительно оси подъема;

a_1 и a_2 — расстояния от оси подъема до осевой плоскости шкива;

$D_{ш}$ — диаметр шкива;

φ — угол наклона струны каната.

Нормальная работа шкивов и исключение одностороннего износа футеровки в результате трения каната о реборду шкива достигается наличием равенства углов девиации $\beta_n = \beta_v$ на шкиве. Это равенство будет выполняться, когда

$$\gamma = (\alpha_n - \alpha_v) / 2\cos\varphi.$$

Подставив в выражение значения α_n, α_v и γ , получим формулу $a_2 - a_1 = (b_n + b_v - 2a) / 2L_s \cos\varphi$, позволяющую в каждом отдельном случае

определить величину $a_2 - a_1$, на которую следует развернуть шкив для того, чтобы его осевая плоскость была направлена на середину рабочей части барабана.

Монтаж металлического копра начинают с установки подкопровой рамы, которая служит опорой станка копра и сооружения фундаментов под укосины копра.

Подкопровую раму устанавливают в заранее подготовленные проемы в устье ствола. Разность отметок углов при ее установке по высоте и смещение в плане не должны превышать ± 5 мм относительно проектного положения. Среднее высотное положение не должно отличаться от проектного более чем на 30 мм.

Монтаж станка копра производят путем последовательного наращивания отдельных звеньев непосредственно на подкопровой раме или предварительной его сборке на специальной монтажной площадке и установке в собранном виде на подкопровую раму.

В первом случае контроль правильности монтажа каждого отдельного звена станка копра производится инструментально с осевых знаков, передачей высотных отметок на каждый ярус и линейными измерениями геометрических параметров.

При сборке станка копра и укосины на монтажной площадке маркшейдерами контролируется правильность сборки конструкций и установки их в проектное положение на подкопровую раму.

После окончательного закрепления копра и укосины оси ствола переносят на подшивную площадку. Оси переносят по двум взаимно перпендикулярным направлениям при двух положениях вертикального круга с перецентрировкой теодолита на осевых знаках. Положение осей на подшивной площадке выносят с точностью ± 4 мм относительно осей ствола и надежно закрепляют.

Маркшейдерский контроль установки направляющих шкивов заключается в определении положения плоскости шкива относительно оси ствола и оси вала шкива в горизонтальном и вертикальном направлениях. Контрольные промеры производят от вынесенных осей до внешней, внутренней и центральной части шкива. Повернув шкив на 180° , повторяют измерения и сравнивают их с предыдущими. Положение вала шкива проверяют аналогичными измерениями от оси вала шкива до второй оси ствола.

Отклонение оси вала шкива от горизонтальной плоскости проверяют путем нивелирования его концов или при помощи уровня с ценой деления не более $20''$. Наклон вала шкива не должен превышать 1:1000 его длины.

Маркшейдерские работы при установке подъемной машины начинают с выноса в натуру точки пересечения оси ствола и оси главного вала подъемной машины, которую закрепляют временным знаком. От этой точки при помощи теодолита перпендикулярно к оси ствола выносят и закрепляют ось главного вала подъемной машины. Эти точки вместе с точками, фиксирующими положение оси ствола, служат основой для разбивок фундамента и стен здания подъемной машины. Положение осей фундамента и стен здания подъемной машины не должно отличаться от проектных значений более ± 20 мм.

После возведения стен здания подъемной машины на высоту 1—1,5 м внутрь здания переносят и закрепляют на скобах ось главного вала подъемной машины и ось ствола. От закрепленной оси ствола размечают оси подъема.

Повторный вынос осей подъема и вала подъемной машины производят по завершению возведения стен здания на монтажные скобы, расположенные на расстоянии 0,5—1 м от перекрытия. Значение дирекционного угла оси главного вала подъемной машины не должно отличаться от проектного

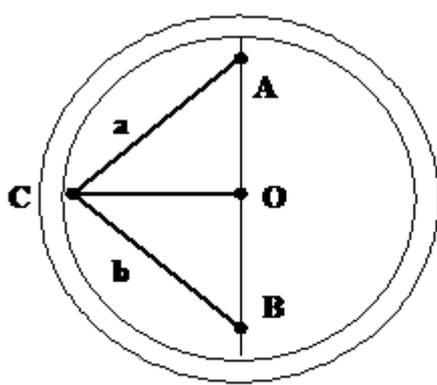


Рис. 5.3

более чем на $2'$, а угол между осью подъема и осью вала машины не должен отличаться от прямого более чем на $1'$.

После возведения фундамента подъемной машины проверяют положения гнезд под анкерные болты. Для этого измеряют расстояния от оси подъема до центра каждого отверстия.

Установку рамы подъемной машины контролируют в плане и по высоте. Высотное положение проверяют нивелированием угловых точек, а положение ее относительно осей контролируют при помощи отвесов, закрепляемых на проволоках, натянутых между осевыми скобами. Отклонение рамы в плане от проектного положения не должно превышать ± 10 мм, а по высоте ± 100 мм. Разность высотных отметок угловых точек рамы не должна превышать ± 15 мм.

Контроль установки главного вала подъемной машины производится путем нивелирования его концов и при помощи тех же отвесов. Окончательное положение оси вала подъемной машины не должно отличаться от проектного более чем на 100 мм от расстояния до центра ствола; на 50 мм от оси подъема; на 100 мм по высоте. Угол наклона оси вала не должен превышать $2'$.

После завершения монтажа подъемного комплекса проверяют фактическое положение осей вала подъемной машины и шкивов, положение осей подъемных канатов относительно армировки ствола, величины углов девиации подъемных канатов на барабанах подъемной машины и шкивах.

5.4. Маркшейдерские работы при проведении околоствольных выработок

Для проведения околоствольных выработок маркшейдеру вначале необходимо указать местоположение рассечки сопряжения ствола и околоствольных выработок. Вынос в плане осей околоствольных выработок осуществляется от главной оси ствола, положение которой фиксируется на скобах, закрепленных в последнем ярусе или опорном венце.

Для определения высотного положения рассечки на эти же скобы или дополнительно заложенный репер передается и высотная отметка.

Если при круглом сечении ствола проектное положение рассечки околоствольных выработок совпадает с направлением главной оси ствола, то для задания направления в плане достаточно опустить отвесы, закрепленные на скобах в опорном венце. По створу отвесов на стенке ствола отмечают вертикальную линию, являющуюся осью рассечки сопряжения.

Иногда проектом предусматривается перпендикулярное направление околоствольной выработки относительно главной оси ствола. Тогда для выноса оси рассечки сопряжения околоствольных выработок рассчитывают величины **a** и **b** (рис. 5.3), решая прямоугольные треугольники **AOC** и **BOC**. В случае равенства расстояний **AO** и **OB** от центра ствола до осевых отвесов, величины **a** и **b** должны быть равны.

Для задания направления рассечке по высоте вычисляют и откладывают превышения **h₁** и **h₂** (рис. 5.4) между отметкой репера в стволе и проектными отметками кровли и почвы выработки.

Используя створ отвесов осей ствола, в пройденной части сопряжения закрепляют три отвеса для задания направления проходки околоствольных выработок. Проведение выработок по направлению, заданному таким образом, допускается на расстояние до 20 м. Дальнейшие работы можно производить только после точного перенесения и закрепления в околоствольных выработках оси ствола.

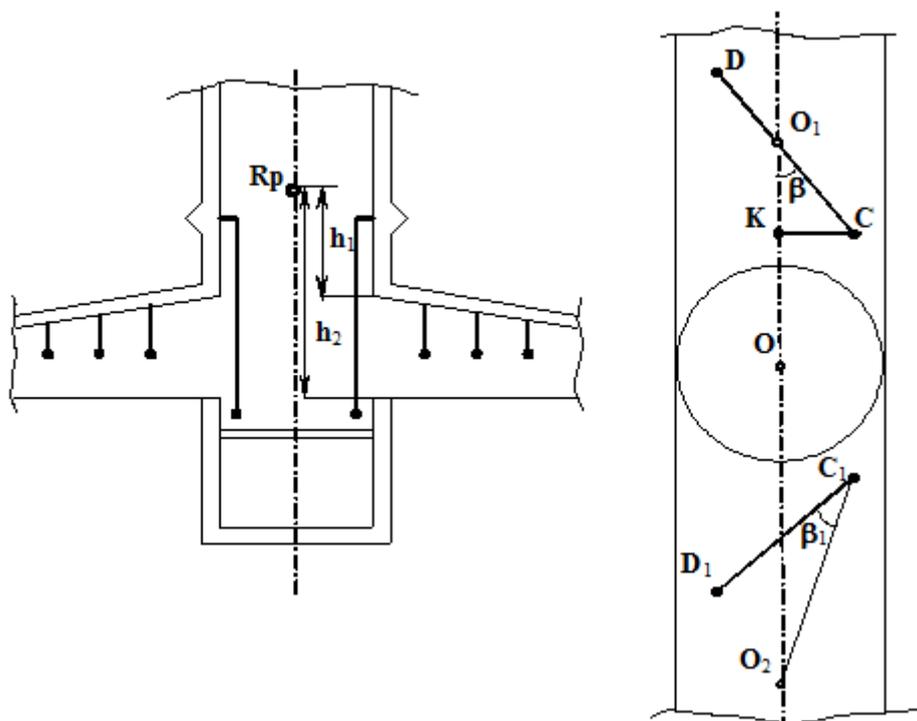


Рис. 5.4

Для этого после закрепления постоянной крепью пройденной части со

пряжения в ней закладывают два постоянных маркшейдерских знака **C** и **D** (**C₁** и **D₁**), координаты которых получают в результате ориентирно-соединительных съемок

Ось ствола можно вынести по створу направления **CD**, отложив расстояние **CO₁**.

$$CO_1 = \frac{CK}{\operatorname{tg} \beta},$$

$$CK = \Delta y \cos \alpha - \Delta x \sin \alpha,$$

$$\text{где } \Delta y = Y_C - Y_O; \Delta x = X_C - X_O;$$

$$\beta = \alpha_{CD} - \alpha;$$

α — дирекционный угол оси ствола (линии **OO₁**).

Точку **O₂** на оси ствола можно вынести, предварительно определив ее плановое положение. Для этого, задавшись расстоянием $d = OO_2$ по оси ствола, вычисляют ее координаты:

$$X_{O_2} = X_O + d \cos(\alpha + 180^\circ);$$

$$Y_{O_2} = Y_O + d \sin(\alpha + 180^\circ).$$

Решая обратную геодезическую задачу, определяют дирекционный угол и длину линии C_1O_2 . Точку O_2 выносят полярным способом с пункта C_1 , вычислив угол поворота β_2 .

$$\beta_2 = \alpha_{C_1 - D_1} - \alpha_{C_1 - O_2}.$$

Околоствольные двory современных шахт представляют собой сложную систему горных выработок разной протяженности переменного сечения и разных уклонов, включающие прямолинейные и криволинейные участки, связанные многочисленными сопряжениями в плане и по высоте. При сооружении околоствольного двора в натуру выносят все оси сопряжения этих выработок. Предварительно, до проведения горных выработок, должна быть проверена правильность всех размеров, указанных в проекте, и вычислены разбивочные элементы для перенесения в натуру характерных точек и осей горных выработок.

Для контроля и общей увязки схемы выработок околоствольного двора по материалам проекта составляют план выработок в масштабе 1: 200 с нанесением на него всех цифровых значений разбивочных элементов и размеров сопряжений, прямолинейных и криволинейных участков.

5.5. Маркшейдерские работы при проходке наклонных стволов

До начала сооружения наклонного ствола производят необходимое сгущение опорной сети. При разработке месторождений полезных ископаемых от пунктов опорной сети выносят в натуру и закрепляют постоянными знаками оси и центр ствола. Осевые знаки служат для установки в проектное положение рамы-шаблона. По мере проходки ствола в нем закладывают новые маркшейдерские пункты, которые служат для задания направления и контроля за возведением крепи.

При строительстве наклонных или эскалаторных тоннелей метрополитена требования к точности строительства выше. Наклонные эскалаторные тоннели и вестибюли являются главными сооружениями, связывающими станции глубокого заложения с поверхностью или подземными переходами. Размещаемые в наклонных тоннелях эскалаторы служат для спуска и подъема пассажиров, в вестибюлях располагают кассовый зал, контрольно-пропускные пункты и служебные помещения. Верхние площадки эскалаторов находятся на уровне тола вестибюля, а нижние, как правило, — на уровне станционных платформ.

К сооружениям эскалаторного подъема, помимо наклонного тоннеля, относятся машинное помещение приводных механизмов эскалаторов, располагаемое под вестибюлем, оголовков, связывающий наклонный тоннель с машинным помещением, и камера для размещения натяжных устройств эскалаторов, располагаемая в уровне подплатформенных помещений станции.

В наклонном тоннеле монтируют три или четыре эскалатора. Продольную ось наклонного тоннеля располагают под углом 30° к горизонту, а в плане почти всегда принимают совпадающей с продольной осью станции.

Вестибюли бывают наземные и подземные. На станциях с наземными вестибюлями эскалаторы поднимают пассажиров до уровня земной поверхности. Такие вестибюли сооружают в виде отдельно стоящих павильонов или располагают в первых этажах существующих или строящихся зданий. Помимо кассового зала и служебных помещений, вестибюли часто имеют специально выделенный эскалаторный зал. Подземные вестибюли устраивают при наличии подземных переходов, т. е. когда вестибюли должны принимать пассажиров с обеих сторон улицы либо с нескольких участков большой площади или сложных уличных пересечений.

Как все ответственные сооружения, пересекающие разнородные, в том числе неустойчивые обводненные грунты, и, следовательно, требующие надежной гидроизоляции, наклонные тоннели сооружают с обделкой из чугунных тюбингов. Такую же обделку в большинстве случаев имеют и натяжные камеры. С наклонными тоннелями они сопрягаются монолитной железобетонной конструкцией с металлоизоляцией или специальными веерными кольцами.

Наружный диаметр обделки тоннеля для трех эскалаторов 7,5 м. Если эскалаторный тоннель имеет вентиляционный канал, то используют эллиптическую обделку из тех же тюбингов и двух дополнительных специальных тюбингов на каждое кольцо, устанавливаемых на уровне горизонтального диаметра и образующих вертикальную вставку высотой 0,6 м. Обделку четырехленточного наклонного тоннеля собирают из тюбингов наружным диаметром 9,5 м.

Сооружение эскалаторного тоннеля начинают с устройства котлована. Котлован разрабатывают с креплением стен до глубины 7—8 м, что позволяет собрать первое базовое кольцо обделки. На спланированном под углом 30° откосе дна котлована устраивают вогнутый бетонный лоток, являющийся основанием для первого кольца обделки и следующих за ним выше полуколец обделки.

Первое кольцо обделки собирают, как правило, под непосредственным контролем маркшейдера и надежно его закрепляют. Через отверстия для нагнетания в тюбингах предварительно пропускают анкеры, улучшающие связь тюбингов с бетоном. Для монтажа тюбингоукладчика собирают 8 — 9 полуколец, также раскрепляя их бетоном.

При наличии близко от поверхности земли грунтовых вод котлован разрабатывают до глубины, превышающей уровень грунтовых вод не менее чем на 0,5 м. На подготовленном основании собирают только полукольца. Первые полные кольца собирают впоследствии при помощи тюбингоукладчика. Часть этих колец является временной. В отдельных случаях полукольца оголовка собирают в другом порядке — сверху вниз. До бетонирования полукольца удерживают тязами, прикрепленными к балкам, уложенным на поверхности.

При высоком уровне грунтовых вод для устройства временного оголовка применяют водопонижение или другие специальные методы работ. Эти методы работ используют обычно в увязке с производством работ по сооружению машинного помещения.

При проходке наклонных тоннелей заходки делают: при ширине кольца 1 м на одно кольцо обделки, а при ширине кольца 0,75 м на одно или два кольца в зависимости от устойчивости грунтов.

Для задания направления эскалаторному тоннелю от знаков опорной сети выносят и закрепляют два — три знака на проектной оси наклонного тоннеля и на ближнем к тоннелю знаке —

нормаль к ней. Направление тоннелю задается при помощи теодолита, установленного на знаке, фиксирующем положение оси (рис. 5.5).

Знаки на оси закладывают вне зоны деформации грунта с расчетом, чтобы была взаимная видимость между ними, а также с каждого из них на два-три полигонометрических знака. Вычисляют координаты осевых знаков и отметки оси тоннеля над ними:

$$H_B = H_A + D \cdot \operatorname{tg} \gamma,$$

где H_A — проектная отметка точки A ;

γ — угол наклона тоннеля.

Для выноса центра кольца теодолитом необходимо вычислить величину h — разность отметок визирного луча теодолита и оси тоннеля:

$$h = H_B - H_A - i,$$

где i — высота инструмента.

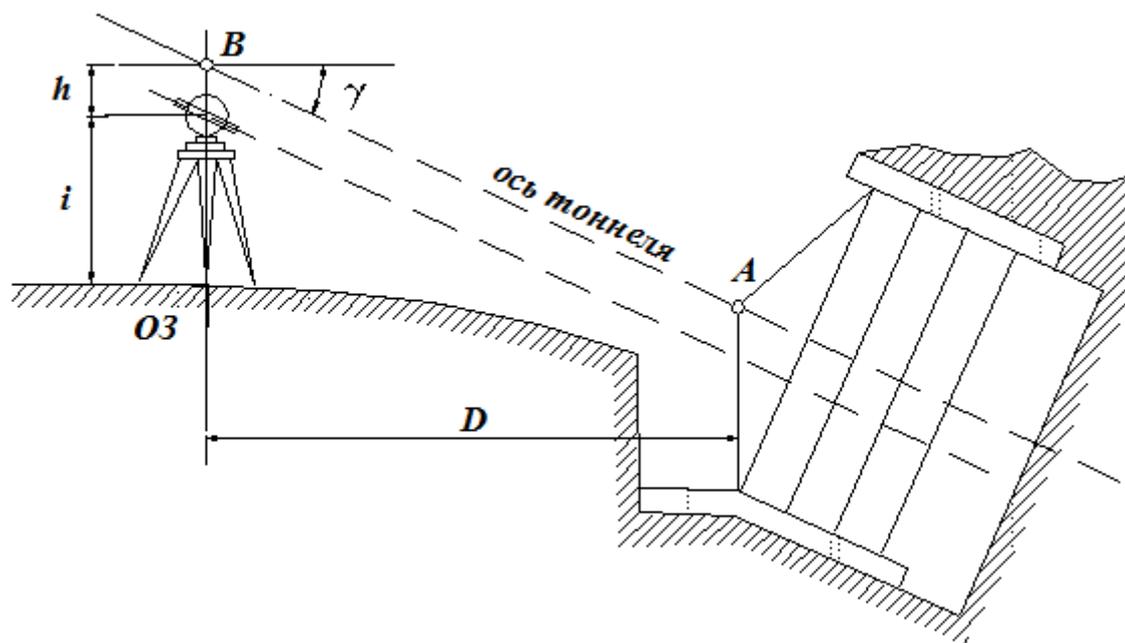


Рис. 5.5

Для упрощения расчетов при установке колец тоннельной обделки и яоблегчения работ рекомендуется использовать специальный маркшейдерский столик (рис. 5.6). Применение маркшейдерского

столика предусматривает установку визирного луча теодолита или указателя направления непосредственно на оси тоннеля.

Маркшейдерский столик должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Конструкция его должна быть жесткой, изолированной от площадки наблюдателя и окружающих механизмов.
2. Визирная ось прибора, установленного на столике, должна совпадать с проектной осью тоннеля.
3. Со столика должна быть видимость на две-три точки, одна из которых фиксирует направление наклонного тоннеля.
4. Место установки прибора должно быть зафиксировано на плите столика.

До начала строительных работ производят контрольное определение центра столика от знаков полигонометрии и сравнивают полученные результаты с проектными значениями. Расхождения не должны превышать ± 3 мм.

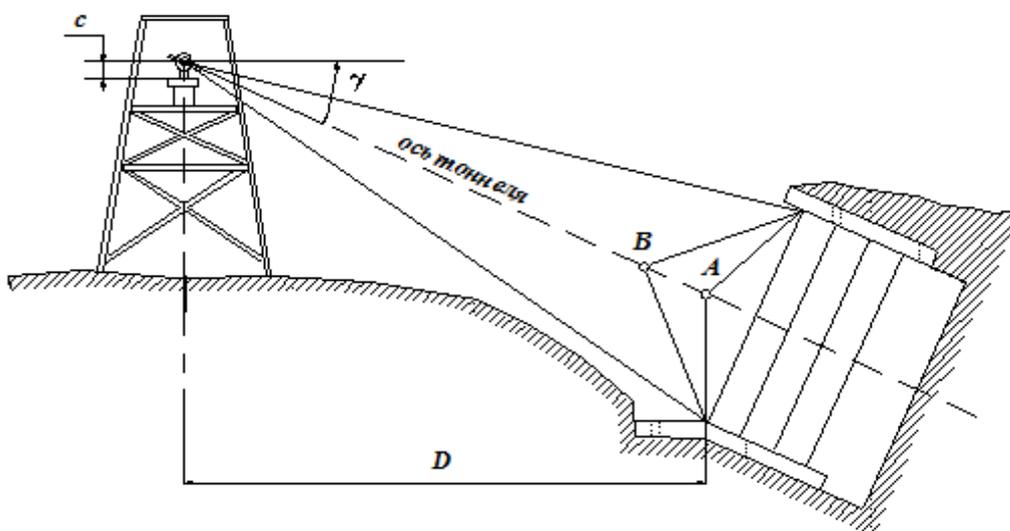


Рис. 5.6

Проектные координаты центра маркшейдерского столика определяют по формулам:

$$Y_{\text{ПР}} = Y_A + D \sin \alpha;$$

$$X_{\text{ПР}} = X_A + D \cos \alpha;$$

$$H_{\text{ПР}} = H_A + D \operatorname{tg} \lambda - c,$$

где Y_A, X_A — проектные координаты точки **A** (точки перегиба наклонного тоннеля);

D — расстояние от точки **A** до центра столика;

α — дирекционный угол наклонного тоннеля;

c — расстояние от столика до визирной оси прибора.

Сооружение наклонного тоннеля начинается с устройства оголовка, в котором монтируются несколько первых колец обделки. Проверка положения первого кольца производится измерением восьми радиусов от точки, закрепленной на оси тоннеля.

Отклонения первых уложенных колец от проектного положения должны удовлетворять требованиям, представленным в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование отклонений	Величина отклонений, мм
Отклонение диаметров кольца от проектного размера	± 10
Отклонение радиусов от проектного положения	± 5
Отклонение длин образующих от расчетных значений	± 5
Смещение центра кольца от проектной оси	± 5
Горизонтальное и вертикальное опережение плоскости кольца	± 10

В процессе дальнейшей проходки тоннеля и монтажа обделки контролируют положение каждого кольца. Отклонение диаметров кольца от проектного размера не должно превышать ± 50 мм.

6. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве трасс метрополитенов

6.1. Построение основных точек трассы

Трассой называется линия, соответствующая оси линейного сооружения — дороги, ЛЭП, канала, тоннеля и т. д. Комплекс работ по выбору положения трассы с учетом технико-экономических условий ее сооружения называется трассированием. Если положение трассы выбирают по топографическим планам или аэрофотоматериалам, то трассирование называют камеральным. Перенос проекта трассы на местность с уточнением ее окончательного положения называется полевым трассированием.

При проектировании трассы метрополитена определяют условия строительства, глубину заложения линии (мелкое или глубокое заложение), обеспечение сохранности архитектурных и исторических памятников, места расположения станций и пересадочных узлов и т. д.

Основными данными для проектирования трассы служат:

- начальный и конечный пункты трассы;
- предельный уклон;
- минимальный шаг проектирования;
- минимальный радиус закругления;
- фиксированные точки, требующие обхода или максимального приближения.

От начального до конечного пунктов проектными организациями может быть предложено несколько вариантов трассы. На окончательный выбор положения трассы влияет стоимость и время строительства, а также социальные аспекты.

Предельный уклон устанавливается в зависимости от вида трассы, поскольку для железнодорожного транспорта будут одни требования, а для линии электропередачи другие. Эти величины для каждого вида трассы регламентируются соответствующими ведомственными инструкциями.

Минимальным шагом проектирования называется длина участка трассы одного направления. Для железнодорожного транспорта он зависит от длины и скорости движения состава. При строительстве метрополитенов минимальный шаг проектирования составляет 300—400 м, т. е. на этом расстоянии нельзя менять направления и уклоны трассы. Рекомендуется избегать участков со смежными уклонами путем вставки горизонтальных участков или разбивки вертикальных кривых.

Перемена направления трассы определяется углами поворота. Углом поворота трассы является угол с вершиной **ВУ**, образованный продолжением направления предыдущей стороны и направлением последующей стороны. При проектировании трассы железных дорог, трубопроводов и линий электропередач углы поворота не должны превышать 15—20°. Участки поворота трассы сопрягаются круговыми кривыми, представляющими собой дугу окружности определенного радиуса **R**. При проектировании автомобильных и железных дорог основное внимание уделяется обеспечению плавного и безопасного движения с учетом заданной предельной скорости. Для этого радиус и уклон трассы должны быть в пределах величин, представленных в таблице 6.1.

Минимально допустимый радиус круговой кривой при строительстве метрополитенов равен 500 м, иногда в особо трудных случаях величину минимального радиуса доводят до 300 м. наибольший уклон в тоннелях не должен превышать 0,040, а на открытых наземных участках — не более 0,035. Продольные уклоны тоннелей и станций метрополитенов в целях обеспечения беспрепятственного отвода воды не должны быть менее 0,030. При радиусах кривых менее 1400 м для плавного и безопасного движения состава с высокими скоростями применяют переходные кривые переменного радиуса.

Проектное положение трассы определяется на двух основных графических документах — геометрической и укладочной схемах.

На **геометрической схеме** трассы даются все плановые данные, необходимые для перенесения проекта в натуру. Она составляется в масштабе 1:1000.

Таблица 6.1

Категория дороги	Характеристика дороги	Максимальный уклон, %	Наименьший радиус кривизны, м		
			горизонтальный	вертикальный	
				выпуклый	вогнутый
Автомобильные дороги					
I	Общегосударственная	30	1000	2500	8000
II	Республиканская	40	600	1500	5000
III	Областная	50	400	1000	3000
IV	Районная	60	250	5000	2000
V	Местного значения	70	125	2500	1500

Железные дороги				
I	Общегосударственная	15	1200	10 000
II	Районная	15	800	10 000
III	Местного значения	20	600	5 000

Данные, определяющие положение трассы в профиле, указываются на **укладочной схеме**, которая составляется в масштабе 1:2000.

Перенос проекта трассы на местность производят по координатам ее главных точек от пунктов маркшейдерско-геодезической основы либо по данным привязки к контурам местности.

Построение трассы на местности начинают с выноса и закрепления временными знаками начала трассы, точки первого угла поворота, последующей вершины угла и так далее до конечной точки трассы. На полученных прямых участках ломаной линии при помощи теодолита колышками со сторожками отмечают положение оси трассы примерно через 200 — 400 м.

При полевом трассировании иногда приходится изменять направление трассы, изменять углы поворота, если это приведет к уменьшению объема работ и улучшению размещения трассы исходя из реальной обстановки. Установив окончательное положение трассы, по ее оси прокладывают теодолитный ход, для определения координат точек трассы и производят подготовку к нивелированию.

Перед началом нивелирования приступают к разбивке пикетажа. Трасса разбивается на участки — пикеты по 100 м каждый. Начало трассы обозначают нулевым пикетом **ПК 0**, следующий **ПК 1** и так далее до конца трассы. Кроме пикетов отмечают положение характерных точек местности по оси трассы — пересечения с дорогами, ручьями, линиями связи, резким изменением рельефа. Положение этих точек определяется пикетажными значениями. Например, запись **ПК10 + 41,20** означает, что точка находится на расстоянии 1041,20 м от начала трассы. Одновременно с разбивкой пикетажа производят съемку ситуации на расстоянии 20 — 50 м в каждую сторону от ее оси.

При изменении направления трассы разбивку пикетажа осуществляют по дуге сопрягающей кривой. Для этого определяют положение главных точек круговой кривой — ее начала **НК**, середины **СК** и конца кривой **КК** (рис. 6.1). Исходными данными для расчета положения главных точек круговой кривой являются угол поворота трассы θ и радиус кривой **R**.

Используя эти величины, определяют:

— длину касательной к кривой, которая называется **тангенсом**,

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2};$$

— длину круговой кривой

$$K = \frac{\pi \theta}{180^\circ} R; \quad K = \frac{\theta''}{\rho''} R;$$

— длину биссектрисы кривой

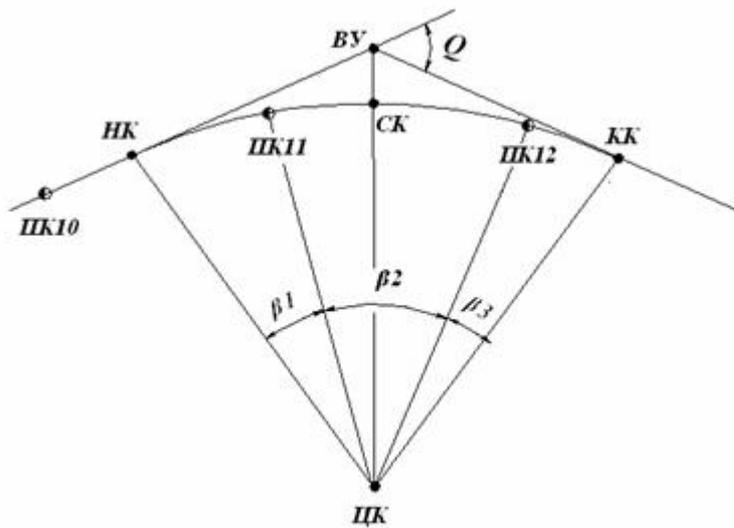


Рис. 6.1

$$B = R \left(\sec \frac{\Theta}{2} - 1 \right)$$

разность между двумя тангенсами и длиной кривой, называемую домером:

$$D = 2T - K.$$

Используя вычисленные элементы кривой, находят пикетажное значение ее главных точек **НК**, **СК**, **КК**. Вынесение на местность главных точек кривой производят в такой последовательности:

1. В точке поворота трассы

ВУ устанавливают теодолит и по створам направлений угла поворота откладывают величины тангенсов, и закрепляют положение начала **НК** и конца кривой **КК**.

2. Откладывают угол $(180^\circ - \Theta) / 2$, и по полученному направлению на расстоянии равном биссектрисе **Б**, фиксируют положение середины кривой **СК**.

Координаты целых пикетов на круговой кривой вычисляют через ее центр. Для этого определяют центральные углы β_i :

$$\beta_i'' = \frac{\check{S}_i}{R} \rho''$$

где \check{S}_i — длина дуги.

Длину дуги \check{S}_i находят как разность пикетажа начала кривой **НК** и определяемого пикета.

Координаты центра кривой вычисляют от точки ее начала, для чего предварительно определяют дирекционный угол линии

НК — ЦК:

$$\alpha_{НК-ЦК} = \alpha_{НК-ВУ} + 90^\circ;$$

$$X_{ЦК} = X_{НК} + R \cdot \cos \alpha_{НК-ЦК};$$

$$Y_{ЦК} = Y_{НК} + R \cdot \sin \alpha_{НК-ЦК}.$$

Для контроля определяют координаты центра кривой через конец кривой *КК*:

$$\alpha_{КК-ЦК} = \alpha_{ВУ-КК} + 90^\circ;$$

$$X_{ЦК} = X_{КК} + R \cdot \cos \alpha_{КК-ЦК};$$

$$Y_{ЦК} = Y_{КК} + R \cdot \sin \alpha_{КК-ЦК}.$$

Если радиус круговой кривой меньше 1400 м, то для создания плавного перехода с прямого участка и обратно применяют переходные кривые. Переходные кривые вписываются относительно точек *НК* и *КК* согласно расстояниям *a* и *a₁*, показанным на рис. 6.2, и имеют форму радиоидальной спирали переменного радиуса *r*:

$$r = \frac{C}{l} = \frac{Av^2}{gil},$$

где *C* — параметр переходной кривой;

l — расстояние от начала переходной кривой до определяемой точки;

A — ширина пути;

g — ускорение силы тяжести;

v — скорость движения;

i — принятый угол наклона переходной кривой.

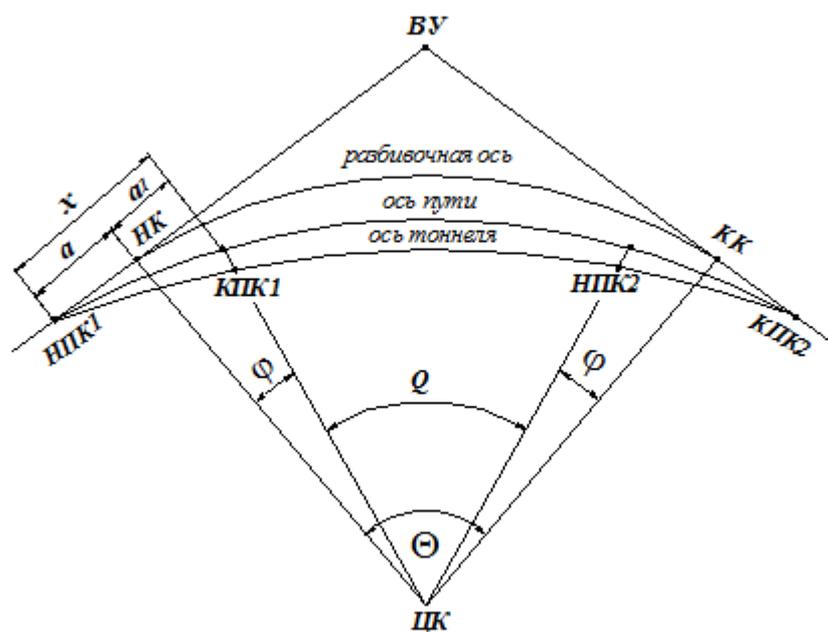


Рис. 6.2

Применение переходных кривых требует смещения оси пути от разбивочной оси на величину z к центру кривой. Величина смещения может быть определена по формулам:

$$z = \frac{L^3}{24C} + \frac{13L^7}{2688C^3} \text{ или } z = \frac{L^2}{24R},$$

где L — длина переходной кривой.

Переходные кривые располагаются приблизительно симметрично точкам $НК$ и $КК$. Расстояния до $НПК$ и $КПК$ по линии тангенсов рассчитываются по формулам:

$$a = \frac{L}{2} + \frac{L^5}{60C^2};$$

$$a_1 = \frac{L}{2} - \frac{L^5}{24C^2}.$$

Координаты $НПК_1$ и $КПК_2$ вычисляются решением прямой геодезической задачи. За исходные данные принимаются координаты $НК$ и $КК$, дирекционные углы линий тангенсов, длина a . Координаты $КПК_1$ и $НПК_2$ оси пути вычисляются через центр кривой:

$$\alpha_{ЦК-КПК1} = \alpha_{ЦК-НК} + \varphi;$$

$$\alpha_{\text{ЦК-НПК 2}} = \alpha_{\text{ЦК-КК}} - \varphi;$$

$$\varphi'' = \frac{L^2}{2C} \rho''.$$

Чтобы уравнять нагрузку от подвижного состава, движущегося по кривой, наружный рельс

устанавливается выше внутреннего на величину h (рис. 6.3), определяемую по формуле:

$$h = 12,5 \frac{v^2}{R}$$

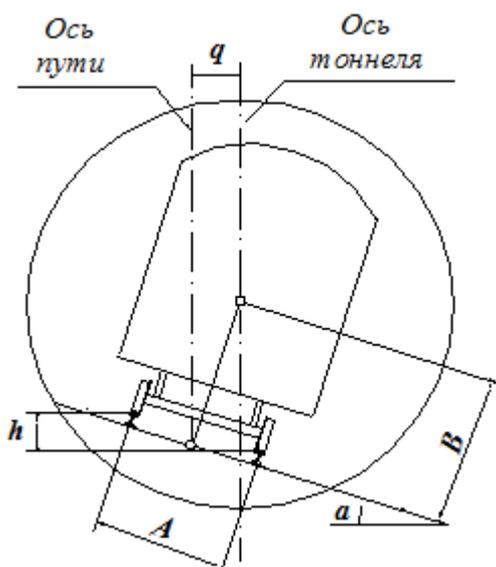


Рис. 6.3

При движении состава на кривых участках в тоннеле необходимо, чтобы вагон в наклонном положении располагался симметрично относительно оси тоннеля. Поэтому ось тоннеля смещается от оси пути на величину q по направлению к центру кривой:

$$q = h \frac{B}{A},$$

где B — расстояние между головкой рельсов и центром тоннеля;

A — расстояние между осями рельсов.

6.2. Детальная разбивка кривой

При выносе трассы в натуру главных точек кривой оказывается не достаточно, это приводит к необходимости проводить детальную разбивку переходной и круговой кривых. Для этого применяют различные способы, суть которых заключается в получении положения точек так часто, чтобы кривую между ними можно было принимать как прямую. При строительстве тоннелей и метрополитенов определение положения точек на кривой производят через 2 м. При строительстве других объектов предпочитают пользоваться более длинными отрезками величиной 5, 10, 20 м, что приводит к значительному уменьшению объема разбивочных работ.

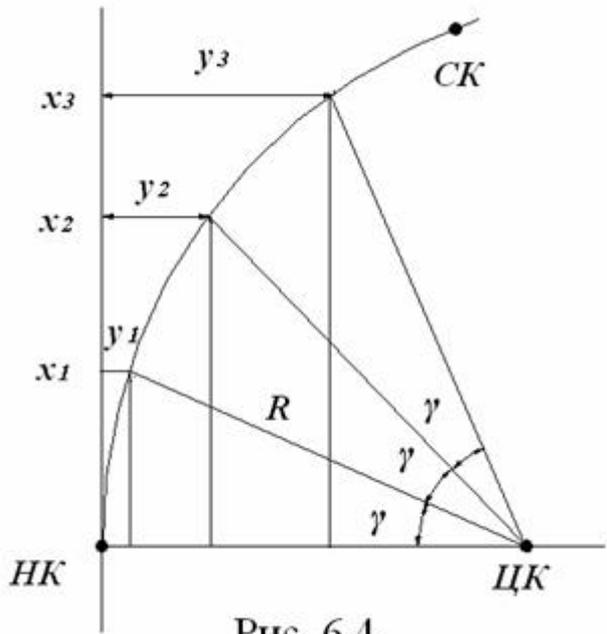


Рис. 6.4

Наиболее распространенными при детальной разбивке кривой являются способы:
 — прямоугольных координат;
 — полярный;
 — продолженных и стягивающих хорд.

Выбор того или иного способа зависит от параметров и условий трассы на участке поворота.

Способ прямоугольных координат (рис. 6.4) состоит в том, что за ось абсцисс принимают линию тангенса, линию **НК — ЦК** за ось ординат, точку **НК** за начало координат.

Разбивка круговой кривой ведется от начала и конца к ее середине. Для вычисления координат x_i и y_i предварительно находят центральный угол γ , соответствующий заданной дуге l . Иногда для удобства длину дуги l выбирают из расчета, чтобы ее величина на отрезке **НК — СК** уложилась без остатка, т. е. целое число раз:

$$\gamma = \frac{360^\circ}{2\pi R} l = \frac{180^\circ}{\pi R} l$$

Решая прямоугольный треугольник, получают:

$$x_i = R \sin \gamma,$$

$$y_i = R - R \cos \gamma = R (1 - \cos \gamma), \text{ или}$$

$$y_i = 2R \sin^2 \left(\frac{\gamma}{2} \right).$$

При детальной разбивке переходной кривой пользуются формулами:

$$x_i = l_i - \frac{l_i^3}{40C^2}; y_i = \frac{l_i^3}{6C} - \frac{l_i^7}{336C^3},$$

где l_i — длина кривой от начала переходной кривой до точки i ;

C — параметр переходной кривой.

Точки на кривой выносят в следующем порядке. По линии тангенса откладывают абсциссы x_1, x_2, x_3 . Из полученных точек в перпендикулярном направлении откладывают y_1, y_2, y_3 . Этот способ дает точные результаты, так как положение любой точки определяют независимо от других, и, следовательно, не происходит накопления ошибок. Его используют для детальной разбивки кривых на открытых ровных участках трассы, позволяющих производить разбивки от линии тангенса.

Полярный способ заключается в использовании зависимости углов $\gamma/2, \gamma, \dots$, образованных линией тангенса и секущими **AB, AC, ...**, проходящими через равно отстоящие точки 1, 2, ... круговой кривой от длин соответствующих этим углам хорд s (рис. 6.5, а).

Вынос точек кривой осуществляется после определения длины хорды s . Для этого определяют центральный угол γ :

$$\gamma = 2 \arcsin \frac{s}{2R}$$

Для определения положения точки **1** на кривой от линии тангенса при помощи теодолита откладывают угол $\gamma/2$, и в створе направления **AB** при помощи мерного прибора выносят расстояние, равное длине хорды s . Положение точки **2** получают по створу направления **AC**, отложив угол γ от линии тангенса, и вынесения расстояния s от точки **1**. Аналогичным образом определяют положение остальных точек кривой.

Недостатком данного способа является накопление погрешностей при выносе длины хорды по мере продвижения работ.

Способ продолженных хорд заключается в определении положения выносимых точек круговой кривой линейными засечками (рис. 6.5, б). В начале определяют положение первой точки любым из вышеописанных способов.

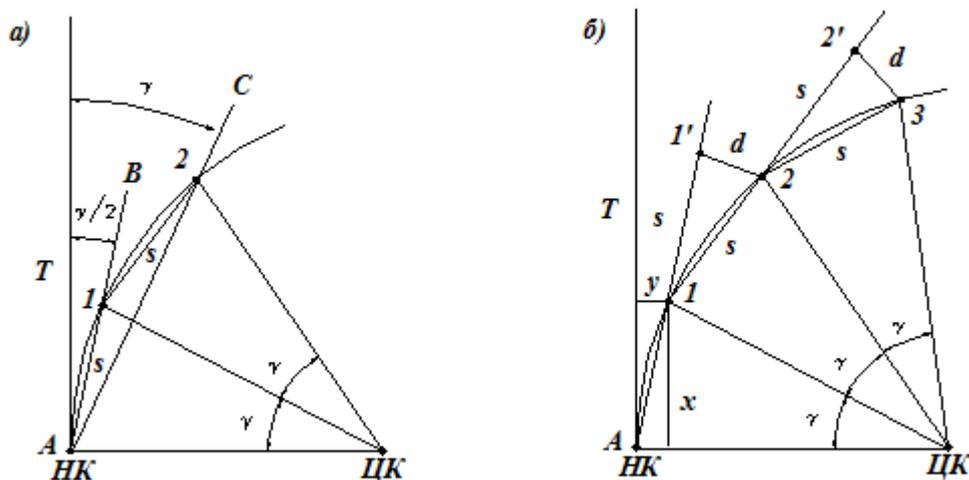


Рис. 6.5

Далее фиксируют вспомогательную точку **1'** на продолжении линии **A — 1**, откладывая расстояние s . Точку **2** получают, откладывая расстояние s от точки **1** и расстояние $d = s^2/R$ от точки **1'**. На продолжении линии **1-2** фиксируют вспомогательную точку **2'** и при помощи линейной засечки получают точку **3** от точек **2** и **2'**. Подобным образом получают положение всех остальных точек.

Недостаток способа продолженных хорд тот же, что и у полярного.

Способ стягивающих хорд заключается в разбивке кривых от линии хорды (рис. 6.6). В этом способе определяют стрелы прогиба оси кривой относительно стягивающих хорд через определенные интервалы и разбивочные углы между стягивающими хордами.

Стрелой прогиба называют расстояние по нормали от хорды до кривой.

Величина стрелы прогиба b ; переходной кривой от линии хорды до оси тоннеля определяется по приближенной формуле:

$$b_i = l_i \operatorname{tg} \eta \text{ — } (y_i + q_i),$$

где l_i — расстояние по хорде от начала переходной кривой;

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{Y + q_i}{X};$$

$$Y = \frac{L^3}{6C} - \frac{L^7}{336C^3}; \quad X = L - \frac{L^5}{40C^2};$$

$$y_i = \frac{l_i^3}{6C} - \frac{l_i^7}{336C^3}; \quad q_i = q \frac{l_i}{L}.$$

Разбивку в пределах круговой кривой производят от одной или нескольких хорд. Количество стягивающих хорд на круговой кривой определяется из расчета максимального значения стрелы прогиба на участке круговой кривой b_{\max} .

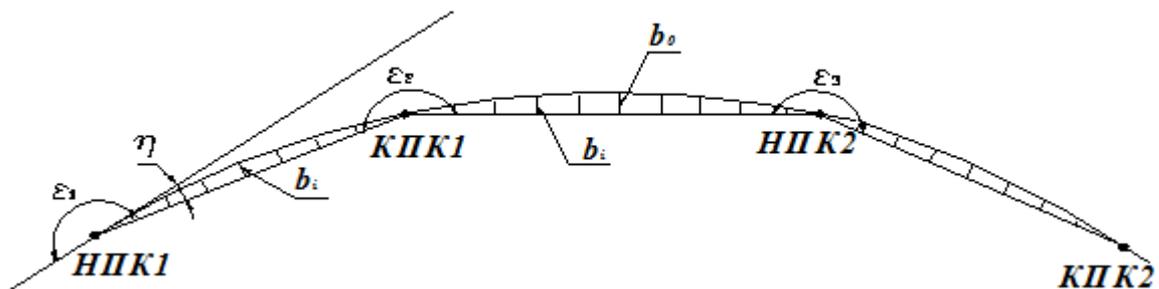


Рис. 6.6

Определяется приближенная длина дуги по формуле:

$$\tilde{s} \approx 2.8 \sqrt{b_{\max} \cdot R_T}.$$

Полная длина кривой на участке $КПК_1$ — $НПК_2$:

$$K_T = \frac{Q''}{\rho''} R_T.$$

Количество хорд на участке круговой кривой:

$$n' = \frac{K_T}{\tilde{s}}.$$

Окончательное значение n количества полных хорд одинаковой длины на участке круговой кривой принимается равным ближайшему целому числу, большему n' .

Центральный угол γ , соответствующий длине хорды на участке круговой кривой, равен:

$$\gamma = \frac{Q}{n}.$$

Длина хорды рассчитывается по формуле:

$$s = 2R_T \cdot \sin \frac{\gamma}{2}.$$

Вычисление стрелы прогиба на участке круговой производится по приближенным формулам:

$$b_i = b_0 - \frac{s_i^2}{2R};$$

$$b_0 = \frac{s^2}{8R}.$$

Вычисления разбивочных углов:

$$\varepsilon_1 = 180^0 + \eta;$$

$$\varepsilon_2 = 180^0 + \frac{\gamma}{2} + (\varphi - \eta);$$

$$\varepsilon_3 = 180^0 + \gamma.$$

полученных расчетных значений стрел прогиба на переходной кривой и одной из хорд круговой кривой, а также разбивочных углов ε_1 , ε_2 , ε_3 достаточно для разбивки оси тоннеля всего криволинейного участка ввиду симметричности расположения переходных кривых и равенства хорд на участке круговой кривой.

6.3. Неправильные пикеты

Линии метрополитена, как правило, сооружают двумя параллельными тоннелями. По ходу строительства их различают как правый и левый тоннели (рис. 6.7). Для удобства сооружения и эксплуатации принято в тоннелях метрополитена пикетам присваивать одинаковые номера. Пикеты располагают так, чтобы линия, их соединяющая, была перпендикулярна к осям тоннелей.

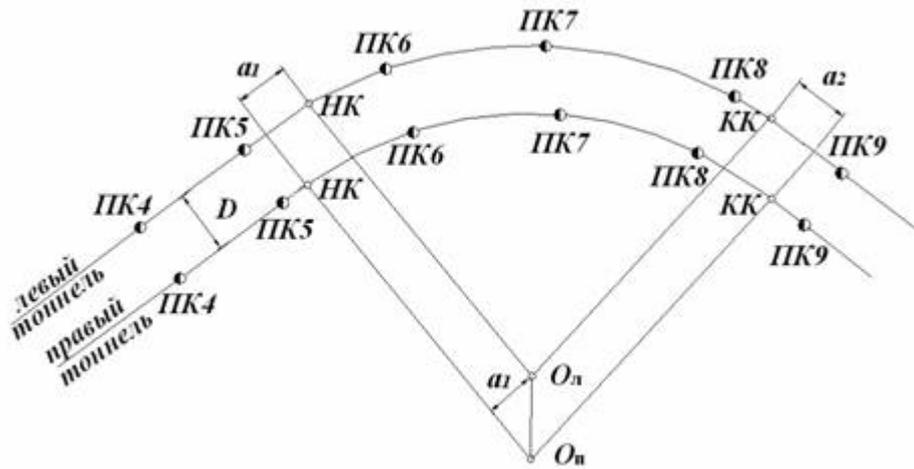


Рис. 6.7

На участках поворота трассы длины и радиусы круговых кривых в правом и левом тоннелях проектируются одинаковыми. Поэтому на оси пути внутреннего тоннеля между радиусами уложится меньшее число пикетов, чем на оси внешнего. Это приводит к тому, что одноименные пикеты правого и левого тоннелей не будут расположены на одном перпендикуляре к оси пути. Для того, чтобы после выхода трассы тоннелей на прямой участок одноименные пикеты опять находились на одном перпендикуляре, прибегают к введению неправильных пикетов, длины которых могут быть больше или меньше 100 м.

Отклонение длины неправильного пикета от 100 м определяется величиной a :

$$a = a_1 + a_2;$$

$$a_1 = a_2;$$

$$a_1 = D \operatorname{tg} \frac{\theta}{2};$$

$$a = a_1 + a_2 = 2D \operatorname{tg} \frac{\theta}{2};$$

где D — расстояние между осями путей.

Величину a вводят только в последний пикет левого пути на участке круговой кривой (пикет 7-8). Иногда величину a делят пополам и вводят с разными знаками как в пикет левого, так и в пикет правого пути.

6.4. Расчет вертикальной кривой

Для разбивки трассы в вертикальной плоскости исходным материалом служит продольный профиль трассы, состоящий из ряда ломаных линий, сопряженных между собой вертикальными кривыми. Сопряжение участков с различными уклонами круговыми кривыми производят для обеспечения плавности оси пути в вертикальной плоскости.

После выноса и закрепления на местности трассы производят контрольное нивелирование всех ее характерных точек. Одновременно отмечают и нивелируют главные точки вертикальных кривых.

Основными элементами вертикальных кривых являются:

1) тангенс вертикальной кривой
$$T = \frac{R}{2} (i_2 - i_1),$$

где $(i_2 - i_1)$ — алгебраическая разность смежных уклонов;

2) биссектриса вертикальной кривой
$$B = \frac{R (i_2 - i_1)^2}{8} = \frac{T^2}{2R};$$

3) длина кривой
$$K = \frac{R \alpha''}{\rho''}; \alpha = \arctg (i_2 - i_1).$$

Для перехода с одного уклона на другой применяются вертикальные кривые большего радиуса (5000 — 10 000 м), поэтому при таких значениях радиуса длина кривой практически равна двум тангенсам:

$$K \approx 2T.$$

На продольном профиле указываются абсолютные отметки целых пикетов и точек перелома профиля, а также пикетаж точек перелома. Уклоны считаются положительными на участках подъема и отрицательными на участках спуска по ходу трассы. Расчет проектных отметок головки рельсов вычисляют на реже, чем через 10 м на прямолинейных участках и не реже, чем через 2 — 4 м на участках вертикальных кривых.

На прямолинейном участке высотная отметка каждой определяемой точки вычисляется как сумма исходной отметки плюс произведение уклона прямолинейного участка на разность пикетажа исходной отметки и текущей точки:

$$H_i = H_o + l \cdot i.$$

Проектные отметки точек, лежащих на вертикальной кривой, определяются по формуле:

$$H_K = H_T \pm \Delta H; \Delta H = \frac{l_i^2}{2R},$$

где H_T — абсолютная отметка точки, лежащей на линии тангенса;

ΔH — удаление точки вертикальной кривой от линии тангенса;

l_i — расстояние от начала вертикальной кривой до определяемой точки.

Для выпуклых кривых величина ΔH отрицательна, а для вогнутых — положительна.

7. ПОДЗЕМНАЯ ПЛАНОВО-ВЫСОТНАЯ ОСНОВА

7.1. Построение подземной плановой основы

Подземная планово-высотная основа для строительства тоннелей и метрополитенов, как и на земной поверхности, представляет собой совокупность надежно закрепленных знаков с известными координатами. Координаты этих пунктов определяются методами полигонометрии и нивелирования и служат для решения всех маркшейдерских задач, связанных с возведением тоннельных сооружений.

Развитие подземной полигонометрии осуществляется по мере сооружения тоннеля. Сначала это будут полигоны с короткими сторонами, и по мере увеличения длины тоннеля соответственно будут увеличиваться длины сторон полигонометрии и точность измерений для определения координат полигонометрических знаков.

В зависимости от характера выработки или типа крепи тоннеля, которая называется обделкой, знаки могут быть различных видов.

В настоящее время применяют несколько основных типов обделки. Это сборная металлическая или железобетонная обделка, состоящая из отдельных чугунных или железобетонных сегментов, называемых тубингами, и монолитная.

В тоннелях со сборной железобетонной или монолитной обделкой знаки закладываются на уровне путевого бетона, либо в кровле выработки или в своде сооружения. Знак представляет собой металлический стержень, который бетонируется в пробуренной в обделке скважине. В тоннелях с чугунной обделкой знаки закладываются на уровне головки рельсов. Для такого вида обделки знаком является точка, высверленная и зачеканенная медью на площадке, запиленной на ребре жесткости или борте тубинга.

Предусматриваются также особые требования к местам размещения пунктов подземной основы. Знаки полигонометрии закрепляются на кривых участках трассы — с внешней стороны кривой, т. е. со стороны возвышенного рельса, а на прямых участках: в тоннелях метрополитена — с внешней стороны относительно оси междупутья, в одиночных тоннелях — с любой стороны.

Нумерация знаков для всей сооружаемой трассы должна быть единой и не должна иметь повторений, возрастающих по ходу пикетажа. Принято знакам левого тоннеля присваивать нечетные номера, а для правого — четные. На каждый закрепленный знак в отдельном журнале составляется его описание и привязка к характерным точкам сооружения. В тоннеле рядом со знаком яркой краской подписывается его номер, по которому, имея описание, несложно определить его местоположение.

Если тоннель имеет выход на поверхность, передача координат на пункты подземной полигонометрии осуществляется путем непосредственного примыкания к пунктам наземной маркшейдерско-геодезической основы. В противном случае производится ориентирование через вертикальные выработки. Передачу координат в тоннель для избежания ошибок производят независимо дважды. При отсутствии значительных расхождений берутся средние значения дирекционных углов и координат пунктов, если погрешность передачи дирекционного угла превышает $\pm 20''$ измерения, и вычисления повторяют заново.

Принадлежность знака к тому или иному виду подземной полигонометрии зависит от принятой методики и точности производимых измерений и вычислений его координат.

При проходке тоннелей средней протяженности до 1 км прокладывают полигонометрию двух видов:

- а) рабочую подземную полигонометрию со сторонами от 25 до 50 м;
- б) основную подземную полигонометрию со сторонами от 50 до 100 м.

Для основной подземной полигонометрии новые знаки, как правило, не закладывают. Для этого используют знаки рабочей подземной полигонометрии. При такой схеме каждая вторая — третья точка рабочей основы включается в ход основной подземной полигонометрии.

При длине односторонней проходки более 1 км дополнительно прокладывают главные ходы с более длинными сторонами 150-200 м и более, используя, как правило, при этом знаки основной подземной полигонометрии. В тоннелях длиной порядка 4-6 км прокладывают главный полигонометрический ход со сторонами 600-800 м. На прямых участках трассы, с целью уменьшения влияния боковой рефракции на результаты угловых измерений, смежные знаки располагают на разных сторонах тоннеля.

Во всех случаях прокладки главных ходов в тоннелях угловые и линейные измерения производятся многократно (не менее двух раз), одновременно и в максимально благоприятных условиях.

Схема основной подземной полигонометрии, по возможности, должна предусматривать создание непрерывной цепи треугольников.

При наличии параллельных тоннелей ходы подземной полигонометрии связываются между собой через поперечные соединительные выработки.

При сооружении тоннелей небольшой протяженности можно ограничиваться прокладкой только рабочего полигонометрического хода.

Во всех случаях определения координат знаков висячем ходе, угловые и линейные измерения производятся независимо дважды и одновременно.

Линейные измерения и их точность

Линейные измерения производятся так же, как и на поверхности. Для этого используются стальные компарированные рулетки, мерные проволоки или электронно-оптические приборы.

Разность между значениями измерений длины линии рулеткой в прямом и обратном направлениях не должна превышать:

- 2 мм — для линий короче 25 м;
- 3 мм — для линий от 25 до 50 м;
- 4 мм — для линий от 50 до 80 м.

Измерения производят при постоянном натяжении, с учетом поправок за температуру и превышение концов мерного прибора. При длинах линий свыше 80 м относительная разность между значениями, полученными в прямом и обратном направлении не должна превышать 1:20 000 при

измерении рулеткой, и 1:30 000 — при измерении проволокой. Если длина линии полигонометрии превышает длину мерного прибора, то по створу направления ее разбивают на отдельные пролеты. Каждый пролет измеряют при трех положениях мерного прибора. Погрешность в измерении не должна превышать: 2 мм — для рулетки и 0,8 мм — для проволоки.

Линейные измерения и их точность

Линейные измерения производятся так же, как и на поверхности. Для этого используются стальные компарированные рулетки, мерные проволоки или электронно-оптические приборы.

Разность между значениями измерений длины линии рулеткой в прямом и обратном направлениях не должна превышать:

2 мм — для линий короче 25 м;

3 мм — для линий от 25 до 50 м;

4 мм — для линий от 50 до 80 м.

Измерения производят при постоянном натяжении, с учетом поправок за температуру и превышение концов мерного прибора. При длинах линий свыше 80 м относительная разность между значениями, полученными в прямом и обратном направлении не должна превышать 1:20 000 при измерении рулеткой, и 1:30 000 — при измерении проволокой. Если длина линии полигонометрии превышает длину мерного прибора, то по створу направления ее разбивают на отдельные пролеты. Каждый пролет измеряют при трех положениях мерного прибора. Погрешность в измерении не должна превышать: 2 мм — для рулетки и 0,8 мм — для проволоки.

Угловые измерения и их точность

При измерении углов в ходах подземной полигонометрии допускается использование любых типов современных теодолитов. Технической инструкцией предусматриваются различные методики измерений углов для соответствующих видов подземной полигонометрии. Измерение углов в ходах подземной полигонометрии производится в соответствии с требованиями, представленными в табл. 7.1.

При расположении полигонометрического знака в нижней части тоннеля производится оптическое центрирование теодолита и сигнала. Шнуровые отвесы используют при отсутствии оптического центрира у теодолита и при расположении полигонометрического знака в верхней части выработки. В случаях использования шнуровых отвесов для центрирования теодолита или сигнала должны быть приняты меры по ограждению отвеса от влияния воздушной струи.

При измерении углов способом повторений в первом полуприеме измеряют левый по ходу угол, а во втором — правый по ходу. Отклонение суммы углов от 360° не должно превышать ±12".

Таблица 7.1

Вид полигонометрии	Тип теодолита	Количество повторений	Количество приемов	Количество круговых приемов	Расхождения отсчетов на нач. направл. при замыкании	Колебания направл., привед. к нулю
--------------------	---------------	-----------------------	--------------------	-----------------------------	---	------------------------------------

Рабочая	30-секундный	-	-	3	1"	1"
	T-2 и ему равноточные	-	-	2	10"	15"
Основная со сто- ронами 50 м	30-секундный	4	2	-	-	-
	T-2 и ему равноточные	-	-	3—4	8"	10"
Основная со сто- ронами 100 м	T-2 и ему равноточные	-	-	4—6	8"	10"
Главные ходы со сторонами 150—400 м	T-2 и ему равноточные	-	-	6—9	8"	10"
Главные ходы со сторонами более 400 м	T-1 и ему равноточные	-	-	6—9	5"	7"
Примечание. Допуски для колебания направлений, приведенных к нулю, относятся к измерениям, произведенным при одном положении центрира.						

По окончании первой половины программы измерений на станции производится проверка правильности центрирования инструмента и визирных целей.

Расхождения между значениями направлений, измеренными при разных центрировках, не должны превышать:

12" — при длинах сторон свыше 50 м;

20" — при длинах сторон от 25 до 50 м;

30" — при длинах сторон от 15 до 25 м.

Визирование производится на марки, шпильки, нити отвесов, отцентрированные над знаками.

При отсутствии видимости между знаками применяют внецентренный способ измерения углов.

На знаках, расположенных на концах короткой стороны, рекомендуется применять автоматическое центрирование, а взаимное визирование производить на подсвеченную сетку нитей второго инструмента, наведенного на первый, и обратно. Этот способ может применяться и при наличии двух коротких смежных сторон. В этом случае одновременно устанавливаются три теодолита.

Расхождения двукратных разновременных измерений углов не должны превышать:

15" — при сторонах короче 25 м;

10" — при сторонах от 25 до 50 м;

7" — при сторонах от 50 до 100 м;

5" — при сторонах свыше 100 м.

Угловые невязки в треугольниках основной полигонометрии не должны превышать:

± 8" — при однократно измеренных углах;

± 6" — при двукратном измерении.

Требования для измерения углов в главных ходах устанавливаются специальными расчетами. При длинах сторон главного хода до 400 м измерение углов производится теодолитами типа Т-2 шестью-девятью приемами. При сторонах более 400 м для измерения углов применяют теодолиты секундной точности. Измерение производится шестью-девятью приемами.

В настоящее время на российском рынке представлен широкий спектр электронно-оптических приборов, позволяющих производить угловые и линейные измерения с высокой точностью. Такие приборы представляют собой как относительно простые, так и полностью автоматизированные и роботизированные системы, в которых реализованы последние достижения в области механики, оптики и электроники. Встроенное программное обеспечение позволяет непосредственно в полевых условиях производить обработку результатов наблюдений, вычисление площадей и разбивочных элементов, автоматически учитывать поправки, сохранять во внутренней памяти до 10 тыс. точек наблюдения. В таблице 7.2 представлены технические характеристики некоторых из таких приборов. Более подробно характеристики различных моделей тахеометров, применяемых в современном строительстве, даны в приложении 2.

Таблица 7.2

Параметры	ЗТa5 (УОМЗ)	Geodimeter 650M	PowerSET 1010	Elta S20 Spase
Точность угловых измерений, с	5	1	1	3
Точность измерений расстояний, мм	5 + 3 мм/км	1 + 1 мм/км	2 + 2мм/км	2 + 2мм/км
Максимальное расстояние, м	1200	2500	3500	2500
Внутренняя память, точек	PCM CIA	1000	2000	PCM CIA

Вычисление подземной полигонометрии

Обработка подземной полигонометрии начинается с контроля записей в журнале угловых и линейных измерений. Далее производят введение поправок в измеренные длины линий, вычисление невязок, уравнивание сетей и оценку точности положения пунктов.

Для наглядного представления составляется схема полигонометрии, на которую выписываются все результаты измерений.

Вычисление углов в рабочей и основной полигонометрии ведется с точностью до целых секунд. В главных ходах средние результаты округляются до 0,5", а при измерении углов теодолитами секундной точности — до десятых долей секунды. В длинах линий, приращениях и координатах получаемые результаты округляются до целых миллиметров.

Если подземная полигонометрия строится треугольниками, то вычисление координат вновь определяемого знака производится ходом между ранее определенными знаками, проходящим через короткую и длинную стороны треугольника.

При построении подземной полигонометрии в виде цепочки треугольников передача дирекционных углов и расчет координат осуществляются через различные линии двумя ходами. При наличии главного хода основная передача дирекционного угла и координат на конечный знак полигонометрии производится по нему.

По этим двум-трем независимым передачам определяются дирекционный угол и координаты полигонометрических знаков, ближайших к забою. Полученные значения уточняются по мере получения дополнительных данных в результате ориентирно-соединительных съемок.

При соединении тоннелей метрополитена через поперечные выработки, проложенные в двух смежных тоннелях, полигонометрические ходы взаимно замыкаются, угловая невязка теперь определяется во вновь полученном полигоне. Она не должна превышать:

$$\pm 6'' \sqrt{n'} \text{ - при однократно измеренных углах;}$$

$$\pm 4'' \sqrt{n'} \text{ - при двукратном измерении;}$$

здесь n' — число углов в полигоне.

Относительная линейная невязка в этих полигонах не должна превышать 1:25000. При периметре полигона менее 250 м абсолютная невязка не должна превышать 10 мм.

При проходке тоннеля встречными забоями на месте сбойки выбирается узловый знак. В качестве дирекционного угла узловой линии и координат узлового знака принимают значения, равные их средним значениям, полученным по данным ориентирования, выполненного по каждому из двух тоннелей, а также из ориентирования, выполненного по методу через два вертикальных ствола.

При проходке тоннеля догоняющим забоем узловым знаком может служить один из знаков полигонометрии в середине хода.

Дальнейшее уравнивание ходов, проложенных между начальным и узловым знаками, можно выполнить упрощенным способом.

Все маркшейдерские работы по определению положения путейских реперов в метрополитенах и железнодорожных тоннелях могут выполняться только от окончательно уравненных координат знаков подземной полигонометрии.

Уравнивание систем полигонометрических ходов и определение погрешностей в определении координат пунктов в настоящее время производят на ЭВМ по программам, реализующим раздельное уравнивание дирекционных углов и координат. Несмотря на это все вычислительные операции должны контролироваться в две руки.

По окончании работ по строительству данного тоннеля или участка метрополитена должен быть составлен каталог подземной маркшейдерской основы для всех постоянных знаков. Помимо каталога составляются схема расположения и описание знаков.

7.2. Определение положения полигонометрических знаков относительно проектных точек трассы

Вынос проекта в натуру и решение всех последующих задач, связанных с контролем возведения сооружения, маркшейдер производит от полигонометрических знаков. Поэтому всегда необходимо знать положение проектных точек сооружения относительно знаков маркшейдерской основы.

В проекте трассы указываются координаты пикетов или каких-либо других характерных точек, расположенных на осях сооружения. Для определения положения полигонометрических знаков относительно запроектированных пикетов необходимо вычислить величины, называемые пикетажем Δ и смещением δ .

Пикетажем Δ называют расстояние по оси сооружения от проектной точки трассы (**ПК**) до полигонометрического знака (**ПЗ**).

Смещением δ называют расстояние от полигонометрического знака (**ПЗ**) до проектной оси.

Вычисление величин δ и Δ на прямых участках трассы производится решением прямоугольного треугольника (рис. 7.1):

$$\delta = l \cdot \sin \gamma;$$

$$\Delta = l \cdot \cos \gamma,$$

где γ — угол, получаемый как разность дирекционных углов проектной оси трассы и линии **ПК — ПЗ**, $\gamma = \alpha_{\text{ПК-ПЗ}} - \alpha_{\text{Пр}}$;

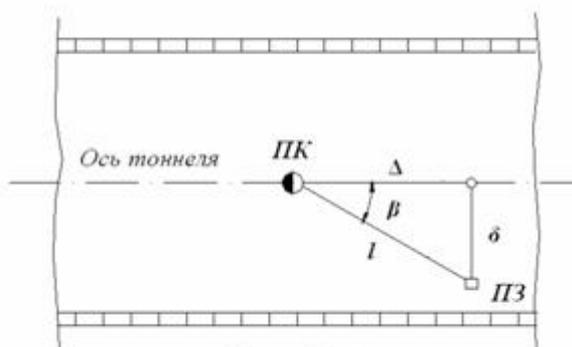


Рис. 7.1

l — расстояние между проектной точкой (пикетом) и полигонометрическим знаком, получаемое из решения обратной геодезической задачи,

$$l = \frac{Y_{\text{ПЗ}} - Y_{\text{ПК}}}{\sin \alpha_{\text{ПК-ПЗ}}} = \frac{X_{\text{ПЗ}} - X_{\text{ПК}}}{\cos \alpha_{\text{ПК-ПЗ}}}.$$

Произведя подстановку, получим:

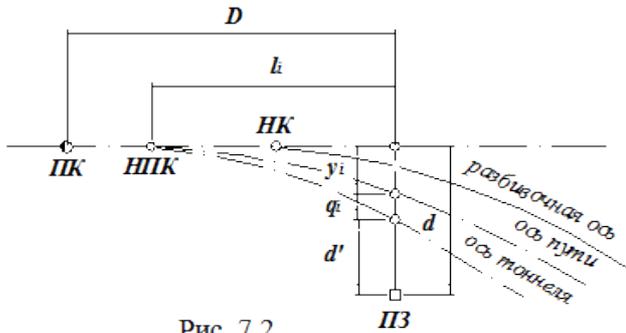


Рис. 7.2

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{Y_{ПЗ} - Y_{ПК}}{\sin \alpha_{ПК-ПЗ}} \cdot \sin(\alpha_{ПК-ПЗ} - \alpha_{ПР}) = \\ &= \frac{Y_{ПЗ} - Y_{ПК}}{\sin \alpha_{ПК-ПЗ}} \cdot (\sin \alpha_{ПК-ПЗ} \cdot \cos \alpha_{ПР} - \sin \alpha_{ПР} \cdot \cos \alpha_{ПК-ПЗ}) = \\ &= (Y_{ПЗ} - Y_{ПК}) \cos \alpha_{ПР} - \frac{(Y_{ПЗ} - Y_{ПК}) \cdot \sin \alpha_{ПР} \cdot \cos \alpha_{ПК-ПЗ}}{\sin \alpha_{ПК-ПЗ}}. \end{aligned}$$

В результате

$$\delta = (Y_{ПЗ} - Y_{ПК}) \cos \alpha_{ПР} - (X_{ПЗ} - X_{ПК}) \sin \alpha_{ПР}.$$

Проводя аналогичную подстановку для значения пикетажа, получаем

$$\Delta = (Y_{ПЗ} - Y_{ПК}) \sin \alpha_{ПР} + (X_{ПЗ} - X_{ПК}) \cos \alpha_{ПР}.$$

Эти формулы упрощают расчеты, но при их использовании необходимо обратить внимание на знаки приращений координат и проектного дирекционного угла оси трассы, которые могут отличаться между собой.

Если полигонометрический знак расположен на участке переходной кривой, то сначала вычисляют его удаление δ и пикетажное расстояние Δ относительно линии тангенса (рис 7.2)

Смещение полигонометрического знака δ' относительно оси тоннеля на участке переходной кривой определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \delta' &= \delta - y_i - q_i, \\ y_i &= \frac{l_i^3}{6C} - \frac{l_i^7}{336C^3}, \quad q_i = q \frac{l_i}{L}, \end{aligned}$$

где y_i — ордината переходной кривой на пикете полигонометрического знака;

q_i — смещение оси тоннеля от оси пути на том же пикете;

l_i — разность пикетажа полигонометрического знака и начала переходной кривой;

C — параметр переходной кривой;

L — длина переходной кривой.

Вычисленное по этой формуле смещение является приближенным значением. Расхождение между полученным и истинным значением может достигать 15 мм. Более точное значение смещения полигонометрического знака относительно оси тоннеля определяется по формуле

$$\delta' = (\delta \pm y_i) \cos \varphi \pm q_i,$$

$$\text{где } \varphi = \frac{l_i^2}{2C} \rho.$$

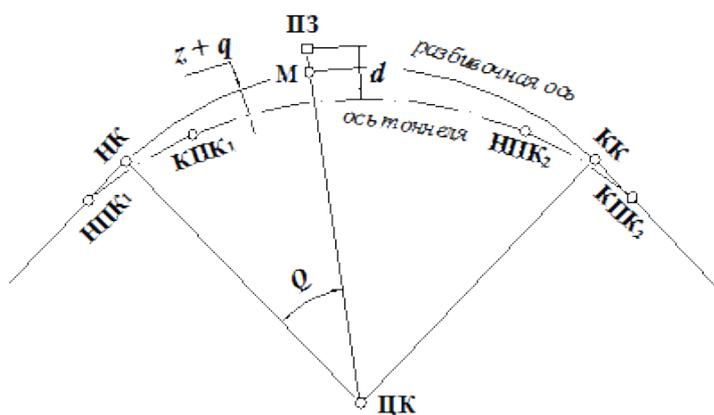


Рис. 7.3

Уточненное значение пикетажа полигонометрического знака относительно оси тоннеля определяется формулой

$$\Delta' = \Delta \pm \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

В вышеуказанных формулах для определения пикетажа и смещения полигонометрического знака на участке переходной кривой знак плюс применяют, когда полигонометрический знак находится с внешней стороны кривой, и знак минус, если с внутренней.

Удаление полигонометрического знака от оси тоннеля на участке круговой кривой (рис. 7.3) определяют по формуле: $\delta = R - (z + q) - E,$

где E — расстояние от центра кривой до полигонометрического знака, определяемое из решения обратной геодезической задачи.

Для получения пикетажа полигонометрического знака на участке круговой кривой вычисляют

$$S = \frac{P \cdot Q''}{\rho''},$$

длину дуги S по разбивочной оси от НК до точки М, пользуясь формулой: ρ'' , где Q'' —

центральный угол, полученный как разность дирекционных углов, $Q'' = \alpha_{\text{ЦК-ПЗ}} - \alpha_{\text{ЦК-НК}}.$

И далее определяют пикетаж полигонометрического знака по формуле

$$\text{ПК}_{\text{ПЗ}} = \text{ПК}_{\text{НК}} + S.$$

Контроль вычисления пикетажа полигонометрического знака на участке круговой кривой можно провести от конца круговой кривой (КК).

7.3. Подземная высотная основа

Высотная основа создается для обеспечения отметками перенесения проекта в натуру и сбоек подземных выработок и тоннелей в профиле.

Создание подземной высотной основы осуществляется путем передачи отметок с поверхности в подземные выработки и дальнейшего проложения нивелирных ходов в выработках, тоннелях и других строящихся подземных сооружениях.

В качестве исходных данных при передаче высот в подземные выработки принимаются отметки реперов нивелирования II класса и опорных ходов III класса на поверхности.

Методика проведения геометрического нивелирования в горных выработках принципиально не отличается от нивелирования, выполняемого на поверхности. Однако схемы нивелирования в подземных выработках отличаются большим разнообразием. Это связано с тем, что реперы могут располагаться как в верхней, так и в нижней части выработки.

Знаки подземной полигонометрии, как правило, являются и реперами подземной высотной основы, поэтому подземная высотная сеть по своему виду повторяет подземную полигонометрию.

Исходными данными для подземного нивелирования являются отметки реперов, на которые высота передана с поверхности.

Для нивелирования реперов в подземных выработках и тоннелях применяются точные нивелиры и соответствующие им по точности нивелирные рейки.

Нивелирование производится из середины, в прямом и обратном направлениях. Превышение на станции определяется из отсчетов по двум сторонам реек, а при наличии односторонних реек — при двух горизонтах нивелира. Расхождения в превышениях, определенных на станции по черным и красным сторонам реек или при двух горизонтах инструмента, не должны превышать 3 мм.

При нивелировании знаков, находящихся в своде тоннеля, нивелирную рейку устанавливают нулем вверх, и перед полученным отсчетом в журнале нивелирования ставят знак минус. Отметка репера, заложенного в кровле, определяется по формуле:

$$H_K = H_L + a - (-b),$$

где H_K — отметка репера, заложенного в кровле;

H_L — отметка репера, заложенного в лотке;

a — отсчет по рейке, установленной на лотковом репере;

b — отсчет по рейке, установленной нулевым концом к реперу в кровле.

После каждого подземного нивелирования полевые журналы проверяются в две руки. Составляется в крупном масштабе схема нивелирной сети, на которую выписывают (с округлением до миллиметров) средние превышения из прямого и обратного ходов, дату нивелирования и число штативов (станций). Превышения могут заноситься также в схему подземной полигонометрии, где они записываются зеленым цветом.

Нивелирные ходы в подземных выработках должны прокладываться замкнутыми полигонами. В случае проложения висячих ходов нивелирование должно вестись в прямом и обратном направлениях.

По мере замыкания нивелирных полигонов подсчитываются их невязки. Допустимые невязки в полигонах вычисляются по формуле

$$f_{\text{ндон}} = \pm 2\sqrt{n} \text{ мм},$$

где n — число штативов в полигоне.

Отметки подземных реперов, определяемые в результате первичного и всех последующих нивелировок, заносятся в каталог.

Для ходов подземного нивелирования, связанных с поверхностью непосредственно (через порталы или штольни), допустимая невязка определяется формулой

$$f_{\text{ндон}} = \pm 7\sqrt{L' + L} \text{ мм},$$

где L' — длина нивелирного хода в километрах в подземных выработках;

L — длина нивелирного хода в километрах на поверхности.

Если отметки исходных реперов были получены путем передачи через вертикальные выработки, допустимая невязка хода, проложенного между ними, определяется по формуле:

$$f_{\text{ндон}} = \pm \sqrt{49L' + 49L + h} \text{ мм};$$

$$h = (10 + 0,2H) \text{ мм},$$

где h — допустимая погрешность передачи высотной отметки по вертикальным выработкам;

H — глубина шахтного ствола в метрах.

По мере завершения строительства тоннелей производится окончательное нивелирование в прямом и обратном направлениях. Уравнивание системы ходов и полигонов подземного нивелирования выполняется по способу проф. В. В. Попова, методом узлов, а при небольших значениях невязок — упрощенным способом.

8. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТОННЕЛЕЙ

8.1. Маркшейдерские работы при сооружении тоннелей открытым способом

Тоннели метрополитена открытым способом сооружают в местах прохождения трассы под широкими уличными магистралями с относительно небольшим движением транспорта и в мало застроенных районах. Этот способ, по сравнению с подземным строительством, более экономичен, поэтому, если позволяют технические условия, предпочтение отдается ему. Как правило, это тоннели мелкого заложения.

Способ состоит в отрывке котлована шириной 11—13 м и глубиной до 15 м. В открытой местности с устойчивыми грунтами стенки котлована не укрепляют, в остальных случаях их закрепляют сваями или шпунтовым креплением. Укрепляют также расположенные поблизости фундаменты зданий для предохранения их от возможных деформаций.

все работы по возведению тоннельных конструкций выполняют в открытых котлованах, которые после завершения строительства засыпают грунтом. При строительстве метрополитена этими способами необходимо переключать подземные коммуникации, переносить из района строительства линии трамвая, троллейбуса и автобуса. Поэтому в последнее время при строительстве городских метрополитенов только мелкого заложения применяют комбинированный способ, при котором станции метрополитена возводят в котлованах открытым способом, а перегонные тоннели между станциями сооружают закрытым способом.

В число открытых способов сооружения тоннелей входят:

1. котлованный способ, состоящий в том, что на полную ширину и глубину будущего тоннеля сооружают котлован, стены которого оставляют без крепления (под углом естественного угла откоса грунта) или поддерживают временной крепью. обделку тоннеля сооружают в котловане, а затем засыпают грунтом.

2. траншейный способ, при котором котлован разрабатывают по частям. для устройства вертикальных стен тоннеля используют способ «стена в грунте» и передвижную металлическую крепь прямоугольного сечения (щит открытого способа) для крепления стен котлована и устройства тоннельной обделки.

В сложных инженерно-геологических условиях строительства -в водоносных песчано-глинистых грунтах, плывунах, в сильно трещиноватых скальных грунтах с большим притоком подземных вод — применяют специальные способы, целью которых является укрепление неустойчивых грунтов, ликвидация поступления воды или временное осушение грунтов. К числу таких специальных способов относятся: водопонижение, замораживание грунтов, применение сжатого воздуха (кессонный способ), цементация грунтов, химическое закрепление.

Наземные линии метрополитена, расположенные на поверхности земли или на эстакадах сооружают методами, применяемыми при строительстве железных дорог и мостов, позволяющими широко использовать высокопроизводительную землеройную технику для возведения земляного полотна, применять сборные железобетонные конструкции для устройства эстакад, вести работы широким фронтом.

Перед выносом проекта трассы в натуру предварительно производят сгущение опорной сети. Знаки рекомендуется закладывать не ближе 20 м от зоны возможной деформации в результате выемки грунта. Для этого производят рекогносцировку местности и намечают места закладки знаков, с условием удобства и минимальных погрешностей при разбивочных работах по выносу основных точек трассы.

В открытой местности предпочтение отдается триангуляции с целью уменьшения измерительных работ, а на застроенной территории прокладывают ходы полигонометрии. На знаки плановой основы, как правило, передают и высотные отметки.

Далее производят съемку поверхности участка трассы, материалы которой будут основой для подсчета объемов земляных работ и восстановления поверхности земли после сооружения тоннеля примерно в то же положение.

Выбрав способы производства разбивочных работ и определив разбивочные элементы, приступают к выносу в натуру основных точек трассы. Оси тоннеля на земной поверхности закрепляют

временными знаками, поскольку в процессе земляных работ они будут уничтожены. Постоянными знаками на начальном этапе строительства закрепляют смещенную ось трассы. Положение смещенной оси располагают и фиксируют вне зоны возможной деформации грунта в результате земляных работ. Выносятся также предусмотренные проектом линии забивки свай или шпунтовых рядов.

В зависимости от типа грунта расстояние между сваями колеблется в пределах 1,5—2,5 м. Сваи должны забиваться в грунт строго вертикально. В противном случае концы свай могут войти в габарит тоннеля. Поэтому допускается смещение линии забивки свай на 15—20 см с каждой стороны в сторону увеличения габарита котлована. Заглубление свай менее проектного положения не допускается. Для контроля планового и высотного положения свай производят маркшейдерскую съемку их концов на поверхности.

После выемки грунта на глубину до 2,5 м к сваям приваривают швеллерный пояс, на котором закрепляют металлические расстрелы. На расстрелы инструментально переносят и закрепляют положение осей тоннелей. Места закрепления осей маркируют яркой краской.

На кривых участках трассы разбивка более сложная, поскольку ось трассы заменяется ломаной линией хорд или секущих. Длины сторон ломаной линии рассчитывают в зависимости от величины радиуса кривой, которые составляют:

— для хорд $x = 2,8\sqrt{Rb}$;

— для секущих $c = 4,0\sqrt{Rb}$,

где R — радиус кривой;

b — стрела прогиба.

На участках переходных кривых выносят линии тангенсов или стягивающих хорд.

Высотные отметки в соответствии с проектным уклоном переносят от наземных реперов на сваи с обеих сторон котлована. Линии проектных уклонов отмечают краской в виде треугольников вершиной, направленных вниз. Положение верхнего основания треугольника должно соответствовать выносимой высотной отметке с точностью ± 10 мм. Линия, образованная основаниями треугольников, подписывается в зависимости от ее высотного положения. Надпись может быть такая: $H_n + 10,0$ м, где H_n — проектное высотное положение лотка тоннеля.

По мере углубления котлована выносятся новые линии проектных уклонов, последняя из которых должна соответствовать $H_n + 1,0$ м. Положение линии $H_n + 1,0$ м должно быть проверено от исходных высотных реперов на поверхности не менее двух раз.

Механическую выемку грунта прекращают, не доходя до проектной глубины котлована на 15—20 см. После этого нивелируют поверхность дна котлована и дают рекомендации для выемки оставшейся части грунта, которая производится вручную.

При устройстве котлована без крепления его стенок, положение осей на прямых участках или вершин хорд на криволинейных участках фиксируют временными знаками на дне котлована или на обноске. Высотные отметки передают на штыри или колья, закрепленные в дне или откосах котлована.

Перед монтажом обделки на стенках котлована в нескольких местах выносятся нормаль к оси тоннеля и определяется ее пикетажное значение. Сборная или монолитная обделка тоннеля

устанавливается на бетонную подготовку под лоток. Положение бетонной подготовки в плане контролируется от осевых знаков, закрепленных на расстрелах. Положение в профиле определяют от вынесенных отметок $H_n + 1,0$ или дополнительно забивают в грунт штыри или колья, верх которых должен соответствовать уровню бетона.

Если положение бетонной подготовки соответствует проектным параметрам, приступают к монтажу обделки тоннеля. Установку железобетонных лотковых блоков производят от закрепленной на расстрелах проектной оси и нормали к ней. При помощи отвесов и линейных промеров от оси устанавливают стеновые блоки, в верхние пазы которых монтируют блоки перекрытий.

При монолитной обделке тоннеля маркшейдеры контролируют положение опалубки под бетон и величину зазора между опалубкой и арматурой.

Сборка тоннелей производится также из цельно секционной обделки шириной 1 м. Установка секций производится при помощи кранов или с применением прямоугольных проходческих щитов. Перед установкой размеры готовых прямоугольных секций должны быть проверены путем контрольных промеров высоты, ширины и диагоналей.

После монтажа обделки в тоннель с расстрелов переносятся и закрепляются оси тоннеля, и по мере сооружения тоннелей в их лотковой части закладывают знаки маркшейдерской основы примерно через 40—50 м.

Места закладки знаков выбирают в соответствии с применяемой схемой развития полигонометрии на данном участке. Координаты на полигонометрические знаки передают от знаков на поверхности различными способами, в зависимости от технологической последовательности строительства и вида тоннельной обделки.

Допустимые отклонения при монтаже тоннельной обделки приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Наименование	Допустимая величина отклонения, мм
Бетонная подготовка (основание) тоннеля в плане	± 50
Бетонная подготовка (основание) тоннеля в профиле	± 20
Отклонение лотковых блоков в плане	± 25
Отклонение лотковых блоков в профиле	± 20
Отклонение стеновых блоков в плане	± 25
Отклонение стеновых блоков в профиле	± 25
Точность разбивки осей колонн, балок перекрытий и продольных прогонов	± 15
Отклонение стеновых блоков и колонн от вертикали не более 0,002 высоты, но не более	± 25
Вертикальное и горизонтальное опережения	± 25

До момента перекрытия тоннеля есть возможность передавать координаты методом микротриангуляции. При отсутствии прямой видимости координаты могут быть переданы путем проложения

полигонометрического хода, начало и конец которого должны опираться на ближайшие пункты опорной сети на поверхности. В отдельных случаях для передачи координат и ориентирования сторон полигонометрии осуществляют путем примыкания к отвесам, пропущенным в отверстия перекрытия тоннеля.

После засыпки грунтом готовых участков тоннеля и определения координат полигонометрических знаков с них проверяют положение осевых знаков. Осевые знаки в случае их допустимого отклонения от проектного положения используют при устройстве железнодорожного пути и оборудования.

8.2. Задание направления горным выработкам

Процесс проходки тоннеля заключается в разработке и выдачи на поверхность грунта и закреплении выработанного пространства временной или постоянной крепью.

Пространство, образовавшееся после разработки грунта и его удаления, называют горной выработкой. В зависимости от назначения горная выработка может называться: штольней, тоннелем, калоттой и др. Рабочее место, где ведут разработку грунта, — это забой выработки. Поверхность разрабатываемого грунта называют лбом забоя. В процессе производства работ забой по мере продвижения выработки перемещается вперед.

Конструкцию, устраиваемую для закрепления тоннельной выработки на период производства работ, называют временной крепью, а конструкцию, служащую для постоянного закрепления выработки, — постоянной крепью или обделкой.

Сооружение тоннеля начинают с проходки первых нескольких метров выработки, где впоследствии будет размещаться оборудование, необходимое для дальнейшей ее проходки и крепления.

До начала проходческих работ маркшейдерам необходимо задать направление рассечки, т. е. указать положение оси будущего тоннеля в плане и по высоте.

Внутренние размеры тоннельных сооружений метрополитенов устанавливают в соответствии с утвержденными Строительными нормами и правилами (СНиП) габаритами — предельными внешними очертаниями и размерами подвижного состава, а также постоянных сооружений и оборудования, размещаемых в тоннеле. Существует несколько габаритов.

Габаритом приближения строений называют предельный поперечный оси тоннеля контур, внутрь которого не должны входить никакие части строений (выступы обделки тоннеля, платформы, колонны и др.).

Габарит приближения оборудования — это предельное поперечное очертание, внутрь которого не должны входить никакие части оборудования, размещенного в тоннеле.

Габарит подвижного состава — это предельное поперечное очертание, в которое должен вписываться подвижной состав. Этот габарит учитывает все отклонения вагона при движении и вынос кузова на кривых участках пути.

При движении поезда в тоннеле метрополитена по прямой ни одна часть вагона не должна выходить за очертание габарита подвижного состава.

Габариты приближения строений и приближения оборудования устанавливаются с учетом необходимости расположения между ними устройств пути, освещения, электроснабжения и сантехники.

Кроме этого, габарит приближения строений учитывает допустимые по отношению к проектным размерам отклонения и деформации сооружений при строительстве и обеспечение прохода людей. Габариты приближения строений установлены для прямых и кривых участков пути. Типовые конструкции тоннельных обделок кругового и прямоугольного очертания обеспечивают вписывание габаритов приближения строений как на прямых участках пути, так и на кривых.

В зависимости от назначения выработки исходные данные для задания направления расчески могут быть получены графическим, графоаналитическим или аналитическим способом. Для этого используют проектные чертежи и координаты пунктов подземной полигонометрии.

Положение точки пересечения осей существующей и будущей выработок указывается в проектных чертежах (рис 8.1). Если координаты этой точки (**B**) не заданы как, например, для вспомогательных выработок, не связанных с трассой, то разбивочные элементы могут быть определены графически. Для этого транспортиром измеряют углы β_1 и β_2 и при помощи циркуля-измерителя и линейки с поперечным масштабом определяют расстояние **d** от ближайшего полигонометрического знака (**ПЗ 5 — B**).

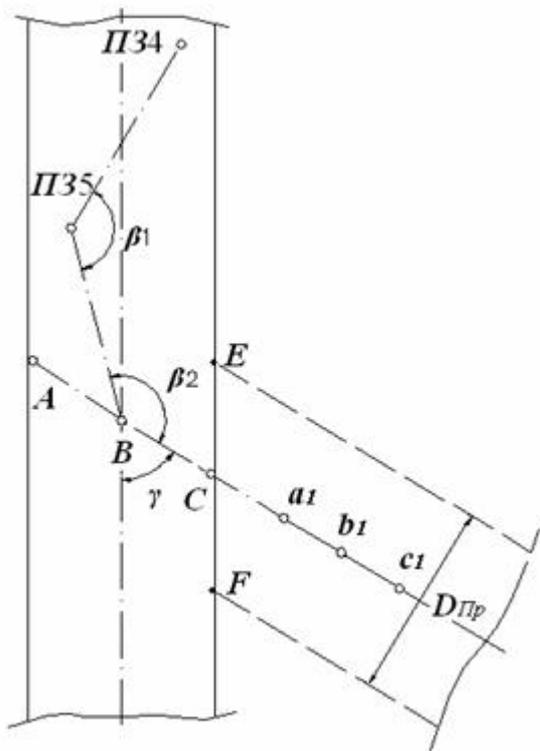


Рис. 8.1

Далее в тоннеле устанавливают теодолит на полигонометрическом знаке **ПЗ 5** и от направления на **ПЗ 4** откладывают угол β_1 . По полученному направлению откладывают расстояние **d** и фиксируют временным знаком точку **B** по возможности в кровле выработки (сводовой части тоннеля). Переносят теодолит на эту точку, приводят его в рабочее положение и от направления на **ПЗ 5** откладывают угол β_2 .

В месте расчески на заданной высоте отмечают положение оси выработки точкой **C** и ее габаритные размеры **EF**. Если выработки одинаковы по высоте, то точку **C** отмечают на уровне горизонтального диаметра (средней высоты), в противном случае учитывают разность высот их осей. Точки **E** и **F** получают, откладывая от точки **C** расстояния **l**:

$$l = \frac{D_{np}}{2 \sin \gamma},$$

где D_{np} — проектный диаметр (ширина) выработки;

γ — угол между осями выработок, определяемый по разности дирекционных углов.

С началом проходческих работ точка **C** будет уничтожена, поэтому направление закрепляют дополнительной точкой **A** у противоположной от расчески стенки выработки, откладывая угол $\beta_2 + 180^\circ$. Теперь линия, проходящая через точки **A** и **B**, обозначит временное направление оси проводимой выработки в горизонтальной плоскости. Этим направлением пользуются для проходки начальной части выработки не более чем на 8—10 м, после чего производят контрольные измерения для задания более точного направления. Для этого теодолит устанавливают на **ПЗ 5**, измеряют контрольный угол и расстояние d' , и сравнивают полученные значения с величинами β_1 и **d**. Если расхождения находятся в допустимых пределах, то на точке **C** вновь устанавливают теодолит, откладывают угол β_2 и по направлению визирного луча в кровле пройденной начальной части выработки последовательно от забоя к теодолиту через 1—3 м

закрепляют точки c_1 , b_1 и a_1 . Расположение в створе отвесов, закрепленных на вынесенных точках, будет подтверждением правильности вынесенного направления.

Створом заданного направления по отвесам, опущенным из точек a_1 , b_1 и c_1 , проходчики могут пользоваться до удаления забоя от последней точки c_1 на 20—30 м, после чего проводится проверка пройденной части выработки и осуществляется перенос направления ближе к забою.

С этой целью теодолит устанавливают в точке B и измеряют контрольный угол β_2 между направлением на ПЗ 5 и какой — либо из последних точек, указывающих направление проходки, например точкой c_1 , и сравнивают полученное значение с величиной β_2 . Во всех случаях разность между значением угла β и его измеренной контрольной величиной β' не должна превышать $1,5'$. Далее теодолит устанавливают в точке c_1 , визируют на точку B , откладывают угол 180° и по направлению визирной оси закрепляют вторую группу точек, в количестве не менее трех, в порядке, изложенном выше.

Последний отвес, закрепленный на вынесенных точках направления, должен находиться не далее 2—3 м от забоя. По мере продвижения забоя в выработке закладывают знаки полигонометрии, с которых производится контроль правильности вынесенного направления, и в случае необходимости делают соответствующие корректировки. Кроме этого, в процессе проходки маркшейдеры контролируют установку крепи, производят съемку положения крепи и контуров разработки грунта, ведут учет объемов выполненных основных строительных работ.

Разбивочные элементы для задания направления выработке в горизонтальной плоскости могут быть получены и графоаналитическим способом. Для этого по проектным чертежам графически определяют координаты точки B и, используя координаты ближайших полигонометрических знаков, рассчитывают величины разбивочных элементов. Так, решив обратную геодезическую задачу, определяют дирекционный угол линии ПЗ 5 — B и расстояние d . Разбивочные углы β_1 и β_2 получают из разности соответствующих дирекционных углов.

Направление проводимой прямолинейной горной выработке может быть задано лазерным указателем типа ЛУН или при помощи специальных световых насадок. В этом случае указатель направления устанавливают в точке A (рис. 8.1), лазерный луч ориентируют по направлению отвесов, опущенных с точек a_1 , b_1 и c_1 , которые выносятся при помощи теодолита по выше описанной методике. Прибор может быть установлен и у стенки выработки, например, около точки c_1 . Тогда в точке c_1 монтируют поворотную призму, при помощи которой лазерный луч ориентируют по направлению заранее установленных отвесов, опущенных со следующей серии точек, расположенных у забоя выработки. Расстояние от лазерного указателя направления до ближнего к нему отвеса должно быть не менее 25 м при длине луча до 300 м, и 50—100 м при длине луча 300—500 м.

Иногда из-за технологических особенностей проходки точки, указывающие направление горной выработки в горизонтальной плоскости, закрепляют не на фактической проектной оси, а по направлению параллельно смещенной оси. Методика задания направления в этом случае остается прежней, только обязательно дополнительно указывают расстояния от вынесенного направления до правой и левой стенок выработки.

При проведении криволинейного участка выработки ось круговой кривой заменяют хордами или секущими, по направлению которых и задают направление проходки. В случае замены оси хордам вначале определяют их минимальное количество n с таким расчетом, чтобы линия хорды проходила не ближе, чем на 0,2 м к внутреннему габариту выработки.

Определив минимально возможное количество хорд n , находят величину центрального угла φ для одной хорды и ее длину l :

$$\varphi = \frac{Q}{n};$$

$$l = 2R \sin \frac{Q}{2n},$$

где R — проектный радиус круговой кривой.

Углы поворота β (рис 8.2, а) в конечных и промежуточных точках вычисляются по формулам:

$$\beta_1 = 180^\circ + \frac{Q}{2n}, \quad \beta_2 = 180^\circ + \frac{Q}{n}$$

Получив необходимые данные, задание направления криволинейной выработке в горизонтальной плоскости осуществляют так же, как и для прямолинейного участка. Однако при этом расстояния от хорды до правой и левой стенок выработки будут различны.

Значения этих расстояний могут быть получены аналитически, путем вычислений, или для выработок, не связанных с трассой, могут быть определены графически.

В случае графического определения расстояний от хорды до стенок выработки составляется схема криволинейного участка в крупном масштабе 1:20 — 1:50 (рис. 8.2, б).

На схеме вычерчивают проектное положение оси и контуров выработки заданного радиуса, от точки начала кривой последовательно откладывают вычисленные величины хорд. Для контроля транспортиром измеряют углы поворота β и сравнивают с их вычисленными значениями. Далее через определенные расстояния (1—2 м) наносят параллельные линии перпендикулярно хорде и на схеме измеряют и подписывают расстояния от хорды до стенок выработки.

Перед началом проходки криволинейного участка маркшейдер в точке начала кривой (т. **1**) теодолитом задает направление первой хорды, откладывая угол β_1 . Используя приведенные на схеме расстояния от линии хорды, проходят первый участок выработки по линии **1** — **2**. Затем в точке **2** задают направление следующей хорды, откладывая угол β_2 , и, опять используя схему, продолжают проходку до точки **3**. Таким образом, последовательно задавая направления хордам и пользуясь расстояниями, указанными на схеме, осуществляют проходку криволинейного участка горной выработки.

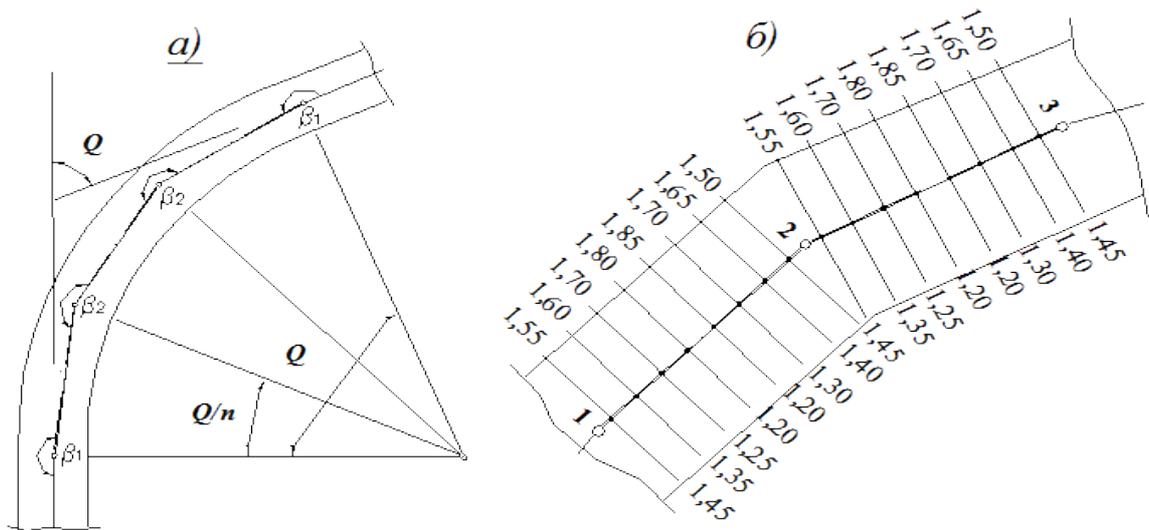


Рис. 8.2

Задание направления в вертикальной плоскости производят геометрическим или тригонометрическим нивелированием, а для выработок, не связанных с трассой, допускается применение различного рода шаблонов.

Реперы, обозначающие направление выработки в вертикальной плоскости, закрепляют парами на противоположных стойках крепи или стенках выработки. Боковые реперы устанавливают в количестве не менее двух пар, на расстоянии 2—5 м один от другого. Определение отметок выносимых реперов производят с учетом проектного уклона или угла наклона выработки и фактического расстояния от исходного репера. Перенос реперов направления к забою производят примерно через 40 м.

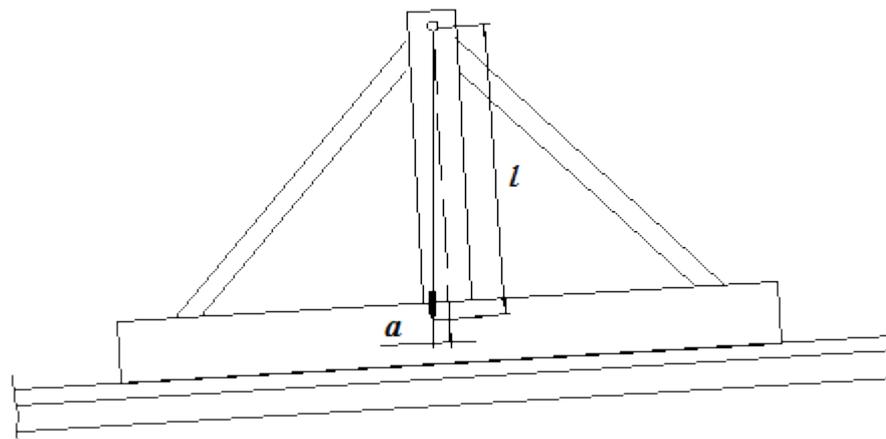


Рис. 8.3

Обязательно должно быть указано превышение отметок вынесенных реперов относительно отметок одного из проектных параметров — оси, почвы или кровли проводимой выработки. Если применяют лазерный указатель направления, то его луч одновременно с ориентированием по заданному направлению в горизонтальной плоскости устанавливают в вертикальной плоскости по проектному углу наклона или уклону.

В виде шаблона для задания направления горной выработке в вертикальной плоскости наиболее часто применяют ватерпас. Ватерпас (рис 8.3.) представляет собой брус длиной около 2 м, на котором перпендикулярно к нему укреплен стойка с отвесом. На бруске риской на расстоянии a отмечают положение отвеса при заданном проектном уклоне i . Величину a определяют по формуле:

$$a = i \cdot l,$$

где l — длина отвеса.

Ватерпас ставят на головку рельса откаточного пути, или на доску, уложенную на очищенную поверхность почвы, и по положению отвеса определяют уклон выработки.

Для выработок, проводимых по проводнику, например, по пласту полезного ископаемого, контуры которого четко видны в забое, задание направления в вертикальной плоскости не производится.

8.3. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТОННЕЛЕЙ С МОНОЛИТНОЙ И СБОРНОЙ ОБДЕЛКОЙ

При сооружении тоннелей и метрополитенов все разбивочные данные, необходимые для задания направления расчески, устройства обделки и дальнейшей проходки получают путем аналитических расчетов. Исходные данные для расчетов берут на проектных чертежах и маркшейдерских планах. На проектных чертежах указываются координаты пикетов и характерных точек тоннеля, расстояния и дирекционные углы между ними.

Перед заданием направления рассечке примерно на оси будущего тоннеля закладывают полигонометрический знак **ПЗ 5** и, произведя необходимые угловые и линейные измерения, определяют его координаты (рис 8.4). Используя проектные координаты точки **В (ПК 0)** и дирекционный угол оси сооружаемого тоннеля вычисляют смещение δ и пикетаж Δ полигонометрического знака **ПЗ 5**. Величину разбивочного угла β определяют из разности между дирекционными углами проектной оси тоннеля

и полигонометрическими знаками: $\beta = \alpha_{np} - \alpha_{n35-n34}$.

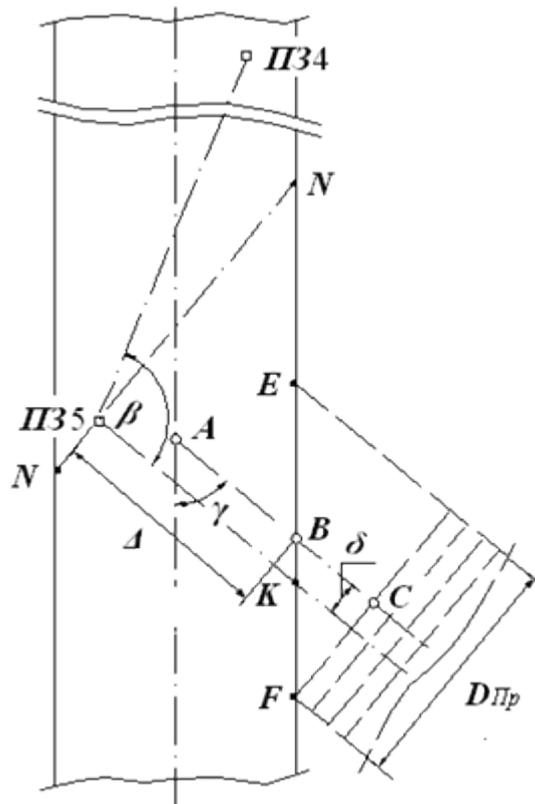


Рис. 8.4

Для выноса места рассечки устанавливают теодолит на полигонометрическом знаке **ПЗ 5**, приводят в рабочее положение, и от направления на **ПЗ 4** откладывают угол β . По направлению визирного луча теодолита отмечают положение смещенной оси (т. **К**), от которой выносят точки **Е** и **Ф** — габариты рассечки:

$$l_{KF} = \frac{r_{np} - \delta}{\sin \gamma};$$

$$l_{KE} = \frac{r_{np} + \delta}{\sin \gamma},$$

где l_{KF} и l_{KE} — расстояния от точки **К** до точек **Е** и **Ф**;

r_{np} — проектный радиус тоннеля;

γ — угол между осями выработок.

Если для сооружения тоннеля применяется комбайновая технология с монолитной обделкой, то задание направления дальнейшей проходки производится по вышеуказанной методике (гл. 8.1).

При сооружении тоннелей со сборной обделкой задание направления тоннелю сводится к расчету и выносу основных геометрических параметров, необходимых для монтажа первых (прорезных) колец в рассечке. При буровзрывном способе проходки в целях исключения переборков и соблюдения проектного очертания выработки обращают особое внимание на точность бурения оконтуривающих шпуров, располагая их равномерно по периметру выработки, и применяют технологию гладкого взрывания.

Для каждого забоя рассчитывают число шпуров и количество ВВ, на основе этого составляют паспорт буровзрывных работ, утверждаемый главным инженером строительной организации. При изменении геологических условий паспорт корректируют и утверждают вновь.

После разработки грунта и устройства временной крепи в рассечке маркшейдеры выносят и закрепляют продольную ось, проходящую через геометрический центр тоннеля и нормаль к ней.

Все разбивочные работы производят с полигонометрического знака **ПЗ 5** (рис. 8.4.). Нормаль **NN** выносится при полигонометрическом знаке путем отложения угла $\beta \pm 90^\circ$. Вынос продольной оси производят от направления смещенной оси с учетом смещения полигонометрического знака δ и ее проектной высотной отметки.

Для создания необходимой устойчивости монтируют три — четыре полных прорезных кольца. Монтаж начинают с укладки первых нижних (лотковых) сегментов. Для этого предварительно рассчитывают расстояние от полигонометрического знака (нормали) до передней плоскости первого полного кольца, отметки характерных точек кольца и расстояния до них от оси тоннеля (рис. 8.4).

Расстояние от **ПЗ 5** до первого полного кольца тоннельной обделки составит:

$$l_{NN-c} = | \Delta | + l_{BC};$$

$$l_{BC} = r_{np} \cdot ctg \gamma,$$

где Δ — пикетаж **ПЗ 5** относительно точки **В** (**ПКО**).

Величина полухорды определяется из выражения:

$$a_i = r_{np} \cdot \sin (\varphi_i / 2);$$

$$\varphi_i = Q \cdot n,$$

где φ_i — центральный угол, соответствующий определяемой хорде ($2a_i$);

n — количество сегментов (тюбингов), образующих центральный угол;

Q — центральный угол, образуемый одним сегментом (тюбингом).

Величина Q зависит от диаметра тоннеля и размеров составляющих его тюбингов.

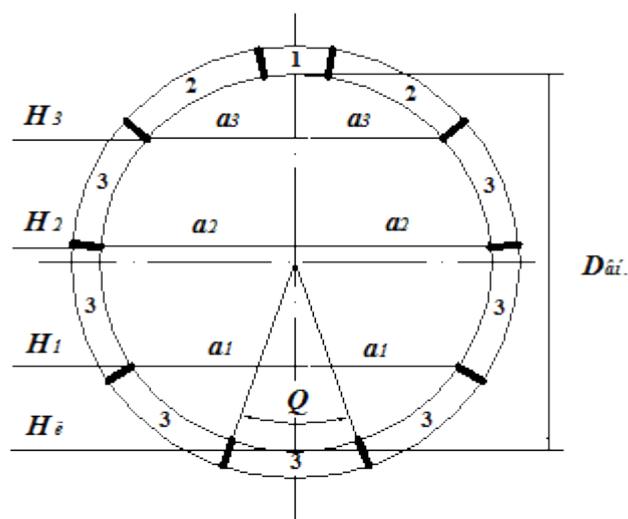


Рис. 8.5

При строительстве тоннелей метрополитенов применяют ряд типовых размеров сборной обделки. Обделку однопутных перегонных тоннелей в настоящее время собирают из отдельных колец с внутренним диаметром, равным 5,10 м. Такое кольцо (рис. 8.5), в свою очередь, состоит из 10 тубингов — одного замкового или ключевого (**1**), двух смежных (**2**) и семи нормальных (**3**). Раскладка, размеры тубингов и центральные углы, составляемые ими, задаются в проекте. Для замкового тубинга центральный угол составляет $9^{\circ}43'17''$, для остальных — $38^{\circ}55'08''$.

В проектных чертежах указываются высотные отметки центра или лотка кольца тоннельной обделки и перед его монтажом маркшейдерам необходимо вычислить высотные отметки характерных точек кольца относительно указанного проектного параметра.

Если задана отметка лотка (нижней части кольца), то вычисляют высотные отметки для следующих точек тоннельной обделки — центра, свода и хорд (стыков тубингов):

$$H_u = H_l + r_{np};$$

$$H_c = H_l + 2r_{np};$$

$$H_i = H_l + h_i,$$

где H_l, H_u, H_c, H_i — высотные отметки соответственно лотка, центра, свода и хорд;

r_{np} — проектный внутренний радиус обделки;

h_i — превышение отметок смежных тубингов относительно лотка,

$$h_i = r_{np} \pm \sqrt{r_{np}^2 - a_i^2},$$

где a_i — величина полухорды. В формуле знак плюс применяется для определения превышения отметок тубингов, находящихся над горизонтальным диаметром кольца, и минус — под ним.

При монтаже прорезных колец сборной обделки руководствуются допусками, представленными в таблице 8.2.

Таблица 8.2

Определяемые параметры	Допустимые
------------------------	------------

	отклонения, мм
Пикетное значение первого кольца	± 15
Величины полухорд	± 10
Отметки лотковых сегментов	+ 30
Величины радиусов	± 10
Разность отметок смежных сегментов (кручение)	± 10
Горизонтальное и вертикальное опережения	± 10

Смонтированные прорезные кольца надежно закрепляют и производят контрольные измерения для определения их фактического положения.

Задание направления дальнейшей проходки тоннеля не проводят, и маркшейдерские работы заключаются в контроле за установкой последующих колец сборной обделки. Дальнейшую проходку тоннеля и монтаж обделки производят по створу собранных прорезных колец.

При сооружении тоннелей со сборной обделкой на криволинейных участках для изменения направления трассы применяют клиновидные кольца или прокладки. Клиновидное кольцо в сечении представляет собой прямоугольную трапецию (рис. 8.6).

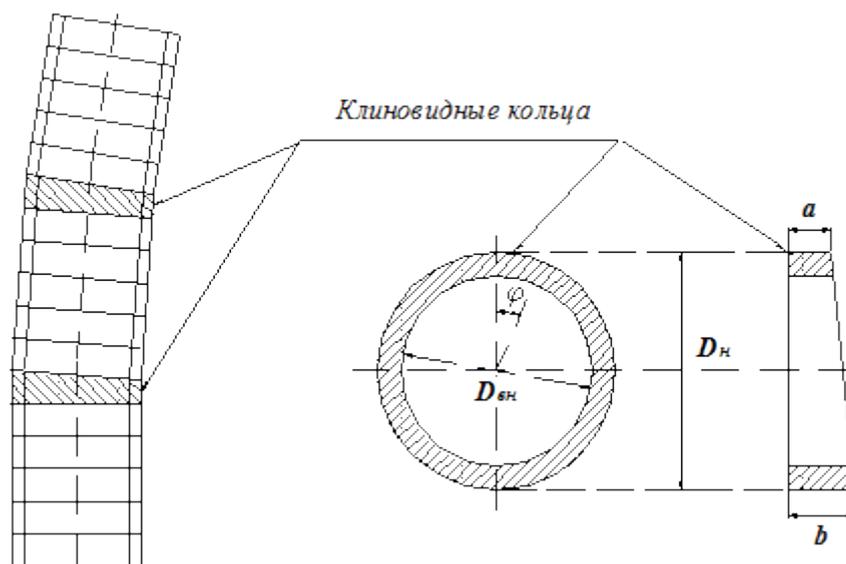


Рис. 8.6

Для каждого вида тоннельной обделки существуют свои параметры клиновидных колец и прокладок. В клиновидном кольце 12 сегментов, четыре из которых ключевые (замковые). Плоскости клиновидного кольца при их продолжении образуют определенный угол, который определяется по формуле:

$$\beta'' = \frac{a-b}{D_n} \rho''; \quad i = \frac{a-b}{D_n},$$

где **a** и **b** минимальная и максимальная ширина клиновидного кольца;

D_н — внешний диаметр кольца;

i — уклон, создаваемый клиновидным кольцом;

$$p'' = 206265.$$

Разность величин $a - b = t$ называют опережением клиновидного кольца. Опережение клиновидного кольца по перпендикулярному направлению диаметра равно нулю.

Для расчета величин опережения при укладке клиновидного кольца предположим, что диаметр с максимальным опережением t располагается вертикально (рис. 8.6). При повороте такого кольца вокруг своей продольной оси на определенный угол φ , вертикальное и горизонтальное опережения станут другими и определяются по формулам:

$$p = t \cdot \cos \varphi;$$

$$q = t \cdot \sin \varphi.$$

Угол φ отсчитывается по часовой стрелке от направления, принятого за начальное, и изменяется от 0° до 360° . Знаки величин p и q указывают направление опережения. Если величина p имеет знак плюс, то свод кольца опережает лоток. Положительное значение величины q указывает на то, что правая сторона кольца опережает левую сторону, и наоборот.

Передняя плоскость каждого укладываемого кольца должна опережать плоскость предшествующего на величину

$$c = l \frac{D_n}{R},$$

где l — ширина укладываемых колец;

D_n — внешний диаметр обделки;

R — радиус кривой.

Число необходимых клиновидных колец на кривой зависит от ее радиуса и длины. Количество клиновидных прокладок на кривой n определяется по формуле:

$$n = \frac{Q''}{\beta''},$$

где Q'' — величина центрального угла кривой;

β'' — угловая величина, создаваемая клиновидной прокладкой.

Расстояние между двумя смежными клиновидными кольцами определяется по формуле:

$$L = \frac{t \cdot R}{D_n}$$

Расчеты, связанные с применением клиновидных прокладок на участке поворота трассы, выполняются в таком же порядке. Для этого необходимо знать опережение и угол или уклон, создаваемый клиновидной прокладкой.

Для вертикальных кривых количество клиновидных прокладок определяется делением алгебраической разности величин двух смежных уклонов на величину уклона, создаваемого одной прокладкой.

8.4. Контроль монтажа тоннельной обделки

Маркшейдерские работы, связанные с контролем монтажа сборной обделки, производятся от знаков подземной плановой и высотной основы, которая создается по мере сооружения тоннеля. Исключение составляет определение эллиптичности и вертикального опережения.

Возникающие по различным причинам деформации тоннельной обделки приводят к изменению геометрии его проектного поперечного сечения. Разность между величинами фактического и проектного диаметров уложенного кольца называется эллиптичностью. Для каждого кольца тоннельной обделки эллиптичность определяют по четырем диаметрам: горизонтальному, вертикальному и двум косым под углом 45°. Эллиптичность определяется дважды. Первый раз сразу после сборки кольца, и второй — после освобождения кольца от нагрузки, создаваемой эректором (укладчиком обделки).

Эллиптичность в результате сборки после замыкания кольца не должна превышать ± 25 мм, а по выходе кольца из-под эректора — ± 50 мм, независимо от материала обделки.

Для сохранения геометрии уложенных колец производится нагнетание за обделку тоннеля в каждое третье кольцо от забоя. В сложных геологических условиях и в особых случаях нагнетание производят непосредственно после замыкания каждого кольца.

укладчики обделки применяют для механизации процесса сборки колец тоннельной обделки. Многие типы укладчиков представляют собой металлическую рамную конструкцию порталного типа, оснащенную средствами передвижения вдоль сооружаемого тоннеля и сборки кольца обделки. Такие укладчики работают как самостоятельно, так и в составе щитовых проходческих комплексов. Укладчики для сборки железобетонной обделки оборудуют выдвижными балками для поддержания блоков в процессе монтажа до замыкания кольца обделки.

Для проходки тоннелей с тубинговой и блочной обделкой в грунтах, разрабатываемых буровзрывным способом, применяют укладчики гидравлическим приводом рычага, оборудование которого состоит из смонтированного на раме механизма шагающего хода, рычага с захватом для элементов обделки и приводом вращения рычага. Со стороны забоя на укладчике смонтированы решетки для защиты оборудования и предотвращения разлета кусков породы при взрыве. Рычаг укладчика телескопического типа может совершать качательные движения в обе стороны и выдвигаться вперед. Укладчик обеспечивает доступ к верхней части забоя. Система выдвижных платформ, перекрывающая нижнюю часть забоя, позволяет одновременно вести бурение в верхней части забоя и производить погрузку породы в нижнюю часть в вагонетки.

При монтаже колец обделки между ними неизбежно возникают зазоры, что вызывает так называемое «набегание колец». Величина набегания зависит от материала обделки и составляет: для чугунной — до 1 мм, а для железобетонной — до 3 мм на одно кольцо. Это приводит к несоответствию

длины тоннеля между фактическим и проектным количеством колец обделки, которое необходимо учитывать при его сооружении. Набегание неравномерно распределяется по плоскости стыковки кольца, что вызывает возникновение горизонтального и вертикального опережений. Наличие опережений приводит к нарастающему отклонению тоннеля от проектного положения в плане и профиле

Горизонтальным опережением называется отклонение в плане плоскости кольца от нормали к проектной оси тоннеля. Нормаль выносят при полигонометрическом знаке на уровне горизонтального диаметра. Горизонтальное опережение (Δd) для прямого участка тоннеля определяют как разность расстояний от нормали до передней плоскости кольца. Измерения производят по правой и левой

стенкам тоннеля примерно на уровне горизонтального диаметра. $\Delta d = d_l - d_n$.

На участке переходной кривой нормаль выносят от направления линии тангенса под углом $90^\circ + \lambda$. Величина угла λ определяется по формуле:

$$\lambda'' = \frac{l^2}{2C} \rho'' ,$$

где l — расстояние от начала переходной кривой до нормали;

C — параметр переходной кривой;

$\rho'' = 206265$ — количество секунд в радиане.

В величины измеренных расстояний от нормали вносятся поправки за разность радиусов внешней и внутренней стен тоннеля:

$$d' = d \pm \frac{d^2 D_{вн}}{4C} .$$

На участке круговой кривой нормаль выносится перпендикулярно к линии хорды или секущей. Поправка в измеренные расстояния по правой и левой сторонам за разность радиусов внешней и внутренней стен определяется по формуле:

$$d' = d \pm \frac{d D_{вн}}{2R} ,$$

где $D_{вн}$ — внутренний диаметр тоннеля;

R — радиус кривой.

Вертикальным опережением кольца называется отклонение фактической плоскости кольца от вертикальной. Величина вертикального опережения кольца определяется измерением расстояния между отвесом, опущенным с плоскости сводового сегмента и плоскостью лоткового сегмента.

На участке вертикальной кривой положение каждого последующего кольца относительно предыдущего определяется формулой

$$\Delta = \frac{l \cdot D_n}{R},$$

где l — ширина кольца;

D_n — внешний диаметр кольца;

R — радиус вертикальной кривой.

Фактическое положение колец в плане после их укладки определяют от истинной или смещенной проектной продольной оси тоннеля либо непосредственно со знаков полигонометрии.

Вынос продольной оси производится от знаков подземной полигонометрии. В случае выноса смещенной оси, ее располагают с расчетом беспрепятственного прохождения до забоя, с минимальным удалением от обделки. Величины отклонений колец в плане определяются промерами на уровне горизонтального диаметра от створа проектной или смещенной оси до внутренних граней колец. На криволинейных участках при использовании створа хорды (или смещенной хорды) вводят поправки за стрелу прогиба.

При выносе и закреплении проектной оси тоннеля применяют полярный способ разбивки. Для этого на фактической оси тоннеля или в другом месте, удобном для производства маркшейдерских работ и не препятствующем технологическому процессу сооружения тоннеля, закрепляют точку A (рис. 8.7). Производят необходимые угловые и линейные измерения и вычисления для определения координат вынесенной точки A . Вычисляют смещение δ вынесенной точки относительно проектной оси, используя координаты точки A и ближайшего проектного пикета. Выбирают необходимое для производства съемки расстояние между точками AB . Для выноса точки B необходимо определить разбивочный угол $\beta + \beta_1$ от направления на ПЗ 5 и расстояние ПЗ 6 — B . Эти величины можно рассчитать, решая обратную геодезическую задачу, предварительно определив координаты точки B . Для расчета координат точки B используют выбранное расстояние AB и проектный дирекционный угол оси тоннеля. Разбивочный угол $\beta + \beta_1$ определяют из разности дирекционных углов $\alpha_{ПЗ5-ПЗ6} - \alpha_{ПЗ6-B}$.

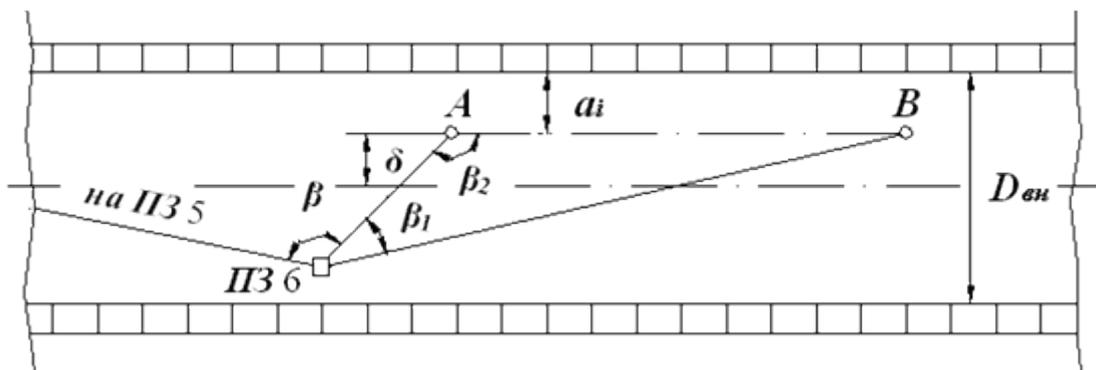


Рис. 8.7

Возможен и другой путь расчета разбивочных элементов для выноса точки B . По разности дирекционных $\alpha_{B-ПЗ6} - \alpha_{np}$ углов определяют угол β_2 и, используя теорему косинусов, вычисляют длину линии ПЗ 6 — B

$$l_{ПЗ6-B} = \sqrt{l_{ПЗ6-A}^2 + l_{A-B}^2 - 2l_{ПЗ6-A} \cdot l_{A-B} \cos \beta_2}.$$

Недостающий угол β_1 определяют из выражения:

$$\beta_1 = \arcsin\left(\frac{l_{A-B}}{l_{ПЗБ-B}} \sin \beta_2\right)$$

Далее от створа направления между точками **A** и **B** измеряют расстояния a_i до внутренних граней колец. Смещение центра кольца вычисляют по формуле:

$$m_i = \frac{D_{\text{фн}}}{2} - (\delta + a_i)$$

где δ_i — смещение линии **AB** от проектной оси тоннеля;

a_i — расстояние от смещенной оси до ребра жесткости тубинга;

$D_{\text{фн}}$ — фактическая величина горизонтального диаметра.

Створ линии **AB** используют при передаче направления проектной (смещенной) оси в забой, для чего могут применяться световые сигналы. Положение сигналов или других приспособлений, фиксирующих положение оси, должно проверяться не реже одного раза в трое суток.

Инструментальное определение положения колец в плане может быть произведено одним из следующих способов:

- а) полярным;
- б) произвольным створом;
- в) параллельным лучом.

Для определения положения кольца **полярным способом** закрепляют отвес на его фактической вертикальной оси. С полигонометрического знака производят угловые и линейные измерения, необходимые для определения координат отвеса. Смещение фактического центра кольца относительно проектного положения определяют по формуле:

$$m = (Y_o - Y_{\text{ПК}}) \cos \alpha_{\text{пр}} - (X_o - X_{\text{ПК}}) \sin \alpha_{\text{пр}},$$

где $Y_o, X_o, Y_{\text{ПК}}, X_{\text{ПК}}$ — соответственно координаты отвеса и проектного пикета;

$\alpha_{\text{пр}}$ — дирекционный угол трассы.

Отвес может быть закреплен и в любом другом месте по плоскости кольца, не обязательно на его фактическом центре. В этом случае положение кольца в плане определяется аналогично выше описанному способу выноса и расчета смещения точки **A** (рис. 8.7).

На участке круговой кривой смещение центра кольца в плане определяется также при помощи отвеса, закрепленного на фактической оси. Определив координаты отвеса, решением обратной геодезической задачи по проектным координатам центра кривой и фактическим координатам центра кольца, вычисляют фактический радиус кривой. Смещение центра кольца определяют по разности фактического и проектного радиусов кривой:

$$m = R - R_{np}.$$

Пикетажное его значение получают по формуле:

$$S = \frac{\alpha''}{\rho''} R_{np},$$

где S — длина дуги кривой;

α'' — центральный угол в секундах;

R_{np} — проектный радиус кривой.

Для определения смещений колец в плане **способом произвольного створа** измеряют угол β при полигонометрическом знаке между направлением на ПЗ 5 и произвольно закрепленный отвес (рис. 8.8). Затем на уровне

горизонтального диаметра измеряются расстояния a_i от линии произвольного створа до ребер (бортов) колец. Смещения определяются по формуле:

$$m = \frac{D_{вн}}{2} - (\delta \pm \Delta a_i + a_i),$$

где D — измеренный внутренний диаметр кольца;

δ — смещение полигонометрического знака от проектной оси тоннеля;

a_i — расстояние от створа до кольца;

Δa_i — поправка за отклонение створа от направления оси тоннеля

$$\Delta a_i = d \cdot \operatorname{tg} \beta_1;$$

d — расстояние, вычисляемое как разность пикетажа кольца и полигонометрического знака;

β_1 — разность дирекционных углов трассы и направления с полигонометрического знака на отвес.

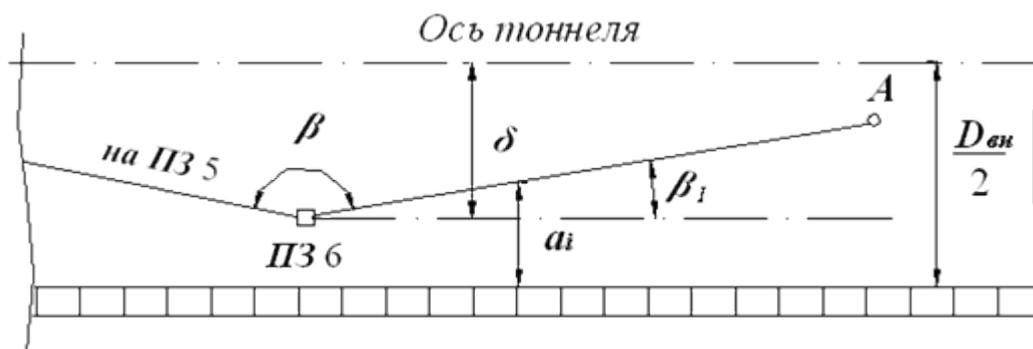


Рис 8.8

В формуле для определения смещения знаки плюс или минус перед Δa_i применяют в зависимости от того, удаляется или приближается к оси тоннеля линия произвольного створа.

Способы произвольного створа и полярный требуют дополнительных действий по закреплению точек (отвесов) и сопровождаются значительными по объему расчетами. Поэтому на практике наиболее часто для определения положения колец обделки в плане применяют способ параллельного луча.

Для определения положения колец в плане **способом параллельного луча** на полигонометрическом знаке **ПЗ 6** (рис. 8.9) устанавливают теодолит и откладывают угол, равный разности дирекционных углов линии полигонометрии и оси тоннеля: $\beta = \alpha_{ПЗ6-ПЗ5} - \alpha_{пр}$.

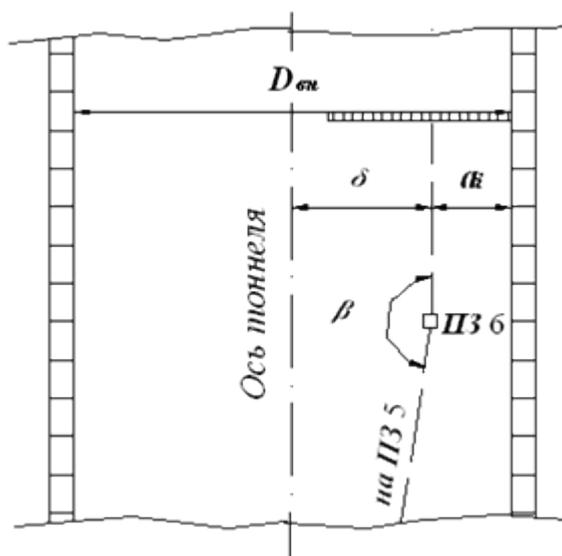


Рис. 8.9

По направлению визирного луча по вертикальному штриху сетки нитей теодолита определяют величины a_i путем взятия отсчетов по нивелирной рейке. Рейку устанавливают горизонтально к ребрам (бортам) колец на уровне горизонтального диаметра.

Смещения центров колец определяют следующими формулами:

$$m = (\delta + a_i) - \frac{D_{стк}}{2},$$

если полигонометрический знак расположен справа от оси тоннеля (по взгляду на забой) и

$$m = \frac{D_{\text{вн}}}{2} - (\delta + a_i),$$

при расположении знака слева от оси тоннеля.

Здесь τ — смещение центра кольца в плане;

$D_{\text{вн}}$ — измеренный внутренний диаметр кольца;

δ — смещение знака от проектной оси тоннеля;

a_i — расстояние от параллельного луча до кольца (отсчет по рейке).

Если τ имеет знак плюс, центр кольца смещен вправо от проектной оси тоннеля, если знак минус — влево.

На участке переходной кривой положение колец в плане может быть определено от направления, параллельного линии тангенса. Методика проведения работ аналогична вышеизложенной. Величина τ смещения центра кольца в плане находится по формулам:

$$m = (\delta + a_i + y_i) - \frac{D_{\text{вн}}}{2}; \quad m = \frac{D_{\text{вн}}}{2} - (\delta + a_i + y_i);$$

$$y_i = \frac{l_i^3}{6C} + q \frac{l_i}{L},$$

где l_i — расстояние от **НПК** до определяемой точки;

C — параметр переходной кривой;

q — смещение оси тоннеля относительно оси пути;

L — длина переходной кривой.

Если съемка колец на переходной кривой производится от линии, параллельной стягивающей хорде, то смещение кольца в плане определяют по формулам:

$$m = (\delta + a_i + b_i) - \frac{D_{\text{вн}}}{2}; \quad m = \frac{D_{\text{вн}}}{2} - (\delta + a_i + b_i);$$

$$b_i = l_i \cdot \text{tg}\beta_1 - y_i, \quad y_i = \frac{l_i^3}{6C} + q \frac{l_i}{L},$$

где b_i — стрела прогиба переходной кривой на пикете определяемого кольца;

β_1 — разность дирекционных углов линии тангенса и стягивающей хорды.

На участке круговой кривой съемка колец в плане может также производиться от линии, параллельной хорде. Для задания ее в натуре теодолит устанавливается над первым полигонометрическим

знаком, на втором знаке откладывается величина разности смещений знаков от разбивочной оси ($\delta_1 - \delta_2$), на полученную точку направляется визирная ось трубы и производится съемка колец.

Отклонения центров колец в плане от проектной оси вычисляются по формулам:

$$m = (\delta + a_i + b_i + z + q) - \frac{D_{\text{BH}}}{2}; \quad m = \frac{D_{\text{BH}}}{2} - (\delta + a_i + b_i + z + q);$$
$$b_i = b_0 - \frac{S_i^2}{2R}; \quad b_0 = \frac{S^2}{8R},$$

где δ — смещение полигонометрического знака от разбивочной оси;

b_i — стрела прогиба дуги на пикете определяемого кольца;

b_0 — стрела прогиба в середине хорды;

S_i — расстояние от середины хорды до стрелы b_i (разность пикетажных значений середины хорды и определяемого кольца);

S — длина всей хорды;

R — радиус разбивочной кривой;

z — смещение оси пути от разбивочной оси;

q — смещение оси тоннеля от оси пути.

По результатам съемки определяют соответствие сооруженной обделки проектным параметрам. Положение колец в плане определяется один раз в сутки, но не реже, чем через три кольца.

Определение положения кольца в профиле производится нивелированием лотка и сравнением полученной отметки с ее проектным значением. Проектные отметки тоннеля (на уровне головки рельсов или лотка сооружения) указываются на прямых участках через 10 м, а на участках вертикальных кривых — через 2 м.

Данные нивелирования колец за эректором должны быть сопоставлены с результатами радиальной съемки. Полученные результаты определения положения колец в плане и профиле записываются в специальную книгу-ведомость.

Отклонение колец тоннельной обделки в плане и профиле при укладке не должно превышать ± 25 мм, а после выхода кольца из-под эректора ± 50 мм.

8.5. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТОННЕЛЕЙ ЩИТОВЫМ СПОСОБОМ

Щитовой способ сооружения тоннелей применяется для обеспечения безопасного ведения проходческих работ в неустойчивых грунтах или в условиях значительного горного давления. Проходческий щит для сооружения перегонных тоннелей круглого сечения представляет собой сооружение цилиндрической формы, под защитой которого ведется разработка грунта и монтаж тоннельной обделки. Форма щита повторяет форму сооружаемой обделки.

Проходческие щиты разделяют по следующим основным признакам:

— по площади поперечного сечения проходимой выработки на щиты малого диаметра (до 3200 мм), среднего диаметра (до 5200 мм) и большого диаметра (свыше 5200 мм);

— по степени механизации основных производственных процессов на щиты частично механизированные и механизированные;

— по области применения щиты разделяют на предназначенные для проходки в обводненных грунтах, для проходки в сыпучих и малоустойчивых грунтах естественной влажности, для проходки в грунтах с коэффициентом крепости от 0,5 до 5 и для проходки в грунтах с коэффициентом крепости более 5.

В настоящее время в тоннелестроении применяются различные механизированные щитовые комплексы, включающие машины и оборудование, которые обеспечивают их работу во взаимно согласованных режимах. В составе комплекса имеется головная (ведущая) машина, технические возможности которой определяют темп производства работ и производительность комплекса. Обычно щиты являются головными машинами проходческого комплекса. В состав комплекса помимо головной машины, предназначенной для разработки породы, входят комплектующие механизмы (устройства) для возведения обделки, погрузки разработанной породы в транспортные средства, подачи материалов к щиту, нагнетания раствора за обделку и развязки транспортных средств. Такие проходческие комплексы по длине тоннеля имеют протяженность до 60 м.

Щит состоит из трех частей (рис. 8.10): ножа щита, опорного кольца и оболочки щита. Опорное кольцо является несущей конструкцией щита, которое раскреплено горизонтальными и вертикальными перегородками. Задняя часть опорного кольца по окружности оборудована домкратами, предназначенными для передвижения щита по трассе. Тоннельная обделка собирается под защитой оболочки щита. Отталкиваясь при помощи домкратов от последнего собранного кольца обделки, щит передвигается, в результате он ножевой частью врезается в массив горных пород. После этого производят отбойку и уборку породы в забое, монтаж очередного кольца обделки.

Маркшейдерские работы при сооружении тоннелей щитовым способом со сборной обделкой состоят:

- а) в обеспечении исходными геометрическими данными, необходимыми для монтажа щита;
- б) в наблюдении за положением и размерами щита и тоннеля во время его движения по трассе.

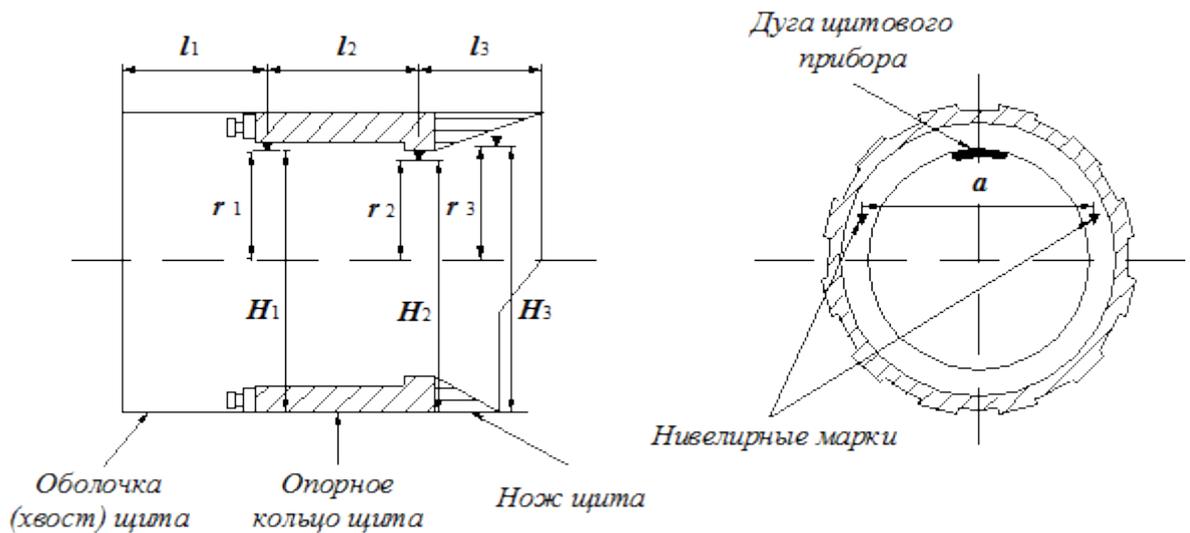


Рис. 8.10

Перед началом сборки щита в монтажной камере маркшейдеры от знаков плановой и высотной основы выносят и закрепляют следующие элементы:

- а) проектную продольную ось щита (тоннеля), закрепляемую в своде камеры не менее чем тремя точками;
- б) нормаль к продольной оси щита (тоннеля);
- в) отметку условного горизонта, связанную с проектным центром щита.

При этом необходимо учитывать, что проектная отметка центра щита больше проектной отметки центра тоннеля на величину половины разности диаметров внутренней поверхности оболочки щита и внешней окружности кольца. Если в оболочке вырезана нижняя часть, то центр щита должен иметь иное возвышение над центром кольца; это подсчитывается по размерам соответствующих радиусов.

Направление и размеры щита должны соответствовать этим же параметрам сооружаемого тоннеля. Поэтому от качества монтажа щита будет зависеть соответствие сооружаемого тоннеля проектным величинам. Для обеспечения соответствующей точности сборки, щит монтируется на бетонном основании с направляющими рельсами или без них. Направляющие рельсы устанавливают по проектному радиусу с точностью ± 5 мм.

Первые три сегмента щита устанавливают в плане и по высоте с точностью ± 10 мм, не допуская кручения. Дальнейшая сборка ведется монтажниками без участия маркшейдера.

После окончания монтажа щита производится его продольная и радиальная съемка, в результате которой получают следующие величины:

- а) длина ножевого кольца щита;
- б) длина опорного кольца щита;
- в) длина оболочки щита (от опорного кольца до хвоста щита);
- г) четыре диаметра: ножевой части, задней плоскости опорного кольца и хвоста оболочки щита;

д) положение центра вала режущего механизма относительно оси щита. Отклонения положения вала режущего механизма относительно оси щита в плане и профиле не должны превышать ± 5 мм.

На основании результатов указанных измерений рассчитывают и закрепляют положение фактической продольной оси щита. Определяют расстояния от этой оси до внешней и внутренней образующих ножа, опорного кольца и оболочки щита.

После окончания монтажных работ на щите и в тоннеле устанавливают маркшейдерские знаки и оборудование. Оборудование маркшейдерского контроля за положением щита при сооружении тоннеля по способу установки можно разделить на два вида. В первом случае основное оборудование устанавливают в тоннеле, а марки, отражатели или визирные цели на щите. Во втором случае, наоборот, измерительные приборы устанавливают на щите, а ориентирные марки или сигналы в тоннеле за щитом. Независимо от вида применяемого маркшейдерского оборудования на щите закрепляют три маркшейдерских знака, которые фиксируют фактическую продольную ось щита и две контрольные нивелирные марки на задней плоскости опорного кольца.

После закрепления всех маркшейдерских знаков на щите определяют следующие элементы:

- а) расстояния между осевыми и нивелирными знаками;
- б) расстояния от ножа и хвоста щита до каждого осевого знака;
- в) длину ножа, опорного кольца и оболочки щита l_i ;
- г) расстояния от осевых знаков до низа оболочки H_i и до фактической оси щита r_i .

Маркшейдерский контроль за положением щита во время его движения по трассе включает периодическое определение направления движения и размеров щита и сооружаемой тоннельной обделки. В настоящее время при сооружении тоннелей щитовым способом все чаще применяются системы, предназначенные для непрерывного определения положения проходческого щита в плане и профиле и автоматического ведения щита по проектному направлению. Такие системы состоят из двух основных частей:

- оптического генератора-лазера, устанавливаемого в тоннеле за щитом;
- приемного устройства с электронным блоком обработки сигналов и управления домкратами, являющегося составной частью щита.

Направление движения щита задается лучом лазера. Луч лазера ориентируют параллельно проектной оси тоннеля на матрицу приемного устройства, представляющую собой координатную следящую систему. При отклонениях щита относительно заданного направления конструкция матрицы устроена так, что она перемещается за лазерным лучом. Величина смещения матрицы, а следовательно, и оси щита выдается на пульт управления, где указывается фактическое положение щита и номера домкратов, которые должны быть задействованы для приведения щита в проектное положение.

В общем случае такая навигационная система в автоматизированном режиме выполняет следующие функции:

- непрерывное слежение за положением щита в плане и профиле с учетом вращения ее вокруг своей продольной оси;

- выдачу сообщений о положении оси щита на пульт управления;
- обработку информации о положения щита и выдачу команд на управление домкратами.

Технические устройства системы обеспечивают определение положения щита в плане и профиле с точностью ± 10 мм и управление движением щита по проектной трассе с отклонениями от нее, не превышающими ± 50 мм.

Направление лазерного луча задается и периодически контролируется от пунктов подземной плановой и высотной основы.

На криволинейных участках тоннеля навигационную систему слежения и управления движения щита по трассе ориентируют по направлению прямых участков хорд или секущих, которыми заменяют ось трассы.

Положение щита в плане трассы можно определить с помощью оптического щитового прибора. В этом случае оптический щитовой прибор для определения отклонения поочередно устанавливаются на двух металлических дугах, закрепленных в верхней средней ячейке щита, а осевые сигналы для ориентирования прибора располагают в тоннеле. Осевые сигналы устанавливаются в тоннеле от знаков подземной полигонометрии с погрешностью не более ± 3 мм. Если невозможно установить дуги щитового прибора на проектной оси, то определение положения щита в плане ведут от смещенной оси, переместив маркшейдерское оборудование вместе с сигналами в удобное для производства наблюдений место.

При движении щита по трассе под воздействием различных причин он поворачивается вокруг своей продольной оси, образуя поперечный уклон. Этот поворот называют кручением или креном щита. Крен, возможно, не приведет к изменению положения продольной оси щита относительно ее проектного положения, но наличие кручения приводит к изменению положения осевых знаков и дуг щитового прибора относительно первоначального положения. Поэтому необходимо произвести дополнительные измерения и вычисления, вводить поправки в положение знаков за счет поперечного уклона.

Поперечный уклон (крен) определяют нивелированием двух марок, расположенных на задней плоскости опорного кольца (рис. 8.10), при помощи отвеса-уклономера или по специальному уровню. Поправку m в положение осевого знака за счет поперечного уклона определяют по формуле:

$$m = \frac{r \cdot h}{a}$$

где r — расстояние от оси щита до осевого знака;

h — превышение между нивелирными марками;

a — расстояние между нивелирными марками.

На практике больше применяется метод автоматического учета поправки за счет кручения щита. Для этого щитовой прибор снабжается дополнительным уровнем. Перемещая зрительную трубу щитового прибора, добиваются, чтобы пузырек уровня находился в середине. В этот момент нуль-пункт уровня и ось щита будет лежать в одной вертикальной плоскости, следовательно, отсчет по шкале щитового прибора будет соответствовать его поперечному уклону.



Рис. 8.11

Определение положения щита в плане при помощи щитового прибора производят в такой последовательности. Устанавливают нулевой индекс шкалы щитового прибора на дальней от хвоста щита дуге на отсчет, соответствующий поперечному уклону. Перемещая зрительную трубу прибора

вправо или влево по шкале прибора, добиваются, чтобы изображения двух сигналов, находящихся в тоннеле, совместились с вертикальным штрихом сетки нитей. Производят отсчет по шкале прибора, который соответствует отклонению оси щита в плоскости данной дуги. Затем прибор устанавливают на передней дуге и повторяют в той же последовательности все действия, что и на задней дуге.

Получив отклонения в плане двух точек оси, вычисляют отклонения крайних частей щита — ножа и хвоста (рис. 8.11) по формулам:

$$x_1 = x_2 + (x_2 - x_3) \frac{l_1}{l_2};$$

$$x_4 = x_3 + (x_3 - x_2) \frac{l_3}{l_2},$$

где x_4 — отклонение ножа щита;

x_1 — отклонение хвоста щита;

l_1, l_2, l_3 — расстояния между осевыми знаками и конечными точками щита;

x_2 и x_3 — полученные щитовым прибором отклонения осевых знаков от проектной оси.

На участке переходной кривой положение щита в плане определяется следующим образом:

а) на половине переходной кривой, примыкающей к прямолинейному участку трассы, определение положения щита производится точно таким же способом, как и на прямой, с той лишь разницей, что учитываются заранее вычисленные поправки за смещение оси тоннеля от линии тангенса или от стягивающей хорды. В необходимых случаях пользуются смещенной линией тангенса;

б) на половине переходной кривой, примыкающей к круговой кривой, определение положения щита в плане производится от линии стягивающей хорды или же ведется так же, как и на круговой кривой, но с учетом поправок за отклонение оси тоннеля от условного продолжения оси тоннеля на кривой. Эти поправки также вычисляются заранее;

в) горизонтальное опережение щита и колец тоннельной обделки определяется от нормали, выносимой на переходной кривой от линии тангенса.

Определение положения щита в плане на участке круговой кривой с помощью щитового прибора производится так же, что и на прямом участке трассы, с той лишь разницей, что ориентирующие сигналы устанавливают по линии стягивающей хорды с учетом соответствующих поправок.

Для определения положения щита в плане рекомендуется также использовать насадку с оптическим клином, надеваемую на объектив зрительной трубы щитового прибора. При использовании оптического клина, который смещает изображение сигналов, в поле зрения трубы щитового прибора вместо

обычных двух видны четыре сигнала. Для определения отклонения центра щита относительно проектной оси тоннеля, зрительную трубу щитового прибора с оптическим клином перемещают до совмещения двух средних изображений сигналов.

Совмещение изображений свидетельствует о том, что визирная ось трубы щитового прибора находится на проектной оси круговой кривой. Отсчет по шкале прибора указывает величину и направление смещения центра щита относительно проектной оси.

Осевые знаки-сигналы на криволинейных участках трассы, при использовании оптического клина, закрепляют на концах хорд, расстояния между которыми определяют по формуле:

$$S = 2R_1 \sin \gamma,$$

где S — длина хорды между сигналами;

R_1 — радиус кривой, уменьшенный на величину $\tau + q$, $R_1 = (R - \tau - q)$;

γ — угол оптического клина.

Для определения положения щита в профиле заранее вычисляют проектные отметки осевых знаков в определенных точках трассы. После очередного передвижения щита нивелированием определяют фактические отметки этих знаков и, сравнивая их с проектными величинами, определяют отклонение щита в профиле в соответствующих точках трассы.

По полученной разности отметок определяют также изменение продольного уклона щита относительно проектного:

$$d_i = \frac{(H_2 - H_2^*) - (H_1 - H_1^*)}{l},$$

$$d_i = i_{\phi} - i_{np.},$$

где $H_2 - H_2^*$ — разность фактической и проектной отметок ближнего к ножу щита знака;

$H_1 - H_1^*$ — разность фактической и проектной отметок дальнего от ножа щита знака;

l — расстояние между осевыми знаками;

$i_{\phi} - i_{np.}$ — разность фактического и проектного уклонов щита.

Пользуясь величиной — разностью фактического и проектного продольного уклона, определяют фактический уклон щита и отклонения ножа и хвоста в профиле.

При значительном поперечном уклоне (крене) щита в результаты разности фактических и проектных отметок знаков должны вводиться соответствующие поправки.

Фактический продольный уклон щита можно определить при помощи отвеса-уклономера или по специальному уровню. Отвес-уклономер представляет собой постоянно закрепленный на щите отвес и пластину со шкалой. Пластины укрепляют на горизонтальной площадке под отвесом с расчетом, чтобы в проектном положении щита нулевой ее штрих находился точно под острием отвеса. При появлении уклона острие отвеса сместится с нулевого деления и по шкале можно будет сделать отсчет.

Для определения уклона с помощью специального уровня, уровень устанавливают с условием, что его пузырек будет находиться в нуль-пункте при проектном положении щита. Изменение уклона щита приведет к изменению положения пузырька уровня, по величине отклонения которого берут соответствующие отсчеты.

Градуировка шкалы отвеса-уклономера и ампулы уровня производится из расчета получения непосредственно величины d_i .

При сооружении тоннеля на участке вертикальной кривой положение щита в профиле определяется так же, как и на прямом участке, но с учетом поправок, рассчитываемых от линии тангенса вертикальной кривой.

В полученные отклонения ножа и хвоста вводят поправки за вертикальную кривую, определяемые по формуле:

$$\Delta H = \frac{l_i^2}{2R},$$

где l_i — расстояние от начала (или конца) вертикальной кривой до ножа или хвоста;

R — радиус вертикальной кривой.

Расстояния l_i получаются как разности соответствующих пикетажных значений: ножа, хвоста и начала (конца) вертикальной кривой.

Все данные наблюдений и результаты вычислений по определению положения проходческого щита и колец тоннельной обделки заносятся в щитовой журнал.

В настоящее время существует достаточное количество решений по реализации задач связанных с ведением проходческого щита по проектному направлению. Примером может служить навигационная система, работающая на базе электронного тахеометра-автомата с механическим сервоприводом.

Такие технические возможности позволяют тахеометру в автоматическом режиме производить слежение за мишенью, координировать ее положение и тем самым определять фактическое положение щита.

Система навигации состоит из:

1. Блока управления, связанного с электронным тахеометром, данные с которого поступают в блок управления, где обрабатываются и выводятся на экран.
2. Установленной на щите мишени.
3. Электронного тахеометра-автомата.

Тахеометр устанавливается в готовом тоннеле, как правило, на консоли, где относительно пунктов полигонометрии он определяет свои координаты. Во время проходки с помощью электронного тахеометра определяем положение мишени, установленной на щите в глобальной системе координат. С помощью встроенных в мишень инклинометров и поворотной пластины определяется разворот в плане, крен и уклон щита. Тахеометр обеспечивает автоматическое наведение и слежение за мишенью, что дает возможность не находиться с ним рядом в момент определения положения щита. Машинист имеет возможность следить за положением щита в режиме реального времени, поскольку данные сразу же обрабатываются и выводятся на экран. Такие системы позволяют определять положение щита относительно проектной оси, т. е. смещение в плане и в профиле, уклон и кручение щита, рассчитывать положение щита на одну заходку вперед, т. е. делать прогноз его продвижения.

8.6. МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ УКЛАДКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

После сооружения тоннеля приступают к укладке железнодорожного пути и установке оборудования, являющихся составной частью метрополитена. Работы по укладке железнодорожного пути производятся согласно проектным данным, представленным на укладочном плане и профиле пути и геометрической схеме трассы. Железнодорожное полотно в тоннелях (рис. 8.12) состоит из трех частей: нижнее (1) и верхнее строение пути (2), и контактный рельс (3). Нижнее строение пути состоит из бетонного основания, которое сооружают после возведения тоннельной обделки. Верхняя часть пути состоит из забетонированных шпал с установленными на них дорожными рельсами. Рельсы укладывают на стальные прокладки специального типа, которые крепятся к шпалам. Между шпалами и стальными прокладками ставят противозумные деревянные прокладки, а под рельсы укладывают резиновые или полихлорвиниловые прокладки. Для стока воды поверхность путевого бетона устраивают с поперечным уклоном 0,03. Отвод воды производится по водоотводной канавке, расположенной по оси пути.

Контактный рельс предназначен для подачи электрического тока к двигателям подвижного состава. Его подвешивают на специальных кронштейнах с левой стороны по ходу поезда. Сверху контактный рельс закрывают защитным коробом из электроизоляционного материала.

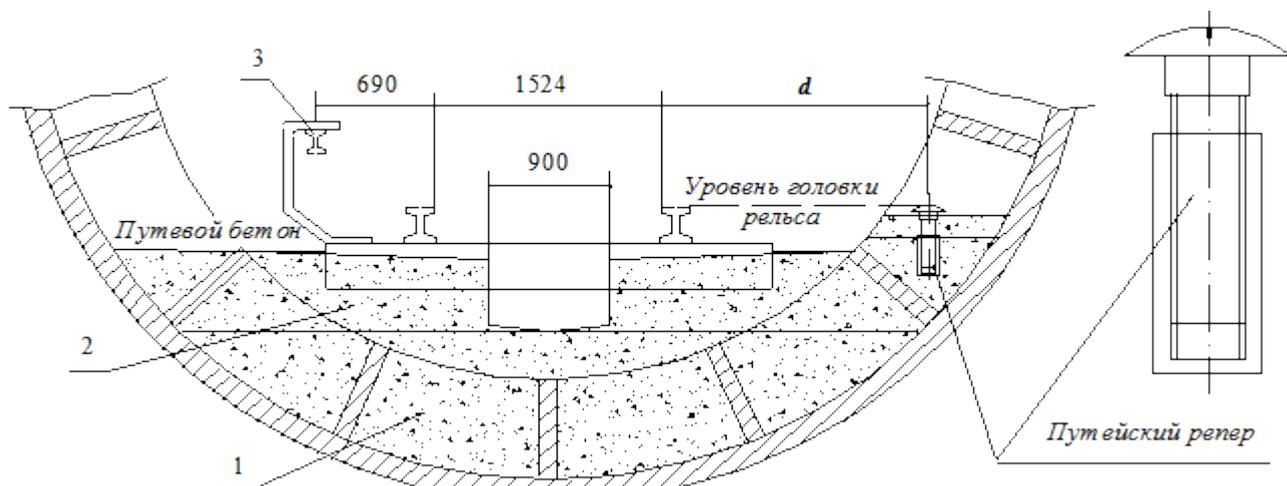


Рис. 8.12

Исходной основой для разбивки и укладки железнодорожного пути служат **путейские реперы**. Установка рельсов в проектное положение является одним из наиболее ответственных видов работ при сооружении метрополитенов, поэтому плановое и высотное положение путейских реперов указывается в проектных чертежах.

Путейский репер представляет собой болт со сферической головкой, который ввинчивается во втулку-стакан (рис. 8.12). В головке болта (репера) имеется отверстие диаметром 1,52 мм, которое

является его центром. Под сферической головкой болт имеет квадратное сечение, предназначенное для регулировки с помощью гаечного ключа положения по высоте. Для каждого вида тоннельной обделки разработаны типовые чертежи и рекомендации по устройству опалубки и бетонированию путевых реперов.

Путевые реперы устанавливаются с правой стороны по ходу поезда через 20 м на прямых участках трассы, а на участках поворота трассы или вертикальных кривых через 5 м. Вынос мест закладки реперов и определение их фактического положения производят с полигонометрических знаков. Допускается смещение реперов вдоль оси трассы до 3 см и более, если их установка в проектное положение препятствуют ребра жесткости тюбингов или другие предметы. На криволинейных участках трассы расстояния между реперами увеличивают на величину ΔS , поскольку в проектных чертежах их положение указывают по разбивочной оси, а фактическая установка производится с внешней стороны кривой:

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

где S — проектное расстояние между реперами;

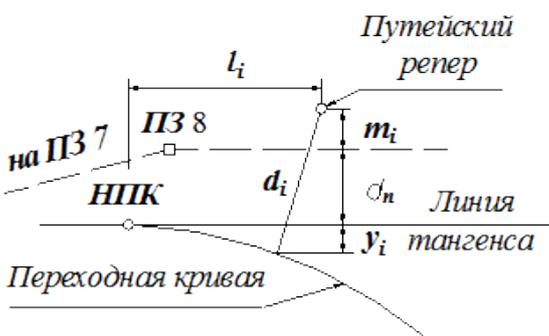
D — расстояние до реперов от оси пути;

R — радиус кривой.

После установки и бетонирования путевых реперов определяют их фактическое плановое положение и производят окончательную установку на проектную высоту. Для этого вычисляют проектные отметки каждого репера (головки ближнего рельса) согласно их фактическим пикетным значениям. Затем нивелирные рейки поочередно устанавливают на каждом репере и при помощи нивелира относительно высотной отметки ближайшего полигонометрического знака вращением болтов добиваются установки их в проектное положение. Для контроля отметки реперов проверяют с другого полигонометрического знака, и в случае положительных результатов производят насечку резьбы болтов и подливку бетона до нижней части головки. Отклонение фактических отметок путевых реперов от проектных не должны превышать ± 2 мм.

Укладка железнодорожного пути в плане производится по указанным маркшейдером расстояниям от путевых реперов до внутренней грани ближайшего рельса. Определение фактического положения реперов производят инструментально с полигонометрических знаков. На прямых участках трассы применяют способ параллельного луча. Установив теодолит на полигонометрическом знаке и направив визирный луч параллельно оси трассы, берут отсчет m_i по горизонтально установленной рейке к центру болтового отверстия репера. Расстояние d_i от центра репера (отверстия в головке болта) до внутренней грани ближнего рельса определяют по формуле

$$d_i = \delta + m_i - \frac{A}{2},$$



где δ — смещение полигонометрического знака от оси пути;

m_i — измеренное расстояние до репера;

A — ширина колеи железнодорожного пути.

Рис. 8.13

На участках переходных кривых (рис. 8.13) расстояния d_i определяют от линии, параллельной тангенсу, по формуле

$$d_i = \delta_n + m_i + y_i + \frac{l_i^4}{4C^2} - \frac{A}{2},$$

где δ_n — смещение полигонометрического знака от оси линии тангенса;

$$y_i = \frac{l_i^3}{6C} - \frac{l_i^7}{336C^3} \text{ — ордината от линии тангенса до переходной кривой;}$$

l_i — расстояние от начала переходной кривой до репера по линии тангенса;

C — параметр переходной кривой.

На участке круговой кривой с малым радиусом (300 — 400 м) с пунктов полигонометрии производят необходимые угловые и линейные измерения и определяют плановые координаты центров путейских реперов. Далее, решая обратную геодезическую задачу, вычисляют расстояния d_i от путейского репера до внутренней грани ближнего рельса:

$$d_i = D_i - (R - z) - \frac{A}{2},$$

где D_i — вычисленное расстояние между путейским репером и центром кривой;

R — радиус разбивочной оси;

z — смещение оси пути относительно разбивочной оси.

В других случаях, на участках круговых кривых с большим радиусом, положение путейских реперов определяют от линии параллельной хорде. Направление, параллельное хорде, задают с полигонометрического знака. Для этого, установив теодолит, допустим, на ПЗ 9 и приведя его в рабочее положение, визирную ось зрительной трубы наводят на точку C , закрепленную у ПЗ 10, положение которой соответствует разности смещений полигонометрических знаков ПЗ 9 и ПЗ 10 (рис. 8.14). Взяв отсчеты m_i по вертикальному штриху сетки нитей теодолита и рейке, установленной горизонтально на репере, определяют удаления d_i реперов от внутренней грани ближайшего рельса по формуле

$$d_i = \delta_i + \frac{m_i - b_i}{\cos \alpha_i} + z - \frac{A}{2},$$

где δ_i — смещение полигонометрического знака от разбивочной оси;

$$b_i = b_o - \frac{l_i^2}{2R};$$

b_i — стрела прогиба дуги ПЗ 9 — C на пикете определяемого репера,

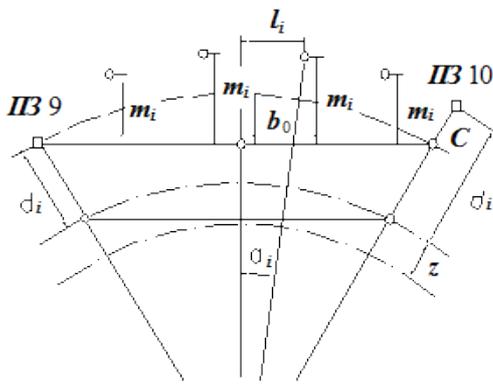


Рис. 8.14

l_i — длина дуги от середины до путейского репера;

α_i — центральный угол между серединой хорды и определяемым репером;

b_0 — стрела прогиба дуги в середине хорды,

$$b_0 = \frac{L^2}{8R};$$

L — длина хорды;

R — радиус разбивочной кривой.

Расстояния от центров путейских реперов до внутренней грани ближнего рельса определяют независимо дважды. Расхождение между двумя определениями расстояний не должно превышать ± 3 мм. Среднее значение между ними принимают за окончательный результат. Окончательные величины расстояний, пикетажа и высотные отметки указывают в ведомостях путейских реперов, по которым путейские бригады производят установку железнодорожного пути. Кроме этого, фактическое значение пикетажа, удаление от внутренней грани ближнего рельса подписывают непосредственно у каждого репера в тоннеле.

Непосредственно укладку железнодорожного пути начинают с раскладки шпал на бетонном основании нижнего строения пути и установке на них рельсов. Установив межрельсовые распорные шаблоны, соответствующие колею, и закрепив на шпалах рельсы, перемещая шпалы относительно путейских реперов, добиваются установки пути в проектное положение. В таком положении путь закрепляют при помощи распорных домкратов. После закрепления пути устанавливают опалубку для водоотводной канавы и противоугольных приямков.

Перед заливкой путевого бетона (бетонированием шпал) маркшейдеры тщательно проверяют соответствие геометрических параметров установленного пути проектным значениям. В случае наличия недопустимых отклонений, указывают места дополнительных рихтовок для приведения пути в соответствие с геометрической и укладочной схемами.

На прямолинейном участке трассы проверку начинают с определения прямолинейности и планового положения рельсов. Для этого устанавливают на полигонометрическом знаке теодолит, визирный луч которого направляют параллельно оси трассы. Делая отсчеты по горизонтально установленной рейке на внутренней грани головки рельса, определяют прямолинейность и плановое положение рельса у каждого репера и между ними. Обнаруженные участки отклонения рельсов от прямой линии более чем на 2 мм подлежат выпрямлению. Измеряют также расстояния от центров путейских реперов до внутренней грани ближнего рельса и сравнивают их с расчетными значениями.

На участках переходных и круговых кривых, помимо промеров от реперов, определяющих положение пути в плане, проверяют плавность и правильность изгиба рельсов. Для этого участок круговой или переходной кривой разбивают хордами по 10 м. Вычисляют величины стрел прогиба через 2,5 м и сравнивают полученные результаты с фактическими промерами от линии хорды. Отклонения фактических величин от теоретических не должны превышать ± 2 мм.

Контролируют также величину колеи измерением расстояния между внутренними гранями рельсов. Увеличение ширины колеи не должно превышать 4 мм, а сужение не более 2 мм.

Проверка положения пути в профиле производится нивелированием рельсов с интервалом 2—3 м. Для этого на рельсах отмечают точки нивелирования и, согласно фактическому пикетажу, вычисляют их проектные отметки. На участках поворота трассы отметки внутреннего рельса рассчитывают с учетом величины возвышения наружного рельса. Нивелирование отмеченных точек производят относительно отметок полигонометрических знаков или путейских реперов. Отклонение уложенного пути в профиле относительно проектного положения не должно превышать ± 3 мм.

Рекомендуется проводить проверку положения и рихтовку пути в плане и профиле совместно, поскольку изменение положения пути в плане может привести к изменению его положения в профиле и наоборот.

После укладки путевого бетона производят «отделку» и обкатку пути, монтаж путевого оборудования. По завершению всех работ в тоннеле производят окончательную исполнительную съемку уложенного пути и оборудования. Пуску первого поезда предшествует окончательная проверка габаритов тоннеля и составление акта, разрешающего пропуск состава по всей сдаваемой в эксплуатацию трассе.

ВВЕДЕНИЕ

Положение о едином порядке предпроектной и проектной подготовки строительства (проведения строительных работ) в г. Москве, именуемое в дальнейшем «Положение», разработано на основе многолетнего опыта предпроектной, проектной подготовки и проведения строительных работ в соответствии с действующим градостроительным законодательством Российской Федерации и города Москвы, определяет порядок их проведения на территории города Москвы (исключая объекты и территории федерального значения) и обязательно для всех участников данной деятельности независимо от форм собственности и источников финансирования.

Положение включает вопросы инвестиционно-строительной деятельности — от обращения заявителя в органы власти г. Москвы до получения Разрешения (Ордера) на производство строительно-монтажных и земляных работ в зависимости от их вида.

Положение в зависимости от вида строительных работ устанавливает этапы предпроектной и проектной подготовки их проведения, требования к составу, порядку оформления, согласования и утверждения документации.

Положение разработано Москомархитектурой и Мосгосэкспертизой при участии Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города, Департамента экономической политики и развития г. Москвы, Москомприроды и организаций, осуществляющих рассмотрение, согласование и экспертизу проектной документации, контроль и надзор за строительством.

Глава I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Этапы предпроектной и проектной подготовки строительства

Проведение строительных работ на территории г. Москвы осуществляется в соответствии с единой градостроительной политикой города и на основании установленного порядка предпроектной и проектной подготовки.

Предпроектная подготовка строительства предусматривает прединвестиционный и инвестиционный периоды.

В прединвестиционный период предпроектной подготовки разрабатываются следующие стадии градостроительной документации:

- схемы размещения жилищного и других видов строительства;
- схемы инженерного обеспечения территорий районов строительства и реконструкции;
- градостроительные планы административных округов, районов;
- проекты планировки территории.

Данные стадии градостроительной документации выполняются в соответствии с Генеральным планом развития города Москвы.

Состав, порядок разработки, согласования и утверждения указанных стадий градостроительной документации устанавливаются отдельными положениями, утвержденными Правительством Москвы, и в данном Положении не рассматриваются.

В инвестиционный период предпроектной подготовки осуществляются:

- разработка градостроительного обоснования размещения объекта (при отсутствии утвержденной прединвестиционной градостроительной документации);
- подготовка исходно-разрешительной документации;
- оформление правового акта городской администрации — Разрешения на осуществление градостроительной деятельности.

Указанные работы финансируются за счет средств города для формирования городских инвестиционных программ и по конкурсным объектам нового строительства и реконструкции с последующим возмещением городу произведенных расходов победителями конкурсов, а также за счет средств инвестора.

Результатом предпроектной подготовки является правовой акт городской администрации (Разрешение на осуществление градостроительной деятельности), определяющий Заказчика-Застройщика (далее по тексту Заказчик) и условия проведения инвестиционно-строительной деятельности.

Проектная подготовка строительства предусматривает проведение следующих этапов работ:

- разработку, согласование и утверждение архитектурно-градостроительного решения — архитектурного проекта (данная работа может выполняться как самостоятельный этап, так и при разработке проектной документации);
- разработку, согласование, экспертизу и утверждение проектной документации — проекта, утверждаемой части рабочего проекта;
- разработку рабочей документации.

Результатом предпроектной и проектной подготовки строительства является утверждение проекта, получение Разрешения и Ордера на производство строительных работ.

2. Разрешение на строительство

Проведение строительных работ по объектам на территории города Москвы производится исключительно на основании установленного (оформленного) права на их проведение и в соответствии с согласованной и утвержденной документацией, кроме случаев, где в зависимости от вида работ оформление разрешения не требуется.

Заказчик вправе осуществить строительство, реконструкцию или иной вид строительных работ по объекту при наличии следующих документов и документа по:

- оформлению правового акта городской администрации — Разрешения на осуществление градостроительной деятельности (оформление права Заказчика, проведение инвестиционно-строительной деятельности по объекту недвижимости в соответствии с установленными к нему градостроительными требованиями и регламентами);
- оформлению имущественных и земельных отношений;
- разработке, согласованию и утверждению архитектурно-градостроительного решения (архитектурного проекта), проектной документации (в зависимости от вида строительных работ);
- по оформлению Разрешения и Ордера на производство строительно-монтажных и земляных работ.

В зависимости от вида строительных работ получение Разрешения на строительство осуществляется в порядке, предусмотренном данным Положением.

К работам, требующим оформления разрешений на их проведение, относятся:

- новое (капитальное и некапитальное) строительство;
- реконструкция;
- реставрация;
- установка нестационарных объектов;
- использование территории (приспособление для ведения хозяйственной деятельности);
- благоустройство территории;
- капитальный ремонт зданий и покраска фасадов;
- перепланировка и переоборудование помещений;
- реконструктивные работы.

Примечание: При переоформлении имущественных и земельных прав на объект недвижимости действие имеющегося Разрешения на строительство сохраняется в полном объеме и не подлежит самовольному изменению без соответствующего переоформления документации. Установленное функциональное назначение объекта сохраняется при смене собственника.

Оформление разрешений не требуется (при условии применения материалов и приборов, соответствующих санитарным и противопожарным нормам Российской Федерации) для проведения следующих видов работ:

- замена сантехнических приборов, кроме приборов центрального отопления;
- чистовой ремонт помещений (ремонт, замена отделочных покрытий стен, полов и потолков);
- замена внутренних столярных изделий.

Порядок получения Разрешения на строительство на территориях и объектах федерального значения устанавливается в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3. ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ

Участие юридических и физических лиц в инвестиционно-строительной деятельности на территории Москвы определяется на основании строгой регламентации порядка предпроектной и проектной подготовки и соблюдения лицензионной политики.

Подготовка предпроектной и проектной документации осуществляется юридическими и физическими лицами, имеющими лицензию на соответствующий вид деятельности, выданную ГУ «Московский центр лицензирования строительной деятельности (Мосстройлицензия)» или другими лицензионными центрами при условии ее регистрации в установленном порядке в ГУ «Мосстройлицензия».

Взаимодействие городских организаций с Заказчиком осуществляется только при наличии у него соответствующей лицензии. При отсутствии соответствующей лицензии Заказчик обязан заключить договор с организацией, имеющей данную лицензию.

Подготовка и оформление разрешений на строительство, проведение согласований проводится исключительно организациями, уполномоченными Правительством Москвы.

Цены и нормативы, исходя из прав Правительства Москвы, установленных ст. 12 Закона города Москвы «О Правительстве Москвы», на подготовку и оформление документов утверждаются Правительством Москвы по представлению Региональной межведомственной комиссии по ценовой и тарифной политике при Правительстве Москвы.

Для выполнения экологических видов работ необходимо получение в установленном порядке соответствующей лицензии в Москомприроде. Лицензии, выданные Госкомэкологией РФ, подлежат регистрации в Москомприроде.

Использование информационных технологий, систем автоматизированного проектирования на этапах предпроектной и проектной подготовки строительства осуществляется в соответствии с лицензионными соглашениями или иными средствами идентификации на использование программных продуктов и баз данных на основании Закона Российской Федерации «Об авторском праве и смежных правах».

4. Информирование граждан о градостроительных планах использования территории

Участие граждан в обсуждении градостроительных планов, проектов, решений, связанных с использованием городских территорий, осуществляется в порядке, предусмотренном законодательными актами Российской Федерации и города Москвы.

Порядок информирования граждан, обсуждения с ними градостроительных планов, проектов и решений по вопросам, связанным с использованием городских территорий, определяется префектом административного округа совместно с главами районных Управ при согласовании градостроительной документации.

Информирование граждан, обсуждение с ними градостроительных планов и проектов обеспечивают префекты административных округов, районные Управы, заказчики разработки градостроительной документации до принятия решения органами власти по использованию территории (земельного участка) и оформления Разрешения на осуществление градостроительной деятельности.

Органы власти совместно с заказчиками и разработчиками градостроительной документации:

- организуют публикацию основных положений принимаемых решений;
- организуют и проводят обсуждение с гражданами материалов документации;
- обеспечивают проведение анализа и учета предложений граждан.

Согласование градостроительной документации, материалов исходно-разрешительной документации проводится префектом административного округа и главой Управы с учетом интересов граждан.

5. Экологические требования при предпроектной и проектной подготовке строительства

При размещении, выполнении предпроектной и проектной подготовки, проведении строительных работ по объектам, оказывающих прямое или косвенное влияние на состояние окружающей среды, должны выполняться требования экологической безопасности, предусматриваться мероприятия по охране природы, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, оздоровлению окружающей среды.

5.1. Учет экологических требований при предпроектной подготовке строительства

Определение места строительства предприятий, зданий, сооружений и иных объектов проводится в соответствии с законодательством Российской Федерации, законами и нормативными правовыми актами города Москвы при наличии положительного заключения специально уполномоченного государственного органа в области охраны окружающей среды — Государственного комитета по охране окружающей среды г. Москвы (Москомприрода).

При размещении на селитебных территориях города объектов, предусмотренных утвержденной (прошедшей Государственную экологическую экспертизу) градостроительной документацией, заключение Москомприроды для подготовки исходно-разрешительной документации не требуется.

В случаях размещения объектов, хозяйственная деятельность которых может оказать неблагоприятное воздействие на окружающую среду, по заключению Москомприроды, в соответствии с Федеральным законом «Об экологической экспертизе» проводится государственная экологическая экспертиза градостроительного обоснования их размещения.

Примечание: Стоимость работ по проведению государственной экологической экспертизы градостроительной и проектной документации, срок ее проведения определяются нормативными документами Российской Федерации и города Москвы.

5.2. Учет экологических требований при проектной подготовке строительства

Обязательной государственной экологической экспертизе на всех стадиях разработки проектной документации для строительства подлежат объекты, перечень которых установлен Положением

об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации, утвержденным приказом Минприроды Российской Федерации от 18.07.94 № 222. Порядок проведения государственной экологической экспертизы данных объектов определяется Законом Российской Федерации «Об экологической экспертизе».

По объектам, не вошедшим в вышеуказанный перечень, проектная документация представляется в Москомприроду для подготовки ее заключения или для проведения по ее требованию государственной экологической экспертизы. Порядок подготовки заключения по указанной документации определяется нормативными правовыми актами г. Москвы.

Примечание: *При размещении объектов на озелененных территориях до начала строительных работ Москомприродой проводится оформление:*

- Акта обследования земельного участка;
- Заключения по дендрологической части проекта;
- Порубочного билета на санитарные рубки и реконструкцию зеленых насаждений.

6. Особые режимы градостроительной деятельности в городе Москве

6.1. Градостроительное зонирование территорий города

Генеральным планом развития г. Москвы установлено градостроительное зонирование территорий.

Градостроительное зонирование устанавливает для различных частей территории города обязательные требования и ограничения функционального использования застройки, организации ландшафта.

Градостроительное зонирование состоит из:

- функционального зонирования, определяющего функциональное назначение территорий города;
- строительного зонирования, определяющего требования к застройке территорий города;
- ландшафтного зонирования, определяющего требования к ландшафтной организации территорий города.

Градостроительное зонирование подлежит неукоснительному соблюдению со стороны всех участников инвестиционно-строительной деятельности: Заказчиков, Проектировщиков, Подрядчиков, а также должностных лиц органов власти, контрольных и надзорных органов

6.2. Территории особого режима градостроительного регулирования

На территориях с особым режимом градостроительного регулирования размещение объектов, проведение всех видов строительных работ по новому строительству, реконструкции и использованию территории регламентируется соответствующими Законами и нормативными правовыми актами города Москвы. Предпроектная и проектная подготовка проведения строительных работ на данных территориях осуществляется с учетом дополнительных требований к порядку разработки и согласования документации.

Территориями с особым режимом регулирования градостроительной деятельности являются:

Природные территории — территории природного комплекса (в т. ч. особо охраняемые природные территории), озелененные территории (не входящие в природный комплекс), территории охраняемого ландшафта, территории водоохранных зон, территории прибрежных защитных зон (полос).

Исторические территории — территории с особым режимом регулирования градостроительной деятельности, предусматривающим сохранение памятников истории и культуры, исторически сложившегося облика застройки. Контроль за использованием данных территорий осуществляется органами охраны и использования памятников истории и культуры.

Территории с особым статусом (ТЕОС) — единицы территориального устройства города Москвы, имеющие особый правовой статус и режим хозяйственной деятельности.

Территории объектов инженерной инфраструктуры.

Территории объектов транспортной инфраструктуры.

Территории санитарно-защитных зон.

Границы территорий с особым режимом устанавливаются соответствующими линиями градостроительного регулирования, в пределах которых действуют особые режимы и правила их использования в соответствии с нормативными требованиями.

6.3. Зоны ограничения размещения крупномасштабных административных объектов

В целях недопущения сокращения доли жилья в функциональной системе, увеличения транспортной нагрузки, нарушения традиционных характеристик ценного городского ландшафта в центральной части города распоряжением Мэра Москвы от 17.07.98 № 729-РМ «Об упорядочении строительства крупномасштабных административных объектов на территории центральной части города (в пределах Садового кольца)»:

— установлены зоны ограничения размещения, реконструкции и строительства крупномасштабных административных объектов (более 10 000 кв.м наземной части);

— размещение данных объектов в исключительных случаях допускается при наличии соответствующего решения Общественного совета при Мэре Москвы по проблемам градостроительного и архитектурно-художественного формирования облика города по представлению Архитектурного совета Москомархитектуры;

— изменение функционального назначения объектов реконструкции, при котором происходит снижение доли жилой площади, утверждается правовым актом Правительства Москвы.

7. Самовольное строительство

Проведение строительных работ на территории города в установленном порядке может быть признано самовольным строительством на основании статьи 222 Гражданского кодекса Российской Федерации.

8. Порядок организации контроля за проведением строительных работ

Контроль за соблюдением установленного порядка проведения строительных работ осуществляют специально уполномоченные организации:

Инспекция государственного архитектурно-строительного надзора г. Москвы (ИГАСН) — при производстве подготовительных и основных строительного-монтажных работ по объектам нового строительства, реконструкции, капитального ремонта, переоборудования зданий и сооружений производственного и непроизводственного назначения, в т. ч. некапитальных сооружений, за исключением объектов специального назначения, контролируемых специально уполномоченными государственными органами. По указанным видам работ ИГАСН проводит выдачу Разрешений на производство строительного-монтажных работ.

Государственная жилищная инспекция (Мосжилинспекция) — при проведении строительных работ по перепланировке, переоборудованию, реконструктивным работам в помещениях жилого фонда.

Государственная городская инспекция по контролю за использованием объектов нежилого фонда (Госгоринспекция) — за соблюдением порядка оформления разрешительных документов при проведении строительных работ по перепланировке, переоборудованию, реконструктивным работам в помещениях нежилого фонда.

Объединение административно-технических инспекций Правительства Москвы (ОАТИ) — при проведении подготовительных, земляных и строительных работ по объектам, а также при прокладке и ремонте инженерных коммуникаций, сносе зданий и сооружений, при проведении капитального ремонта зданий и сооружений, ремонта и покраски фасадов, дорожно-ремонтных работ, установке контейнеров, боксовых гаражей, нестационарных объектов, выполнении строительных работ по использованию, благоустройству территории, установке ограждений. По указанным видам работ ОАТИ проводит выдачу ордеров.

Главное управление охраны памятников г. Москвы (ГУОП) — при проведении консервационных, реставрационных ремонтных и реконструктивных работ на недвижимых памятниках истории и культуры, выявленных объектах недвижимого историко-культурного наследия, а также приспособления их для современного использования.

Государственная земельная **инспекция** (Госземинспекция) — за использованием земельных участков, на которых проводятся строительные работы.

Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора г. Москвы (ЦГСЭН) — за соблюдением санитарных норм при проведении строительных работ.

Государственные инспекции по охране окружающей среды — за выполнением требований природоохранительного законодательства при проведении строительных работ и за соблюдением условий согласованной проектной документации.

9. Порядок организации работ по реставрации объектов недвижимости

Реставрация зданий и сооружений осуществляется в целях обеспечения сохранности материальной структуры недвижимых памятников и выявления их историко-культурной ценности, включающей в себя консервацию, ремонт, научную реставрацию и приспособление недвижимых памятников истории и культуры к современному использованию.

Реставрация зданий и сооружений проводится при обязательном сохранении основных технико-экономических показателей и конструктивных решений.

Порядок предпроектной и проектной подготовки реставрационных работ определяется действующим законодательством об охране и использовании недвижимых памятников истории и культуры и контролируется специально уполномоченным государственным органом охраны и использования памятников г. Москвы.

По вопросам оформления документации для реставрационных работ по зданиям и сооружениям, отнесенным к объектам недвижимого историко-культурного наследия, и их территориям Заказчик (Застройщик) обращается в Главное управление охраны памятников г. Москвы (ГУОП).

10. Порядок согласования предпроектной и проектной документации

Предпроектная и проектная документация подлежит согласованию (подготовка заключений) уполномоченными организациями в порядке, установленном законодательными актами Российской Федерации и города Москвы.

Исходно-разрешительная документация по объектам, предусмотренным согласованной и утвержденной в установленном порядке градостроительной документацией, не подлежит согласованию организациями, согласовавшими данную градостроительную документацию.

Проектная документация на строительство предприятия, здания и сооружения, разработанная в соответствии с исходными данными, техническими условиями и заключениями, выданными органами государственного надзора и контроля, эксплуатационными и заинтересованными организациями при разработке предпроектной градостроительной документации, подготовке исходно-разрешительной документации для размещения объекта, а также в соответствии с государственными нормами, правилами и стандартами, что должно быть удостоверено соответствующей записью ответственного лица за проект (главного инженера проекта, главного архитектора проекта, управляющего проектом), согласованию с органами государственного надзора и другими заинтересованными организациями не подлежит, за исключением случаев, предусмотренных Законодательством Российской Федерации, города Москвы, а также данным Положением.

В особых случаях (в зависимости от особенностей объемно-планировочных показателей объектов, их историко-культурного значения, размещения на территориях с особыми режимами градостроительного регулирования) по требованию Москомархитектуры и Мосгосэкспертизы, а также Москомприроды (при проведении государственной экологической экспертизы) могут проводиться дополнительные согласования предпроектной и проектной документации с организациями, уполномоченными действующими правовыми актами города Москвы осуществлять контроль за соблюдением соответствующих норм и правил. Иные организации, уполномоченные осуществлять функции надзора и контроля, проводят рассмотрение и согласование, подготовку заключений предпроектной и проектной документации по вопросам своей компетенции без условий предварительного согласования с другими организациями.

Примечание: В случаях необходимости проведения согласования предпроектной документации органами контроля, надзора и эксплуатационными организациями установленный срок согласования (подготовки заключений) не должен превышать 2 недели.

ГЛАВА II. НОВОЕ (КАПИТАЛЬНОЕ И НЕКАПИТАЛЬНОЕ) СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ

Разрешение на новое (капитальное и некапитальное) строительство, реконструкцию объектов предусматривает наличие у Заказчика комплекта документов в составе:

— Правового акта городской администрации — Разрешения на осуществление градостроительной деятельности, оформленного в соответствии с материалами исходно-разрешительной документации;

— Правоустанавливающих документов на пользование объектом недвижимости;

— Утвержденной Заказчиком проектной документации, имеющей:

— Свидетельство Москомархитектуры об утверждении архитектурно-градостроительного решения;

— Заключение Мосгосэкспертизы.

— Разрешения и Ордера на производство строительно-монтажных и земляных работ.

Схема подготовки проведения работ и порядок согласования документации по новому строительству и реконструкции приведен в приложениях 6 и 7 соответственно.

При предпроектной и проектной подготовке нового строительства, реконструкции объектов обязательным условием является наличие соответствующих лицензий у Заказчика и Проектировщика.

1. Предпроектная подготовка

1.1. Этапы инвестиционной предпроектной подготовки

Предпроектная подготовка нового (капитального и некапитального) строительства, реконструкции объекта недвижимости включает следующие этапы:

- разработку градостроительного обоснования размещения объекта (при отсутствии утвержденной прединвестиционной градостроительной документации);
- подготовку исходно-разрешительной документации;
- оформление Разрешения на осуществление градостроительной деятельности

1.2. Градостроительное обоснование размещения объекта

Градостроительное обоснование размещения объекта нового строительства, проведения работ по реконструкции существующего объекта устанавливает возможность строительства, реконструкции объекта на данном участке с учетом градостроительных, историко-культурных, социально-экономических, санитарно-гигиенических и экологических требований по комплексному развитию территории, а также состояния окружающей природной среды, действующими на территории особыми режимами градостроительного регулирования.

Градостроительное обоснование размещения объекта разрабатывается на основании:

- градостроительных регламентов, схем градостроительного зонирования, установленных Генеральным планом развития города Москвы;

- режимов охраны и использования недвижимых памятников истории и культуры, и т. д.

При разработке градостроительного обоснования размещения объекта в целях уточнения объемно-планировочного решения объекта, определения наиболее целесообразного варианта его размещения, определения экономической эффективности обеспечения учета санитарно-гигиенических и экологических условий территории проводятся предпроектные проработки:

- Предпроектные градостроительные проработки (корректировка ранее разработанной градостроительной документации, расчет показателей развития территории), содержащие графические и текстовые материалы, определяющие градостроительное, планировочное решение территории; с расчетом соцкультбыта, баланса зеленых насаждений (при необходимости): с границами земельного участка; размещение объекта на территории и его технико-экономические показатели; со схемами инженерного обеспечения (при необходимости).

- Предпроектные архитектурно-строительные проработки, содержащие графические и текстовые материалы, определяющие: размещение объекта на участке, его объемно-пространственное и архитектурное решение, технико-экономические показатели.

- Вариантный подбор земельного участка для объекта нового строительства, содержащий графические и текстовые материалы, определяющие варианты планировочного решения по размещению объекта с границами земельного участка и благоустройства, технико-экономические показатели объекта.

Материалы предпроектных проработок подлежат согласованию:

- префектом административного округа или уполномоченным им заместителем префекта;
- районной Управой (при необходимости), оформлению заключений:
- АПУ округа;
- ЦГСЭН в г. Москве;
- ОПС Мосгоргеотреста;
- Москомприроды.

Результаты предпроектных проработок утверждаются Москомархитектурой.

Примечания:

1. При наличии действующей утвержденной градостроительной документации разработка градостроительного обоснования размещения объекта не требуется.

2. Необходимость проведения предпроектных проработок определяется в заключении Москомархитектуры для принятия решения Городской (окружной) комиссии по имущественно-земельным отношениям и градостроительству о порядке подготовки исходно-разрешительной документации.

1.3. Подготовка исходно-разрешительной документации

1.3.1. Общие требования

Подготовка исходно-разрешительной документации проводится Москомархитектурой в соответствии с утвержденной градостроительной документацией или при наличии градостроительного обоснования размещения объекта.

Исходно-разрешительная документация содержит:

- основные требования и рекомендации по размещению, объемно-пространственному решению объекта;
- определение ориентировочных границ земельного участка;
- ориентировочные технико-экономические показатели объекта;
- совокупные требования и рекомендации согласующих организаций для проектирования и строительства;
- определение возможности проведения работ по объекту, в соответствии с экологическими и санитарно-гигиеническими требованиями к размещению объекта, его функциональному назначению, условиям эксплуатации, воздействию на окружающую среду;
- рекомендации по стадийности проектирования;
- возможность и условия инженерного обеспечения объекта.

Примечание: *Материалы исходно-разрешительной документации в составе Эскиза № 1 подлежат рассмотрению Регламентной комиссией Москомархитектуры.*

Сроки подготовки Москомархитектурой исходно-разрешительной документации:

- при наличии утвержденной градостроительной документации (градостроительного обоснования размещения объекта) — до 3 месяцев;
- при необходимости выполнения предпроектных проработок — до 6 месяцев.

Примечание: *Срок подготовки исходно-разрешительной документации увеличивается на время проведения при необходимости:*

- *дополнительных работ или дополнительных согласований;*
- *информирования жителей или обсуждения с ними вопросов размещения объекта.*

1.3.2. Основание для подготовки исходно-разрешительной документации Основанием для подготовки исходно-разрешительной документации на строительство объекта и аренду для этих целей земельного участка является:

- поручение префекта административного округа
- или
- поручение заместителя префекта, уполномоченного префектом
- или

- поручения Городской (окружной) комиссии по имущественно-земельным отношениям и градостроительству

или

- правовой акт городской администрации.

Основанием для подготовки исходно-разрешительной документации на строительство объекта с оформленными земельными отношениями является:

- поручение префекта административного округ

или

- поручение заместителя префекта по строительству, уполномоченного префектом

или

- письмо-заявка Заказчика.

1.3.3. Перечень документов, представляемых Заказчиком для подготовки исходно-разрешительной документации:

- письмо Заказчика с заявкой на подготовку исходно разрешительной документации;
- заявка (задание) по установленной форме;
- справка Государственного градостроительного кадастра (кроме конкурсных объектов);
- документ, являющийся основанием для подготовки ИРД;
- копии правоустанавливающих документов по оформлению земельных отношений (при наличии);
- лицензия на выполнение функций Заказчика на проведение предпроектных работ;
- копии природоохранной разрешительной документации.

При отсутствии утвержденной градостроительной документации на данную территорию дополнительно представляются:

- материалы предпроектных проработок (градостроительных, архитектурно-строительных и др.), согласованные в установленном порядке

или

- заявка на их разработку.

Примечание: *Заказчик в двухнедельный срок обязан представить в АПУ округа (ГлавАПУ Москомархитектуры) все вышеуказанные документы для подготовки исходно-разрешительной документации. При нарушении данного условия поручение Правительства Москвы, префекта, заместителя префекта административного округа, решение Комиссии аннулируются.*

При невозможности соблюдения указанного срока Заказчик обязан обратиться в орган, выдавший поручение о подготовке исходно-разрешительной документации для продления срока действия поручения.

1.3.4. Состав исходно-разрешительной документации Исходно-разрешительная документация для нового строительства включает:

- основание для оформления исходно-разрешительной документации;
- справку Государственного градостроительного кадастра (по конкурсным объектам);
- градостроительное обоснование размещения объекта (или материалы действующей утвержденной градостроительной документации);
- материалы предпроектных проработок (в случае их проведения);
- градостроительное заключение в составе:
 - эскиза № 1;
 - заключения по обследованию объекта недвижимости; Заключения по условиям проектирования; Заключения согласующих организаций.
- заключение по инженерному обеспечению объекта (необходимость разработки;
- заключения с предварительными техническими условиями присоединения определяется Заказчиком);
- заключение по компенсационному озеленению (необходимость подготовки определяется Законом города Москвы «О защите зеленых насаждений»);
- заключение Москомприроды (необходимость проведения Государственной экологической экспертизы определяется Москомприродой в процессе согласования);
- протокол рассмотрения материалов предпроектных проработок Архитектурным советом (при их проведении);
- заключение ГУОП г. Москвы о необходимости проведения археологических исследований (для объектов на исторических территориях города).
- заключение по визуально-ландшафтному анализу (для объектов на исторических территориях города);
- расчет социокультурного (при необходимости);
- расчет продолжительности инсоляции и естественной освещенности (при необходимости).

Распоряжением Мэра Москвы от 08.04.97 № 273-ПМ в состав пакета конкурсной документации, передаваемой Инвестору (Заказчику, Застройщику) при предоставлении права строительства (реконструкции) и аренды для этих целей земельного участка предусмотрено дополнительное включение следующих документов:

- сводный расчет платежей, осуществляемых инвестором за право реализации проекта на этапе получения комплекта исходно-разрешительной документации и до начала производства строительных работ на объекте;

- проект правового акта городской администрации;
- проект договора аренды земельного участка.

Примечание: *В случае проведения строительных работ, предусматривающих реконструкцию или воссоздание утраченного объекта недвижимого историко-культурного наследия, дополнительно оформляется плановое (реставрационное) задание ГУОП г. Москвы.*

1.3.5. Перечень организаций, проводящих согласование, подготовку заключений по материалам исходно-разрешительной документации

Материалы исходно-разрешительной документации подлежат согласованию:

- префектом административного округа или уполномоченным им заместителем префекта;
- районной Управой (при необходимости);
- ГУ ГО и ЧС г. Москвы.
- оформлению заключений:
- ЦГСЭН в г. Москве;
- Москомприроды;
- ОПС Мосгоргеотреста;
- НИиПИ Генплана;
- ГУОП г. Москвы (для объектов на исторических территориях города);
- Москомзема (с информацией о территориально-экономической зоне и базовой ставке арендной платы — земельного налога);

Департамента государственного и муниципального имущества города Москвы (с информацией об оценке зданий и сооружений, расположенных на участке);

УГПС ГУВД г. Москвы.

Исходно-разрешительная документация по объектам нового строительства и инструкции подлежат регистрации в Службе Государственного градостроительного кадастра.

Примечания:

1. Установленный срок проведения согласования, подготовки заключения организацией — 2 недели;

2. С организациями, проводившими согласование градостроительной документации, материалов градостроительного обоснования, предпроектных проработок, сводно-разрешительная документация не согласовывается, за исключением случаев изменения ранее согласованной документации.

3. В случаях размещения объектов, строительство или хозяйственная деятельность которых может оказать неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду, исходно-разрешительная документация подлежит представлению на рассмотрение Москомприроды.

4. Организации, установленные для осуществления функций надзора и контроля, кроме Москомприроды, — при проведении государственной экологической экспертизы, проводят рассмотрение и согласование (подготовку заключений) градостроительной и исходно-разрешительной документации по вопросам своей компетенции без условий предварительного согласования с другими организациями.

1.3.6. Срок действия исходно-разрешительной документации

Срок действия исходно-разрешительной документации по объектам нового строительства (реконструкции) устанавливается со дня регистрации в ГлавАПУ в соответствии с Нормами продолжительности проектирования объектов строительства в Москве и ЛПЗП (МРР-3.1.10—97) и сроками согласования и утверждения проектной документации (но не менее 1 года со дня регистрации в ГлавАПУ).

По истечении срока действия исходно-разрешительной документации Москомархитектура по заявке Заказчика определяет возможность ее переоформления, продления или аннулирования.

Примечание: *Срок действия исходно-разрешительной документации приостанавливается до истечения установленного срока при изменении градостроительной ситуации, оформом исрефе:ленной соответствующим правовым актом городской администрации*

Приложение 2

модели тахеометров, применяемые в современном строительстве

Электронный тахеометр объединяет в себе возможности электронного теодолита, электронного высокоточного дальномера и полевого компьютера. Сегодня электронные тахеометры находят самое широкое применение в строительстве, реконструкции и архитектуре, инженерных изысканиях, наблюдениях за деформациями, землеустроительных и кадастровых работах. Использование электронных тахеометров на производстве позволяет значительно повысить производительность работ, сократить время на камеральную обработку и упростить обработку полевых данных, исключить ошибки исполнителя (взятия отсчета, записи измерений, ручных вычислений), исключить применение калькуляторов для расчетов (например, при выносе точек, вычислении координат, при выполнении обратной засечки и других задачах). Появление безотражательных моделей тахеометров позволило проводить измерения там, где ранее это считалось невозможным или опасным. Современные электронные тахеометры - это высокая надежность конструкции, защита от воздействия воды и пыли, широкий набор прикладных программ и удобное управление. Электронные тахеометры успешно работают в различных погодных и климатических условиях, а для суровых условий севера специально разработаны низкотемпературные модели.

Тахеометры серии Trimble 5600 (США)



Безотражательная система с сервоприводами и возможностью автоматизированных Autolock и роботизированных Robotic измерений.

Измерения без отражателя — это ключ, который открывает дверь в целый мир новых возможностей. Объекты, до которых измерения ранее было выполнить трудно или невозможно, теперь также легкодоступны, как в случае измерений по отражателю. Теперь возможно без получения специальных разрешений выполнить измерения до границ и объектов на частных земельных участках. Измерения до точек на проводах воздушных ЛЭП, в туннелях, на мостах, карьерах, отвалах горных пород, зданиях и высотных сооружениях. Легко и безопасно можно выполнять измерения в условиях интенсивного дорожного движения.

Три варианта безотражательного дальномера

DR Standard

Дальномер DR Standard позволяет измерять расстояния до 70 метров с 90% коэффициентом отражения и до 50 метров с 18% коэффициентом отражения. Дальность измерений по однопризменному отражателю составляет 5000 м с точностью $\pm (2 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км})$.

Дальномер DR Standard включает также соосный лазерный указатель с четко видимым пятном для точного наведения. Лазерный указатель безопасен для глаз, даже при прямом взгляде на него через зрительную трубу.

В основу дальномера DR Standard положен метод фазовых измерений: передача модулированного электромагнитного сигнала до цели, и приём отражённого от цели сигнала. Дальномер определяет сдвиг фазы между переданным и принятым сигналом и вычисляет расстояние до цели.

Высокоточные измерения, четкое лазерное пятно и узкий пучок позволяют считать дальномер DR Standard идеальным инструментом для решения всех задач внутри помещений и для точных инженерно-геодезических измерений на коротких расстояниях.

DR 200+

Дальномер с увеличенной дальностью измерений DR200+ позволяет измерять расстояния до 600 метров с 90% коэффициентом отражения и до 200 метров с 18% коэффициентом отражения. Это в 3.3 раза дальше, чем у обычного безотражательного тахеометра. При этом дальность измерений до однопризменного отражателя составляет 5500 метров с точностью $\pm(3 \text{ мм} + 3 \text{ мм/км})$.

DR 300+

Дальномер DR 300+* предоставляет максимальную возможность измерений на большие расстояния — 300 метров с 18% коэффициентом отражения. Дальность до однопризменного отражателя — 5500 м с точностью $\pm(3 \text{ мм} + 3 \text{ мм/км})$.

Дополнительный лазерный указатель используется как в DR 200+, так и в DR 300+.

Электронные тахеометры Trimble



Trimble 3300DR Total Station



Trimble 3600 Total Station

Новые тахеометры Sokkia серии 130R (Япония)

В дальномерах тахеометров серии 130R используется технология RED-tech, позволяющая измерять с высокой скоростью и точностью сверхдальние расстояния без отражателя. Узкий пучок видимого лазера позволяет наводить и выполнять измерения на очень маленькие цели. Существует возможность измерять расстояния через такие препятствия, как заборы и заросли растений. Точность — $\pm(3 + 2 \text{ ppm} \times D)$ мм при непрерывных измерениях со скоростью 1,3 секунды.

Дальность измерений без отражателя с помощью дальномеров с лазером класса 3R достигает 350 метров (до целей с коэффициентом отражения 90%), а до однопризменного отражателя до 5 000 м.

При измерениях до отражателя тахеометры серии 130R автоматически переключаются на более низкую мощность (максимум до 0,22 mV), что эквивалентно классу 1 лазеров по классификации Международной Электротехнической Комиссии.

Угловая точность у SET1130R3 — 1", SET2130R3 — 2", SET3130R3 — 3" и SET4130R3 — 5".

Приблизительно 10 000 точек могут быть записаны в память. Возможности хранения данных фактически не ограничиваются.

Беспроводная клавиатура SF14 позволяет быстро и легко вводить названия точек и значения координат. Другой дополнительной возможностью является створоуказатель, который значительно облегчает разбивочные работы.



Тахеометры Sokkia серии 30R

Тахеометры серии 30R, SET230R (2"), SET330R (3"), SET530R (5") и SET630R (6") для измерений без отражателя снабжены лазерным указателем с узким лучом для получения прицельно точных измерений. Без отражателя можно измерить расстояния 0,3—100 м (SET230R до 150 м). До однопризменного отражателя можно измерить расстояния 1,3—4000 м (SET230R до 5000 м), до трехпризменного — до 5000 м (SET630R до 4000 м). Все модели имеют набор встроенных программ для выполнения повседневных геодезических работ. Внутренняя память прибора позволяет сохранить измерения на 10 000 точек.



Тахеометры Sokkia серии 10

Тахеометры серии 10, SET210 (2"), SET310 (3"), SET510 (5") и SET610 (6") отличаются от своих предшественников парой новых функций. Модели серии 10 снабжены абсолютными кодовыми лимбами для упрощения работы, поскольку отпадает надобность в инициализации лимбов прибора.

С тахеометрами можно использовать инфракрасную клавиатуру дистанционного управления (кроме SET610). До однопризменного отражателя можно измерить расстояния 1-2400 м, до трехпризменного — до 3100 м. Внутренняя память прибора позволяет сохранить измерения на 10 000 точек.

Появилась модификация тахеометра SET510L способная работать при низких температурах до -30 °С.



Тахеометры Sokkia серии 220

В **тахеометрах** серии 220, SET2220 (2"), SET3220 (3"), SET4220 (5«) установлено сверхмощное программное обеспечение «SDR Expert». Кроме того, эти тахеометры обладают степенью водонепроницаемости по стандарту IPX4. MS-DOS совместимая операционная система предоставляет ту же функциональность, что и накопители данных Sokkia SDR. До однопризменного отражателя можно измерить расстояния 1—2400 м, 2200 м и 1600 м соответственно, до трехпризменного — до 3100 м, 2900 м и 2100 м. Полная алфавитно-цифровая клавиатура упрощает ввод названий рабочих файлов, кодов топографических объектов и координат. Большой 8-строчный (20 символов в строке) дисплей позволяет быстро оценивать большой объем информации. Продолжительность работы тахеометров со свежезаряженными аккумуляторами составляет 7,5 часов. Трех осевой компенсатор обеспечивает максимальную точность измерений. Внутренняя память прибора рассчитана на запись измерений на 4 400 точек.



Тахеометры серии 100R

Тахеометры для измерений без отражателя Sokkia серии 100R — SET3110R (3") и SET4110R (5"). Это идеальный инструмент для выполнения измерений до недоступных объектов или в условиях интенсивного дорожного движения, фасадных съёмок, измерений в горных выработках и в любых других местах, где нельзя поставить отражатель и выполнить до него измерения.

Лазерный дальномер класса 1 точно выполняет измерения расстояний до 85 м без отражателя. До отражательной мишени можно измерить расстояния до 500 м.

Уникальная электронно-оптическая система Sokkia позволяет выполнять точные измерения даже до объектов, расположенных под углом к линии визирования.

Высокопрактичное и функциональное программное обеспечение облегчает повседневный труд геодезиста.



Тахеометры серии 120

Тахеометры серии 120, SET1120, SET2120, SET3120, SET4120 предоставляют те же возможности измерения расстояний и углов, что и тахеометры серии 220. В тахеометрах установлены наиболее популярные программы полевых измерений. В комбинации с накопителями данных Sokkia SDR тахеометры серии 120 предлагают весь диапазон геодезических программ удовлетворяющих любое требование геодезиста.



Тахеометры серии PowerSET

Тахеометры этой серии SET1010 (1"), SET2010 (2"), SET3010 (3"), SET4010 (5") обладают наиболее мощным на сегодняшний день программным обеспечением. Полная алфавитно-цифровая клавиатура упрощает ввод названий рабочих файлов, кодов топографических объектов и координат.



Электронные тахеометры TOPCON (Япония)

Тахеометры TOPCON серии GTS-230 дальнейшее усовершенствование отлично зарекомендовавших себя тахеометров серии GTS-220. В свое время тахеометры GTS-220 стали революционным прорывом в плане водонепроницаемости и долговечности. В новых тахеометрах GTS-230 модернизированы основные функции линейных и угловых измерений в дополнение к превосходной стойкости в отношении воздействия окружающей среды.

Тахеометры GTS-230 позволяют измерять расстояния до 3000 м до однопризменного отражателя (GTS-239 до 2000 м) с точностью (с. к. о.) $\pm(2 \text{ мм} + 2\text{ppm}\times D)$ (GTS-239: $\pm(3 \text{ мм} + 3\text{ppm}\times D)$).

Время измерения расстояния составляет всего 1.2 секунды в точном режиме измерений (0.7 секунды в режиме грубых измерений и 0.4 секунды в режиме трекинга). Столь короткое время измерения расстояния позволяет повысить производительность полевых измерений.

Во внутренней памяти тахеометров серии GTS-230 могут храниться измерения на 8000 точек. Либо координаты 16000 точек для разбивочных работ.

В тахеометрах GTS-233/235/236 установлен двухосевой компенсатор, который в рабочем диапазоне автоматически корректирует измеренные горизонтальные и вертикальные углы с учетом наклона оси вращения тахеометра и наклона оси вращения зрительной трубы.

Тахеометры серии GTS-230 обладают водонепроницаемостью, что позволяет работать с ними в любую погоду, также они компактны и весят всего 4.9 кг.

Тахеометры легко управляемы с помощью удобно расположенных дисплея и клавиатуры. Управление программами осуществляется с помощью меню. Комплект программ тахеометра обеспечивает решение основных геодезических задач. На тахеометрах GTS-233 и 235 установлены две панели управления с двух сторон алидады, а GTS-236 и GTS-239 с одной.



Тахеометры TOPCON серии GPT-3000

Тахеометры TOPCON серии GPT-3000 представляют собой модификацию тахеометров серии GTS-230 с возможностью измерения расстояний без отражателя. Модельный ряд состоит из тахеометров GPT-3002 — 2", GPT-3003 — 3", GPT-3005 — 5", GPT-3007 — 7". Дальность измерения расстояний без отражателя составляет 250 м до целей с коэффициентом отражения 90%, до однопризменного отражателя 3000 м. Точность измерения расстояний более 25 м без отражателя составляет (с. к. о.) $\pm(5 \text{ мм} + 2 \text{ ppmXD})$.



Тахеометры TOPCON серии GTS-600

Тахеометры Topcon снабжены встроенным считывателем стандартных компактных флэш карт, что позволяет увеличивать объем памяти инструмента для хранения данных.

С помощью считывателя флэш карт существует возможность обмениваться данными между внутренней памятью и картой. Это придает гибкость процессу обмена данными между полевой бригадой и офисом. Вы можете использовать карты объемом до 32 МБ, что позволяет записать на нее до 5 000 точек.

Серия GTS-600/600С состоит из 4-х моделей: GTS-601, GTS-602, GTS-603 и GTS-605 с точностью измерения углов соответственно 1", 2", 3" и 5".

Все модели с двухосевым компенсатором, большим графическим дисплеем, алфавитно-цифровой клавиатурой и внутренней памятью для хранения до 5000 точек. Расстояния 3 км измеряются до однопризменного отражателя с точностью $\pm 2\text{mm} + 2\text{ppm}$ (GTS-605: 2 км). Тахеометры серии GTS-600 наряду с компактностью обладают высокой степенью водонепроницаемости. Встроенный аккумулятор позволяет трудиться в поле до 7 часов.

Модели GTS-600AF наряду с вышеперечисленными функциями снабжены функцией автофокусировки, системой створоуказания, значительно облегчающей разбивочные работы и лазерным отвесом.

В тахеометрах серии GTS-600 установлена операционная система MSDOS. Тахеометры поставляются с пакетом программ Standard Survey Software — обычные геодезические программы (SSS600).

SSS600 включает программы:

Менеджер рабочих файлов (обмен данными, ввод координат, редактирование файлов)
Привязка тахеометра (засечки)
Создание библиотеки кодов
Определение высоты недоступного объекта
Вычисление высот недоступных точек относительно исходного базиса
Разбивочные работы
Уравнивание хода
Вынос элементов дорожного проектирования
Вычисления по координатам (COGO — площадь, точки пересечения линий и т. д.)



Тахеометры TOPCON серии GPT-6000

Тахеометры TOPCON серии GPT-6000 представляют собой модификацию тахеометров серии GTS-600 с возможностью измерения расстояний без отражателя. Модельный ряд состоит из тахеометров GPT-6001 — 1", GPT-6002 — 2", GPT-6003 — 3", GPT-6005 — 5«. Дальность измерения расстояний без отражателя составляет 150 м до целей с коэффициентом отражения 90%, до однопризменного отражателя 7000 м. Точность измерения расстояний более 25 м без отражателя составляет (с. к. о.) $\pm(5 \text{ мм}+2\text{ppmXD})$.



Тахеометры TOPCON серии 720

Тахеометры серии GTS-720 Topcon относятся к среднему классу. Основная особенность в том, что они работают под управлением компьютерной операционной системы Windows CE. Эта операционная система в настоящее время является общепризнанным стандартом для «карманных» полевых компьютеров, что позволяет пользователю, освоившему работу на компьютере, легко справиться с управлением тахеометром. Windows CE позволяет легко претворять в жизнь новейшие технологические и программные разработки. Тахеометры серии GTS-720 снабжены большим цветным жидкокристаллическим дисплеем, позволяющим даже в солнечный день легко считывать информацию. Также расширены возможности по обмену данными с периферией — к вашим услугам USB или RS-232C порты, модуль беспроводной передачи данных Bluetooth. Аккумулятора (Li-Ion) хватит на 7 часов измерений. CF-слот позволяет использовать стандартные карты памяти для записи данных. Модельный ряд состоит из тахеометров: GTS-721, GTS-722, GTS-723 и GTS-725 с точностью угловых измерений 1", 2", 3" и 5" соответственно. Программный пакет TopSURV позволяет легко и просто решать основные геодезические задачи прямо в поле.



Тахеометры Leica (Швейцария)

Обозначения различных модификаций тахеометров Leica:

ТС - обычный электронный тахеометр для линейно-угловых измерений по отражателю

TCR - электронный тахеометр с дальномером для измерений без отражателя

TCRM - прибор с сервоприводами, позволяет выполнять некоторые операции в автоматическом режиме, возможно дистанционное управление

TCA - прибор с сервоприводами, автоматическое точное наведение на отражатель, измерения только по отражателю, створоуказатель

TCP - это тахеометр TCA с функцией **PowerSearch** (автоматический поиск отражателя)

TCRA - прибор с сервоприводами, автоматическое точное наведение на отражатель (необходимо предварительное грубое наведение) и его отслеживание

TCRP - PowerSearch - автоматический поиск отражателя после нажатия одной кнопки, автоматическое точное наведение и отслеживание, створоуказатель

Тахеометры Leica серии TPS400

Ряд **тахеометров**: TC/TCR/Power 403 (3"), 405 (5"), 407 (7"), 410 (10").

Без отражателя можно измерить расстояния до 80 м (возможна установка дальномера для измерений расстояний до 170 м без отражателя — модификация Power). До однопризменного отражателя можно измерить расстояния до 3500 м в обычном режиме и 1000-7000 м в режиме измерений без отражателя (TCR). Возможна установка второй клавиатуры для измерений при двух кругах. Каждая модель имеет набор встроенных программ для выполнения повседневных геодезических работ. Внутренняя память прибора позволяет сохранить измерения на 10 000 точек.

наводящие винты с бесконечным вращением

лазерный центрир

двухосевой компенсатор

измерения без отражателя (TCR)

стандартные аккумуляторы (для видеокамер)



Тахеометры Leica серии TPS700

Модельный ряд **тахеометров**: TC/TCR/TCA/TCRA 702 (2"), 703 (3"), 705 (5").

Без отражателя можно измерить расстояния до 170 м. До однопризменного отражателя можно измерить расстояния до 3000 м в обычном режиме и 1000—7500 м в режиме измерений без отражателя (TCR). Возможна установка второй клавиатуры для измерений при двух кругах. Каждая модель имеет набор встроенных программ для выполнения повседневных геодезических работ. Внутренняя память прибора позволяет сохранить измерения на более чем 8 000 точек.

сервоприводы (TCA, TCRA)
лазерный центрир
двухосевой компенсатор
измерения без отражателя
стандартные аккумуляторы
алфавитно-цифровая клавиатура
автоматическое распознавание отражателя и его отслеживание после грубого наведения (ATR) до 1000 м (модели TCA/TCRA)



Тахеометры Leica серии TPS1100

Модельный ряд **тахеометров**: TC/TCR/TCA/TCRA/TCRM/TCRP 1101 (1,5"), 1102 (2"), 1103 (3"), 1105 (5").

Без отражателя можно измерить расстояния до 200 м. До однопризменного отражателя можно измерить расстояния до 3000 м в обычном режиме и 1000–5000 м в режиме измерений без отражателя (TCR). Возможна установка второй клавиатуры для измерений при двух кругах. Каждая модель имеет усовершенствованный набор встроенных программ для выполнения геодезических работ. Возможна

установка дополнительных пакетов программ. На PCMCIA картах памяти (до 16 МВ) можно сохранить измерения до 18 000 точек на каждые 2 МВ.

<input type="checkbox"/>	лазерный центрир
<input type="checkbox"/>	двухосевой компенсатор
<input type="checkbox"/>	измерения без отражателя
<input type="checkbox"/>	алфавитно-цифровая клавиатура
<input type="checkbox"/>	автоматическое распознавание отражателя и его отслеживание после грубого наведения (ATR) 400 - 1000 м
<input type="checkbox"/>	автоматический поиск отражателя в режиме сканирования TCRP, после нажатия на одну кнопку (до 200 м)
<input type="checkbox"/>	пульт дистанционного управления RCS1100 (по радиоканалу)
<input type="checkbox"/>	створоуказатель (Electronic Guide Light - EGL) 5 - 150 м



Тахеометры Leica серии TPS1200

Ряд тахеометров: TC/TCR/TCA/TCRA/TCRM/TCP/TCRP 1201 (1"), 1202 (2"), 1203 (3"), 1205 (5").

Два варианта дальномера PinPoint для измерений без отражателя R100 – можно измерить расстояния до 170 м, R300 – можно измерить расстояния до 500 м. До однопризменного отражателя можно измерить расстояния до 3000 м в обычном режиме и 1000 – 7500 м в режиме измерений без отражателя. Возможна установка второй клавиатуры для измерений при двух кругах. Каждая модель имеет усовершенствованный набор встроенных программ для выполнения геодезических работ. Возможна установка дополнительных пакетов программ.

<input type="checkbox"/>	универсальная совместимость с GPS системой Leica GPS1200 - идентичность управления аппаратными средствами и данными
<input type="checkbox"/>	сервоприводы (TCA, TCRA, TCP, TCRM, TCRP)
<input type="checkbox"/>	лазерный центрир
<input type="checkbox"/>	двухосевой компенсатор
<input type="checkbox"/>	измерения без отражателя
<input type="checkbox"/>	алфавитно-цифровая клавиатура
<input type="checkbox"/>	автоматическое распознавание отражателя и его отслеживание после грубого наведения (ATR) 400-1000

М

автоматический поиск отражателя в режиме сканирования **PowerSearch** после нажатия на одну кнопку (радиус действия до 200 м)

пульт дистанционного управления RX1220 (по радиоканалу), приобретаемый дополнительно

створоуказатель (Electronic Guide Light - EGL) 5-150 м



Тахеометры South (Китай)

Тахеометры South серии NTS-350

Удобный маленький дальномерный блок тахеометра

Объем памяти тахеометра до 10 000 точек - только координаты и 3400 - измерения и координаты

Формат данных **Tорcon**

Удобная клавиатура для ввода алфавитно-цифровых символов

Высокая точность и большая дальность измерений

Набор программ тахеометра на все случаи жизни

Удобная система управления данными в памяти тахеометра

Электронный автокомпенсатор

Звуковой сигнал при попадании отражателя в поле зрения зрительной трубы

Большая продолжительность работы тахеометра от аккумулятора

Превосходная влагопыленепроницаемость тахеометра



Тахеометры South серии NTS-320

Легкий и маленький дальномерный блок тахеометра. Двухканальная оптическая система на оптоволокне. Обеспечивает надежность и точность измерений.
Большой объем памяти тахеометра позволяет хранить до 10 000 точек - только координаты и 3400 - измерения и координаты
Формат данных Tорcon
Тахеометр обеспечивает высокую точность (3 мм+2 мм на км) и большую дальность измерений (до 2,5 км).
Удобная система управления данными в памяти тахеометра. Вы можете не только записывать данные, но и редактировать искать нужные, удалять файлы/данные и обмениваться данными между компьютером и тахеометром
Электронный автокомпенсатор
Звуковой сигнал при попадании отражателя в поле зрения зрительной трубы
Тахеометр поставляется с аккумулятором NB-20 (6 В 3.8 Ач) и может работать до 8 часов непрерывно.
Конструкция тахеометра обеспечивает превосходную влагопыленепроницаемость



Тахеометр ЗТА5Р (Россия)

Производитель: УОМЗ (Россия)

Точность измерения ГК 5", ВК 7" расстояний 5 мм+3 ppm, дальность 1000 м с 1 призмой, запись данных на РСМСІА карту. Северный вариант для измерений при температуре **до -30 °С**

Электронные тахеометры ЗТА5 применяются для выполнения крупномасштабных топографических съемок, в линейных изысканиях, **строительстве**, при производстве землеустроительных работ.

Программное обеспечение тахеометра позволяет производить измерения полярных и прямоугольных координат площади земельного участка, определить недоступное расстояние и высоту объекта, выполнить вынос запроектированной точки в натуру.

Результаты измерений могут быть записаны в карту памяти РСМСІА и переданы в персональный компьютер типа ІВМ РС для последующей обработки.

Технические характеристики

Увеличение зрительной трубы		30 X
Средняя квадратическая погрешность	горизонтальных углов / расстояний	5" / ± (5 + 3 x Dкм), км

Наименьший разряд дисплея при измерении	углов / расстояний	1" / 1 мм
Пределы измерений расстояний	с одной призмой / с шестью призмами	800 м / 1600 м
Карта памяти		PCMCIA на 1 Мб
Диапазон температур		-20°C ... +50°C
Масса со встроенным источником питания		5,6 кг



Рассмотренные здесь модели электронных тахеометров созданы ведущими производителями электронно-измерительной аппаратуры разных стран мира. Их объединяет целый ряд схожих основных характеристик и особенностей, в том числе:

1. Использование безотражательных (в том числе лазерных) технологий измерений;
2. Наличие электронных «интеллектуальных модулей», которые обеспечивают первичные расчеты и хранение результатов измерений в оперативной памяти прибора;
3. Видимый лазерный пучок;
4. Простота в работе;
5. Графическая поддержка;
6. Небольшие габариты и масса;
7. Адаптивность оборудования к различным климатическим условиям.

Применение современных технологий дает количественное и качественное повышение объемов строительства. В целом можно выделить 3 основных направления модернизации техники:

1. Повышение точности измерений за счет использования лазерных технологий, высококачественной оптики. Безотражательная технология позволяет производить точные измерения недоступных точек.
2. Расширение возможностей первичной обработки данных и хранения результатов исследования в памяти приборов.
3. Создание стандартных протоколов передачи результатов измерений напрямую с прибора на стационарный компьютер с использованием специализированных программных пакетов.

Программа курса «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов»

Аннотированное содержание курса.

В программе курса «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» приведены цели и задачи маркшейдерии как научной дисциплины. Связь маркшейдерского дела с другими дисциплинами. Роль и значение маркшейдерского обеспечения в наиболее полном и комплексном использовании природных ресурсов, освоения подземного пространства городов, эффективного и безопасного ведения горных работ и охраны недр.

Рассмотрены задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве и реконструкции подземных сооружений. Состав проектной документации для строительства. Последовательность выполнения маркшейдерских работ при переносе проекта в натуру. Основные разбивочные работы. Способы и точность переноса элементов разбивки. Закрепление элементов разбивки на строящемся объекте. Маркшейдерский контроль за установленным проектом соотношением геометрических элементов сооружений. Составление исполнительной документации. Маркшейдерский учет объемов основных строительных работ.

Методы создания опорной сети. Назначение, основные требования к тоннельной триангуляции. Необходимые условия развития основной полигонометрии на земной поверхности. Подходящая полигонометрия. Аналитические сети. Составление проекта опорной сети. Требования к точности угловых и линейных измерений. Уравнительные вычисления, оценка точности и составление технического отчета.

Назначение, схема развития наземного высотного обоснования, составление проекта, рекогносцировка, закрепление знаков. Точность нивелирования. Камеральная обработка и составление технического отчета по нивелированию.

Развитие рабочей и основной подземной полигонометрии. Точность линейных и угловых измерений. Подземная высотная основа, требования к точности нивелирования. Уравнительные вычисления, оценка точности и составление технического отчета.

Представлены методы задания направления горным выработкам в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Методы определения положения пунктов полигонометрии относительно проектной оси сооружения на прямолинейных и криволинейных участках.

Рассмотрены маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений буровзрывным способом с монолитной обделкой. Установка прорезных колец сборной обделки. Определение эллиптичности горизонтального и вертикального опережения, кручение колец и способы их устранения. Разбивки и съемки сооружений без обделки.

Маркшейдерский контроль правильности геометрических форм и положения проходческого щита при его монтаже. Наблюдение за щитом во время его движения по трассе. Маркшейдерская документация при сооружении тоннелей щитами.

Содержание курса с разбиением по видам занятий (лекции и семинары) и трудоемкости в часах и кредитах.

Тема 1. Предмет, содержание, цель и задачи маркшейдерии как научной дисциплины (лекций – 2 час, практических занятий – 0 час, самостоятельная работа – 2 час, кредиты – 0,1):

Лекция 1. Связь маркшейдерского дела с другими дисциплинами. Роль и значение маркшейдерского обеспечения в наиболее полном и комплексном использовании природных ресурсов, освоения подземного пространства городов, эффективного и безопасного ведения горных работ и охраны недр.

тема 2. Проектная документация для строительства. Задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве, расширении и реконструкции подземных сооружений (лекций – 4 час, практических занятий – 2 час, самостоятельная работа – 6 час, кредиты – 0,3):

Лекция 2. Этапы создания и состав проектной документации.

Лекция 3. Задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве, расширении и реконструкции подземных сооружений.

Практическое занятие¹. Выбор мест расположения и расчет координат осевых знаков.

тема 3. Последовательность выполнения маркшейдерских работ при переносе проекта в натуру (лекций – 6 час, практических занятий – 4 час, самостоятельная работа – 10 час, кредиты – 0,6):

Лекция 4. Проверка проектной документации.

Лекция 5. Сведения об осях сооружений. Способы подготовки разбивочных данных. Требования к точности разбивочных работ.

Лекция 6. Методы разбивочных работ. Способы и точность выноса и закрепление элементов разбивки.

Практическое занятие². Выбор метода производства разбивочных работ. Расчет разбивочных элементов.

Практическое занятие³. Выбор теодолита для обеспечения требуемой точности выноса осей сооружения.

тема 4. Маркшейдерский контроль за установленным проектом соотношением геометрических элементов сооружений (лекций – 2 час, практических занятий – 6 час, самостоятельная работа – 12 час, кредиты – 0,5):

Лекция 7. Составление исполнительной документации. Маркшейдерский учет объемов основных строительных работ.

Практическое занятие 4. Обработка результатов нивелирования поперечников.

Практическое занятие 5. Определение объемов земляных работ.

Практическое занятие 6. Контрольный подсчет объемов земляных работ.

тема 5. Наблюдения за деформациями сооружений (лекций – 2 час, практических занятий – 0 час, самостоятельная работа – 4 час, кредиты – 0,2):

Лекция 8. Виды и способы определения деформаций. Закрепление опорных, промежуточных и деформационных знаков. геодезические методы наблюдения за деформациями сооружений. Периодичность наблюдений.

тема 6. Создание наземной опорной сети (лекций – 2 час, практических занятий – 0 час, самостоятельная работа – 4 час, кредиты – 0,2):

Лекция 9. Назначение, основные требования к тоннельной триангуляции. Необходимые условия развития основной полигонометрии на земной поверхности. Подходная полигонометрия. Аналитические сети. Требования к точности угловых и линейных измерений.

тема 7. Высотное обоснование на земной поверхности (лекций – 2 час, практических занятий – 0 час, самостоятельная работа – 4 час, кредиты – 0,2):

Лекция 10. Назначение, схема развития наземного высотного обоснования, составление проекта, рекогносцировка, закрепление знаков. Точность нивелирования. Камеральная обработка и составление технического отчета по нивелированию.

тема 8. Развитие подземной плановой и высотной основы (лекций – 2 час, практических занятий – 0 час, самостоятельная работа – 4 час, кредиты – 0,2):

Лекция 11. Схема развития рабочей и основной подземной полигонометрии. Закрепление знаков. Точность линейных и угловых измерений. Подземная высотная основа, требования к точности нивелирования. Уравнительные вычисления, оценка точности и составление технического отчета.

тема 9. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве трасс метрополитенов (лекций – 2 час, практических занятий – 10 час, самостоятельная работа – 12 час, кредиты – 0,7):

Лекция 12. Камеральное и полевое трассирование. Основные требования к проектированию трассы. Разбивка и закрепление оси трассы. Расчет круговой и переходной кривой.

Практическое занятие 7. Составление геометрической схемы криволинейного участка трассы.

Практическое занятие 8. Расчет параметров круговой кривой на участке поворота трассы.

Практическое занятие 9. Расчет параметров переходной кривой на участке поворота трассы.

Практическое занятие 10. Детальная разбивка оси тоннеля на криволинейном участке методом стягивающих хорд.

Практическое занятие 11. Детальная разбивка оси тоннеля на криволинейном участке методом стягивающих хорд.

тема 10. Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений с монолитной и сборной обделкой (лекций – 4 час, практических занятий – 2 час, самостоятельная работа – 8 час, кредиты – 0,4):

Лекция 13. Методы определения положения пунктов полигонометрии относительно проектной оси сооружения на прямолинейных и криволинейных участках.

Лекция 14. Установка прорезных колец сборной обделки. Определение эллиптичности горизонтального и вертикального опережения, кручение колец и способы их устранения.

Практическое занятие 12. Определение пикетажа и смещения полигонометрического знака относительно проектной оси сооружения.

тема 11. Маркшейдерские работы при щитовой проходке (лекций – 2 час, практических занятий – 0 час, самостоятельная работа – 4 час, кредиты – 0,3):

Лекция 15. Маркшейдерский контроль правильности геометрических форм и положения проходческого щита при его монтаже.

Лекция 16. Наблюдение за щитом во время его движения по трассе. Маркшейдерская документация при сооружении тоннелей щитами.

Практическое занятие 13. Расчет положения полигонометрического знака относительно проектной оси сооружения.

Практическое занятие 14. Расчет параметров установки тубинговой обделки при сооружении тоннеля на участке поворота.

Практическое занятие 15. Задание направления тоннеля на участке поворота.

тема 12. Подведение итогов, защита лабораторных работ (лекций – 2 час, практических занятий – 6 час, самостоятельная работа – 8 час, кредиты – 0,3):

Список обязательной и дополнительной литературы.

Обязательная (учебники и учебные пособия):

1. Сученко В.Н. Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей метрополитенов. Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2001.

1. Ключин Е.Б, Киселев М.И, Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2000.

2. Сученко В.Н. Задания и методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений". – М.: МГГУ, 2007.

Дополнительная литература:

1. Афанасьев В.Г., Муравьев А.В. Геодезия и маркшейдерское дело в транспортном строительстве. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1967.

2. Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей. ВСН 160-69. – М.: Оргтрансстрой, 1970.

Темы рефератов:

1. Применение спутниковых систем в геодезии и маркшейдерском деле.
2. спутниковая технология поиска месторождений нефти, газа и других полезных ископаемых.
3. Наблюдение за сдвижением Земной поверхности на горных предприятиях с использованием GPS.

4. Определение деформаций высотных зданий с помощью GPS.
5. Применение лазерных технологий в строительстве.
6. Прогрессивные методы в подземных съемочных работах.
7. Математическое моделирование деформационных процессов.
8. Геодезическое обеспечение строительства мостов.
9. Современное геодезическо-маркшейдерское обеспечение транспортного строительства.
10. Маркшейдерские технологии при съемке подземных выработок.
11. Автоматизация геодезических работ при строительстве транспортных эстакад.
12. Совершенствование геодезическо-маркшейдерского обеспечения в транспортном строительстве.

Темы магистерских диссертаций по курсу «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов»

- проект создания опорной маркшейдерской сети на земной поверхности;
- проект наблюдательной станции для определения деформаций сооружений находящихся в зоне горных работ;
- проект производства маркшейдерских работ при сооружении тоннелей со сборной обделкой;
- проект создания подземной маркшейдерской опорной сети.

В каждой теме проектов студент под руководством своего руководителя разрабатывает новый вариант конкретного реального проекта производства маркшейдерских работ на основе фактических исходных данных.

Объем магистерских диссертаций: расчетно-пояснительная записка около 80 стр. и 6-8 чертежей (в ACAD, формат A1). Трудоемкость – 8 час/студент.

Учебный тематический план курса (календарный план, структурированный по видам учебных занятий).

Календарный план занятий по курсу «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов».

№	Дата проведения занятий	Вид занятий	Кол-во часов	Тема занятий

1	2	3	4	5
1		лекц.	2	Проектная документация для строительства. Задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве и реконструкции подземных сооружений.
2		лаб.р.	2	Расчет положения знаков фиксирующих положение основных осей сооружения.
3		лекц.	2	Проверка проектных чертежей. Последовательность выполнения маркшейдерских работ при переносе проекта в натуру.
4		лаб.р.	2	Расчет положения знаков фиксирующих положение основных осей сооружения.
5		лекц.	2	Основные разбивочные работы. Способы и точность переноса элементов разбивки. Вынос и закрепление осей сооружений.
6		лаб.р.	2	Расчет разбивочных элементов. Составление разбивочной схемы.
7		лекц.	2	Маркшейдерский контроль за установленным проектом соотношением геометрических элементов сооружений.
8		лаб.р.	2	Расчет разбивочных элементов. Составление разбивочной схемы.
9		лекц.	2	Наблюдения за деформациями сооружений.
10		лаб.р.	2	Расчет параметров круговой кривой.
11		лекц.	2	Составление исполнительной документации. Маркшейдерский учет объемов основных строительных работ.
12		лаб.р.	2	Расчет параметров круговой кривой.
13		лекц.	2	Создание опорной сети на земной поверхности. Назначение, основные требования к тоннельной триангуляции. Необходимые условия развития основной полигонометрии. Подходная полигонометрия. Аналитические сети. Требования к точности угловых и линейных измерений.
14		лаб.р.	2	Расчет элементов переходной кривой.
15		лекц.	2	Назначение, схема развития наземного высотного обоснования; рекогносцировка, закрепление знаков. Точность нивелирования. Камеральная обработка и составление технического отчета по нивелированию.
16		лаб.р.	2	Расчет элементов переходной кривой.
17		лекц.	2	Развитие подземной полигонометрии. Точность линейных и угловых измерений. Подземная высотная основа, требования к точности нивелирования.
1		3	4	5
18		лаб.р.	2	Расчет смещения оси пути относительно разбивочной оси.
19		лекц.	2	Методы определения положения пунктов полигонометрии относительно проектной оси сооружения на прямолинейных и криволинейных участках.

20		лаб.р.	2	Расчет смещения оси пути относительно разбивочной оси.
21		лекц.	2	Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений с монолитной и сборной обделкой.
22		лаб.р.	2	Разбивка оси тоннеля на криволинейном участке трассы методом стягивающих хорд. Определение стрелы прогиба на участке переходной кривой.
23		лекц.	2	Задание направления при строительстве тоннелей. Установка прорезных колец сборной обделки.
24		лаб.р.	2	Разбивка оси тоннеля на криволинейном участке трассы методом стягивающих хорд. Определение стрелы прогиба на участке переходной кривой.
25		лекц.	2	Определение эллиптичности горизонтального и вертикального опережения, кручение колец и способы их устранения. Разбивки и съемки сооружений без обделки.
26		лаб.р.	2	Расчет положения полигонометрического знака относительно проектной оси сооружения. Задание направления тоннеля на участке поворота.
27		лекц.	2	Маркшейдерский контроль правильности геометрических форм и положения проходческого щита при его монтаже.
28		лаб.р.	2	Расчет положения полигонометрического знака относительно проектной оси сооружения.
29		лекц.		Маркшейдерский контроль правильности геометрических форм и положения проходческого щита при его монтаже.
30		лаб.р.		Задание направления тоннеля на участке поворота.
31		лекц.	2	Наблюдение за щитом во время его движения по трассе. Маркшейдерская документация при сооружении тоннелей щитами.
32		лаб.р.	2	Защита лабораторных работ.
33		лекц.	2	Итоговое занятие
34		лаб.р.	2	Защита лабораторных работ.

Общее описание курса

Общее описание курса: *Название курса:* «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов».

1.1. Общая характеристика курса «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов».

Курс «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» относится к инженерно-технической и технологической области знаний с учетом современной мировой практики тоннелестроения.

Курс «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» является одним из главных

при обучении магистров по направлению «Горное дело» и поэтому является обязательным. Курс «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» характеризуется **сложностью и многодисциплинарностью**, в нем в отличие от всех других курсов для магистров используются многие другие дисциплины («Геодезия», «Маркшейдерия», «Математика», «Физика», «Маркшейдерско-геодезические приборы и инструменты», «Инженерная геология» и др.), а также ряд дисциплин, которые не вошли как обязательные в учебный план бакалавриата («Инженерно-геологические изыскания», «Технология строительства») или вообще не вошли в этот план («Механика горных пород», «Подземные сооружения» и др.).

Структура курса:

аудиторная работа – 72 часа (лекций - 36 час, практических занятий – 36 час),
самостоятельная работа – 72 час. Общая трудоемкость курса – 144 часов (4 кредита).

Темы лекций:

Тема 1. Предмет, содержание, цель и задачи маркшейдерии как научной дисциплины.

Связь маркшейдерского дела с другими дисциплинами. Роль и значение маркшейдерского обеспечения в наиболее полном и комплексном использовании природных ресурсов, освоения подземного пространства городов, эффективного и безопасного ведения горных работ и охраны недр.

тема 2. Проектная документация для строительства. Задачи маркшейдерского обеспечения при строительстве, расширении и реконструкции подземных сооружений.

Этапы создания и состав проектной документации. Проверка проектной документации.

тема 3. Последовательность выполнения маркшейдерских работ при переносе проекта в натуру.

Сведения об осях сооружений. Методы разбивочных работ. Способы и точность выноса и закрепление элементов разбивки.

тема 4. Маркшейдерский контроль за установленным проектом соотношением геометрических элементов сооружений.

Составление исполнительной документации. Маркшейдерский учет объемов основных строительных работ.

тема 5. Наблюдения за деформациями сооружений.

Виды и способы определения деформаций. Закрепление опорных, промежуточных и деформационных знаков. геодезические методы наблюдения за деформациями сооружений. Периодичность наблюдений.

тема 6. Создание наземной опорной сети.

Назначение, основные требования к тоннельной триангуляции. Необходимые условия развития основной полигонометрии на земной поверхности. Подходная полигонометрия. Аналитические сети. Требования к точности угловых и линейных измерений.

тема 7. Высотное обоснование на земной поверхности.

Назначение, схема развития наземного высотного обоснования, составление проекта, рекогносцировка, закрепление знаков. Точность нивелирования. Камеральная обработка и составление технического отчета по нивелированию.

тема 8. Развитие подземной плановой и высотной основы.

Схема развития рабочей и основной подземной полигонометрии. Закрепление знаков. Точность линейных и угловых измерений. Подземная высотная основа, требования к точности нивелирования. Уравнительные вычисления, оценка точности и составление технического отчета.

тема 9. Маркшейдерские работы при изысканиях и строительстве трасс метрополитенов.

Камеральное и полевое трассирование. Основные требования к проектированию трассы. Разбивка и закрепление оси трассы. Расчет круговой и переходной кривой.

тема 10. Маркшейдерские работы при строительстве подземных сооружений с монолитной и сборной обделкой.

Методы определения положения пунктов полигонометрии относительно проектной оси сооружения на прямолинейных и криволинейных участках. Установка прорезных колец сборной обделки. Определение эллиптичности горизонтального и вертикального опережения, кручение колец и способы их устранения.

тема 11. Маркшейдерские работы при щитовой проходке. Маркшейдерский контроль правильности геометрических форм и положения проходческого щита при его монтаже. Наблюдение за щитом во время его движения по трассе. Маркшейдерская документация при сооружении тоннелей щитами.

Перечень лабораторных работ:

1. Расчет разбивочных элементов при выносе проекта сооружения в натуру.
2. Определение объемов земляных работ.
3. Составление геометрической схемы криволинейного участка трассы.
4. Разбивка оси тоннеля на криволинейном участке методом стягивающих хорд
5. Разбивка вертикальной кривой.
6. Расчет параметров установки тубинговой обделки при сооружении тоннеля на участке поворота.

Темы докладов на студенческие конференции в РУДН и on-line конференции в зарубежных университетах-партнерах:

1. Применение лазерных технологий в строительстве.
2. Применение спутниковых систем в маркшейдерском деле.

3. Новая российская спутниковая технология поиска месторождений нефти, газа и других полезных ископаемых.
4. Опыт практического применения наземного лазерное сканирование в горном деле.
5. Прогрессивные методы в подземных съёмочных работах.
6. Опыт использования системы измерения Callidus LMS System (Германия).
7. Географическая Информационная Система. ГИС мониторинга подработанной территории.
8. Наблюдение за сдвижением Земной поверхности на горных предприятиях с использованием GPS.
9. Комплексные исследования на локальных геодинамических полигонах.
10. Математическое моделирование деформационных процессов.
11. Определение деформаций высотных зданий с помощью GPS.
12. Геодезическое обеспечение строительства мостов.
13. Современное геодезическо-маркшейдерское обеспечение транспортного строительства.
14. Геодезическое сопровождение строительства Московской монорельсовой транспортной системы.
15. MINEFRAME – Система автоматизированного планирования, проектирования и сопровождения горных работ.
16. Мониторинг напряженно-деформированного состояния несущих конструкций уникальных сооружений Москвы.
17. Маркшейдерские технологии при съемке подземных выработок.
18. Автоматизация геодезических работ при строительстве транспортных эстакад.
19. Контроль деформационных процессов при строительстве третьего транспортного кольца в Москве.
20. Совершенствование геодезическо-маркшейдерского обеспечения в транспортном строительстве.
21. Съёмка подземных коммуникаций.
22. Проблемы маркшейдерско-геодезического обеспечения строительства небоскребов.

Описание системы контроля знаний:

- Общие правила выполнения контрольных заданий:

1. Каждое контрольное задание из **двух названий письменных работ** выдается преподавателем студенту в конце каждого семестра во время или сразу после последнего семинара по курсу.

2. Два названия (темы) контрольных работ соответствуют *разным* темам лекций каждого из двух семестров изучения курса, что позволяет охватить разный учебный материал курса.

3. При выборе названия контрольных работ преподаватель будет учитывать возможные пропуски занятий студентом и будет обязательно давать ему те темы, которые он пропустил в течение семестра.

4. Студент в своей письменной работе должен обстоятельно изложить основной материал с необходимыми схемами и формулами и выводами по каждому из двух вопросов, не пользуясь литературой или записями.

5. Письменная контрольная работа для студентов, плохо работавших в семестре, может быть заменена на устный тест студента в аудитории с написанием им на доске необходимых схем и формул.

- Типы (названия) письменных работ и форм устного контроля.

1. Основные сведения о проектной документации строительства.
2. Задачи маркшейдерского обеспечения строительства подземных сооружений.
3. Проверка проектных чертежей.
4. Перенесение геометрических элементов проекта в натуру.
5. Вынос и закрепление осей сооружения.
6. Вынос в натуру проектного угла.
7. Исполнительные съемки, составление схем исполнительных съемок.
8. Учет объемов основных строительных работ.
9. Наземное плановое геодезическое обоснование строительства тоннелей.
10. Наземное высотное геодезическое обоснование строительства тоннелей.
11. Разбивка надшахтных сооружений.
12. Вынос в натуру проектной длины линии.
13. Построение проектной трассы на участке поворота.
14. Съемка тоннельной обделки.
15. Понятие о «неправильных» пикетах.
16. Подземная плановая маркшейдерская основа, расположение и закрепление знаков.
17. Подземная высотная маркшейдерская основа.
18. Вынос в натуру проектной высотной отметки.
19. Маркшейдерская подготовка проекта.
20. Маркшейдерские работы при сооружении тоннелей со сборной обделкой.
21. Требования к точности разбивочных работ.
22. Маркшейдерская подготовка разбивочных данных.
23. Маркшейдерские работы при монтаже проходческого щита.
24. Маркшейдерский контроль при движении щита по трассе.
25. Выбор теодолита для производства разбивочных работ.
26. Определение пикетажа и смещения полигонометрического знака.

- Форма устного контроля:

Форма устного контроля освоения всего материала курса принята в виде 4-5 контрольных вопросов по каждой теме лекций, которые даны в перечне письменных работ по курсу, по которым

производится устный опрос студентов во время семинарских занятий. Это позволит преподавателю проверить понимание студентами текущего материала занятий и внести, если необходимо, коррективы в способы его подачи.

- Шкала оценок, итоговые оценки (методика выставления):

Балльная структура оценки - это совокупность максимально высоких баллов, которые могут быть получены студентом за различные виды занятий (написание контрольных работ, рефератов, подготовка докладов, участие в дискуссиях на семинарах и т.п.) в течение всего срока обучения.

Балльная структура оценки по курсу «Маркшейдерское обеспечение строительства тоннелей и метрополитенов» (общая трудоемкость курса составляет 144 часа или 4 кредита):

1. Посещение занятий - 2балла за 1 занятие (2 час), за все 36 часа - 72 балла.
2. Активная работа на семинаре – 2 балла за 1 семинар (за все 18 семинаров – 36 баллов).
3. Контрольная письменная работа (коллоквиум) – 16баллов.
4. Творческая работа (1 реферат или 1 доклад на конференции РУДН) – 20 баллов.

Всего (максимально): 72 + 36 + 16 + 20 = **144 балла**

Все виды учебных работ выполняются точно в сроки, предусмотренные программой обучения. Если студент не выполнил какое-либо из учебных заданий (пропустил контрольную работу, позже положенного срока сдал реферат и т.п.), то за данный вид учебной работы баллы ему не начисляются, а подготовленные позже положенного срока работы не оцениваются.

Оценки успеваемости выставляются в соответствии со следующей таблицей.

Таблица. Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок итоговой академической успеваемости, оценок ECTS и балльно-рейтинговой системы оценок текущей успеваемости).

Количество кредитов	Оценка	Неудовлетворит.		Удовлетворит.		Хорошо	Отлично	
	Оценка ECTS	F (2)	FX (2+)	E(3)	D(3+)	C (4)	B (5)	A (5+)
	Максимальная сумма баллов							
4	144	менее 48	48 – 60	61 - 77	78 - 95	96 – 120	121-130	131-144

Примечание к таблице - описание оценок ECTS дано ниже.

A	"Отлично" - теоретическое содержание курса освоено полностью , без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены , качество их
----------	--

	выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному
В	"Очень хорошо" - теоретическое содержание курса освоено полностью , без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены , качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному .
С	"Хорошо" - теоретическое содержание курса освоено полностью , без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены , качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками .
D	"Удовлетворительно" - теоретическое содержание курса освоено частично. но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки .
Е	"Посредственно" - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены , либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному .
FX	"Условно неудовлетворительно" - теоретическое содержание курса освоено частично , необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено , либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному ; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.
F	"Безусловно неудовлетворительно" - теоретическое содержание курса не освоено , необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий.

Положительными оценками, при получении которых дисциплина или курс засчитываются студенту освоенными, являются оценки **А. В. С. D и Е**.

Студент, получивший оценку **FX** по курсу основной образовательной программы, обязан, после консультации с преподавателем, в течение **10 календарных дней** следующего семестра **успешно**

выполнить требуемый минимальный объем учебных работ, предусмотренных программой обучения, и представить результаты этих работ этому преподавателю. Если качество работ будет признано **удовлетворительным**, то итоговая оценка **FX повышается до E** и студент **допускается к дальнейшему** обучению.

В случае, если качество учебных работ осталось **неудовлетворительным**, итоговая оценка снижается **до Р** и студент либо представляется к отчислению, либо может прослушать в течение текущего семестра на компенсационной основе не зачтенный дисциплину повторно.

- Акакадемическая этика, соблюдение авторских прав.

Основой создания данного УМК являлся учебно-методический комплекс «Гидротехнические сооружения» составленный проф., д.т.н. Ляпичевым Ю.П.

Сведения об авторе курса:

Сученко Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор.